

le naturaliste canadien

SOCIÉTÉ PROVANCHER

Volume 142, numéro 1
Hiver 2018

Revue de diffusion des connaissances en sciences naturelles et en environnement



Au sommaire

- *L'AUBÉPINE DU CANADA: UNE ESPÈCE À PART ENTIÈRE ?*
- *EFFETS DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES SUR LES HABITATS DES PLANTES VASCULAIRES*
- *VALEURS DES SERVICES ÉCOLOGIQUES ET ZONES PÉRIPHÉRIQUES DES PARCS NATIONAUX*
- *EXTENSION DU TERRITOIRE CONNU D'UNE FOURMI PARASITE AU QUÉBEC*
- *REPRODUCTION DES POISSONS AU LAC SAINT-JEAN ET AU LAC SAINT-PIERRE*

LE MOT DU PRÉSIDENT

La Société Provancher, près de 100 ans de bénévolat

Daniel St-Onge

HOMMAGE

Victor-Alphonse Huard (1853-1929), éducateur, naturaliste et écrivain

Jean-Marie Perron

BOTANIQUE

L'aubépine du Canada (*Crataegus canadensis* Sargent), une espèce à part entière, endémique au Québec et différente de l'aubépine subsoyeuse (*Crataegus submollis* Sargent)

L'aubépine du Canada, endémique à la région de Montréal, a longtemps été considérée comme une espèce distincte, mais elle est actuellement incluse en synonymie avec l'aubépine subsoyeuse. Des observations récentes jettent cependant un nouvel éclairage, puisque des différences entre les deux espèces pour plusieurs caractères morphologiques pourraient justifier que l'aubépine du Canada soit considérée comme un taxon à part entière.

André Sabourin

Changements climatiques: défis et perspectives pour les plantes vasculaires en situation précaire au Québec

Les auteurs ont modélisé les effets potentiels des changements climatiques sur 409 plantes vasculaires en situation précaire au Québec. La province pourrait devenir un refuge climatique pour certaines espèces pour lesquelles les conditions climatiques deviendraient défavorables aux États-Unis. Toutefois, la vitesse de déplacement des niches bioclimatiques pourrait excéder la capacité de déplacement des espèces. Les plus vulnérables ont une répartition périphérique sud ou sont associées aux habitats arctiques-alpins, à l'estuaire et au golfe du Saint-Laurent.

*Yanick Gendreau, Audrey Lachance,
Marylène Ricard, Hélène Gilbert,
Nicolas Casajus et Dominique Berteaux*

CONSERVATION

Les valeurs socioculturelles et monétaires des services écologiques rendus par les parcs nationaux du Québec

36

Les retombées économiques des parcs nationaux du Québec pour les collectivités périphériques sont nombreuses et diversifiées. L'auteur décrit les valeurs socioculturelles et monétaires d'environ 70 services écologiques et autres bénéfiques fournis par les écosystèmes des 23 parcs nationaux du sud du Québec, y compris les valeurs indirectes et de non-usage. La valeur économique totale des parcs est environ le triple de celle des retombées strictement financières pour les communautés périphériques.

Benoit Limoges

La conservation des parcs nationaux au-delà de leurs frontières

50

Les parcs nationaux du Québec protègent des territoires représentatifs des régions naturelles ou des sites exceptionnels. Cependant, certains sont trop petits pour les besoins des espèces à grand domaine vital. Leur valeur écologique peut aussi être réduite par l'utilisation ou la dégradation du territoire qui les entoure. La Société des établissements de plein air du Québec (Sépaq) a entrepris de mobiliser les acteurs locaux et régionaux afin de caractériser les zones périphériques des parcs et de poser des gestes concrets pour mieux les conserver et maintenir leurs services écologiques.

Marie-Ève Deshaies et René Charest

ENTOMOLOGIE

Extension du territoire connu de la fourmi *Myrmica lampra* au Québec (Formicides, Hyménoptères)

64

Lors d'un projet de recherche en foresterie, une reine de la fourmi parasite *Myrmica lampra* a été capturée dans la région du Lac-Saint-Jean, au Québec. Cette découverte agrandit le territoire connu de cette espèce, rarement observée jusqu'à présent.

André Francoeur et Mathieu Bouchard

MILIEUX AQUATIQUES

Les variations de niveau du lac Saint-Jean: effets sur la reproduction des poissons dans les habitats en milieux humides riverains 66

Le régime hydrologique du lac Saint-Jean a beaucoup changé depuis sa transformation en réservoir en 1926. Depuis 100 ans, la gestion du niveau de l'eau a réduit les écarts entre les niveaux printaniers et estivaux, ce qui aurait contribué à réduire la taille et la qualité des sites de reproduction de la perchaude (*Perca flavescens*) et du grand brochet (*Esox lucius*).

*Patrick Plourde-Lavoie, Marc Archer,
Karine Gagnon et Pascal Sirois*

Effets du réseau routier sur la connectivité des frayères du grand brochet (*Esox lucius*) au lac Saint-Pierre (fleuve Saint-Laurent, Canada) 78

Les auteurs ont étudié les effets du réseau routier sur la connectivité des frayères et des nourriceries du grand brochet au lac Saint-Pierre. Ils observent certaines pertes directes d'habitats à fort potentiel au niveau des emprises et une fragmentation des habitats de part et d'autre des routes, particulièrement dans la région nord-ouest du lac. Des ponceaux fonctionnels et le réseau hydrographique de la zone littorale sont essentiels à l'interconnexion des habitats.

*Céline Le Pichon, Marc Mingelbier,
Maëlle Legros, Aline Foubert
et Philippe Brodeur*

LES LIVRES 92

VIE DE LA SOCIÉTÉ 93

SAVIEZ-VOUS QUE... 95

En page couverture: Fleurs de l'aubépine du Canada (*Crataegus canadensis*).

Photo: A. Sabourin

**Par leur soutien financier,
les amis du *Naturaliste canadien*, nos commanditaires
et les généreux bienfaiteurs de la Société Provancher
ont facilité la réalisation de ce numéro du *Naturaliste canadien*.**

Qu'ils en soient tous remerciés.

La Société Provancher remercie ses généreux bienfaiteurs

Grands partenaires

Roger Bélanger • Succession F.E. Bossert • Simon Théberge • David Turgeon

Amis

Association des Sauvaginiers de la Grande Région de Québec • Louis Beaulieu-Charbonneau • Jean Bricault • Yvan Charpentier • Richard Jones • Yves Lacasse • Alain Lizotte • J.C. Raymond Rioux • Jean Tremblay • Marcel Turgeon

Bienfaiteurs

Marguerite Ahern Normandeau • Marlyne Audet • René Audet • Daniel Auger • Louise-Marie Barbès • Serge Barrière • Francine Beaulieu • Denis Beaulieu • Yvan Bédard • Michelle Bédard • Lucie Bellefeuille • Suzanne Benoit • Christian Bergeron • Annie Bérubé • Amélie Bilodeau • Hélène Blondin • Dereck Blouin-Perry • Jean-François Bolduc • Yvon Bouchard • Francis Boudreau • Jean Boulva • Jean-Pierre Bourassa • Jean-Denis Brisson • Pierre Brunel • Danielle Bussièrès • Pierre Campagna • Jocelyn Cantin • Martin Castonguay • Richard Chartier • Réjean Chayer • Conrad Cloutier • Christian Corbeil • Lina Corriveau • Jean-Marc Cossette • Josiane Côté • Marie-Noëlle Coueron • Denis Couillard • Réhaume Courtois • Pierre Couture • Michel Crête • Robert Croteau • Michel Dagenais • Sylvie Dansereau • Jean Dery • Anne Déry • Renée Desautels • Josianne Desloges • Micheline Desmartis • Marc Doré • Bruno Drolet • Roger Duchesneau • François Duchesneau • Jean-Denis Dutil • Pierre Fontaine • Jean Fugère • Gilles Gaboury • Pierre Gascon • Lise Gauvin • Jean-Roch Giguère • Michel Giroux • Paul Gobeil • Marie Grenon • Suzanne Grondin • Jean Hamann • François Hamel • Éric Yves Harvey • Maurice Jr Hrycak • Mélanie Jalbert • Marianne Kugler • Johane La Rochelle • Anne-Marie Lafond • Judith Laforest • Gaétan Langlois • Monique Lapointe • Maude Larsen • Héroïse Le Goff • Mariette Lebel • Patricia Leclerc • Pierre Leduc • Chantal Lefebvre • Jacques Lemieux • Michel Lepage • Madeleine Lévesque • Mathieu Martin • Antoine Martineau Rousseau • Guy Massicotte • Nadine Michaud • Natalie Michaud • Laurence Molinas • Kevin Moore • Pierre Morisset • Denis Ouellet • Réginald Ouellet • Jocelyne Ouellet • Jean Painchaud • Réjean Paquet • Denis Paquette • Bruno Paré • Marie-Claude Pelletier-Leclerc • Lise Pilotte • Jean Piuze • Céline Plante • Patrick Plourde-Lavoie • François Potvin • Denis Potvin • Paule Potvin • Christian Potvin • Yvan Pouliot • Arne Rasmussen • Martine Raymond • Claude Rheault • Pierre J.H. Richard • Stéphane Roy • Paul-Étienne Sirois • Simon Théberge • Denise Thibault • Julie Touchette • Marie-France Turcotte • Georges Viel • Claude Villemagne



Société
Provancher

Président

Daniel St-Onge

1^{re} Vice-présidente

Élisabeth Bossert

2^e Vice-président

Jean Tremblay

Secrétaire

Michel Lepage

Trésorier

Daniel Petit

Administrateurs

Christine Bélanger
Réhaume Courtois
Robert Patenaude

le naturaliste
canadien

Bureau de direction

Bruno Drolet
Jean Hamann
Claude Lavoie
Michel Lepage
Isabelle Simard
Denise Tousignant

Équipe éditoriale

Denise Tousignant,
rédactrice en chef
Yan Boucher
François Brassard
Marc-Antoine Couillard
Mathieu Cusson
Christian Hébert

Patrick Lajeunesse
Marc Mazerolle
Stéphanie Pellerin
Isabelle Simard
Junior Tremblay

Révision linguistique

Doris Cooper
Andrew Coughlan
Pierre Périnet

Correction des épreuves

Camille Rousseau

Impression et reliure

Marquis Imprimeur, Inc.

COMMUNICATIONS
science
impact

Communications
Science-Impact
930, rue Pouliot
Québec (Québec)
G1V 3N9
418 651-3885

Le Naturaliste canadien est recensé par Repères, Cambridge Scientific Abstracts et Zoological Records. La version numérique est disponible sur la plateforme Érudit.

Droits d'auteur et droits de reproduction

Toutes les demandes de reproduction doivent être acheminées à : Copibec (reproduction papier)
514 288-1664 – 1 800 717-2022
licences@copibec.qc.ca

Dépôt légal 1^{er} trimestre 2018

Bibliothèque nationale du Québec

© La Société Provancher d'histoire naturelle du Canada 2018

Bibliothèque nationale du Canada

ISSN 0028-0798 (Imprimé)

ISSN 1929-3208 (En ligne)

Imprimé sur du papier
100% recyclé



Fondée en 1868 par Léon Provancher, la revue *Le Naturaliste canadien* est devenue en 1994 la publication officielle de la Société Provancher, après que le titre ait été cédé à celle-ci par l'Université Laval.

Fondée en 1919, la Société Provancher d'histoire naturelle du Canada est un organisme sans but lucratif dont la mission est de contribuer à la conservation de la nature. Ses principaux axes d'intervention sont la protection et la gestion de milieux naturels, l'éducation et la diffusion des connaissances dans le domaine des sciences naturelles.

Comme publication officielle de la Société Provancher, *Le Naturaliste canadien* entend donner une information de caractère scientifique et pratique, accessible à un large public, sur les sciences naturelles, l'environnement et la conservation.

La reproduction totale ou partielle des articles de la revue *Le Naturaliste canadien* est autorisée à la condition d'en mentionner la source. Les auteurs sont seuls responsables de leurs textes.

Les personnes ou les organismes qui désirent recevoir la revue peuvent devenir membres de la Société Provancher ou souscrire un abonnement auprès de EBSCO. Tél. : 1 800 361-7322

Publication semestrielle

Toute correspondance doit être adressée à :

Société Provancher
1400, route de l'Aéroport
Québec QC G2G 1G6

Téléphone : 418 554-8636 Télécopie : 418 831-8744

Courriel : societeprovancher@provancher.org

Site Web : www.provancher.org



Société
Provancher

La Société Provancher, près de 100 ans de bénévolat

Bonjour fidèles abonné(e)s,

Je remercie les membres du conseil d'administration de la Société Provancher d'avoir placé leur confiance en moi à la présidence du conseil depuis juin dernier. J'en mesure toutefois tous les défis depuis ce temps.

Comme vous le savez peut-être, si l'on fait exception de notre coloré capitaine et gardien de l'île aux Basques, l'ensemble des responsabilités administratives et opérationnelles, et elles sont plus nombreuses que l'on imagine, est assumé par des bénévoles du conseil ou de l'externe, tous et toutes résilient(e)s et passionné(e)s par notre mission. Il n'en reste pas moins qu'il faut penser à leur relève éventuelle et qu'il nous en manque cruellement d'autres.

Je profite donc de cette tribune du *Naturaliste canadien* pour vous inviter à vous manifester personnellement comme bénévole de la Société et pour relayer cette information dans vos réseaux respectifs.

À l'aube du centenaire de sa création en 1919, la Société Provancher entend en effet donner un nouveau souffle à la mise en valeur de ses sites en lançant prochainement une campagne de financement et en développant des partenariats avec d'autres organismes ayant des missions similaires. Nous souhaitons que ces actions nous permettent de professionnaliser davantage nos opérations et d'offrir ainsi de meilleurs et de nouveaux services à nos membres et au public en général.

En terminant, je suis franchement heureux de voir la contribution exemplaire de l'équipe de rédaction du *Naturaliste canadien* ainsi que ceux et celles qui y apportent des articles d'une grande valeur. Je les en remercie. La Société est fière de soutenir, depuis le milieu des années 1990, l'édition de cette revue scientifique plus que centenaire.

Longue vie au *Naturaliste canadien* et à la Société!

Daniel St-Onge
Président du conseil d'administration
de la Société Provancher

Victor-Alphonse Huard (1853-1929), éducateur, naturaliste et écrivain

Jean-Marie Perron

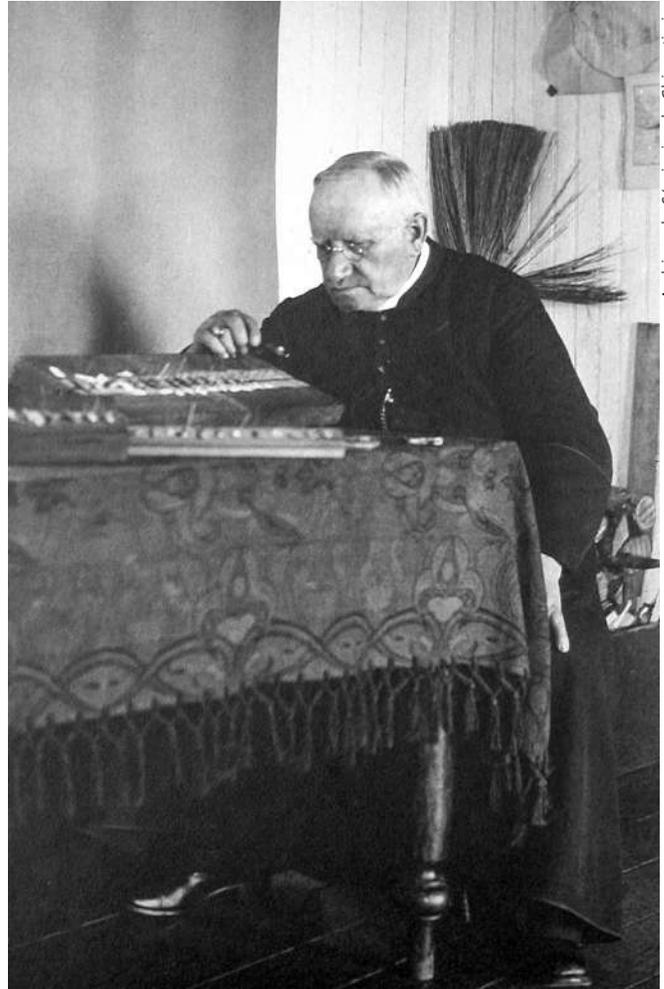
Parmi nos prédécesseurs, rarement aura-t-on vu un personnage aussi actif qui, par l'ampleur et la variété de son œuvre, exercera une influence aussi grande sur ses contemporains. Victor-Alphonse Huard a été un innovateur, un organisateur et un bâtisseur. Né dans le quartier Saint-Roch de Québec le 26 février 1853, fils d'un entrepreneur-menuisier, orphelin de mère presque à sa naissance, il était le dernier d'une famille de 8 enfants. Il a fait ses études classiques au Séminaire de Québec, ses études théologiques, en partie au Grand Séminaire de Québec et en partie au Grand Séminaire de Chicoutimi. L'archevêque de Québec, Mgr Taschereau, l'a ordonné prêtre le 13 août 1876. Plusieurs biographies paraîtront après son décès, survenu le 15 octobre 1929 (Brunel, 1829; Lapointe, 1930; Maheux, 1930; Desgagné, 1959; Robert, 1960; Simard, 1969; Desmeules, 2005).

L'éducateur

Dès son ordination, les autorités ecclésiastiques lui demandent de travailler à l'œuvre naissante du Séminaire de Chicoutimi. De 1876 à 1901, il deviendra le personnage omniprésent de l'institution. Il sera responsable de l'enseignement de nombreuses disciplines, comme la religion, les « Humanités », le français, le latin, le grec, la littérature en Rhétorique, la zoologie et la géographie. Il occupera successivement presque toutes les charges importantes du séminaire. Comme membre du Conseil de la maison, il sera le premier directeur du Grand Séminaire, préfet des études, conseiller, vice-supérieur et supérieur. Il organisera la vie religieuse et intellectuelle de l'institution en créant l'Union Sainte-Cécile, l'Académie Saint-François-de-Sales, la bibliothèque, la librairie et un musée. Musicien à ses heures, il s'occupera de l'orchestre. Il sera rédacteur des annuaires et des annales du Séminaire et le premier rédacteur en chef du journal *L'Oiseau-Mouche*. Il sera le compagnon de voyage de Provancher aux Antilles, se rendra au Labrador et à l'île d'Anticosti, visitera l'Europe, l'exposition de Buffalo, ainsi que l'ouest du Canada et des États-Unis.

Le naturaliste

Cette flamme de naturaliste qui l'habitait depuis son jeune âge a eu le privilège d'être animée lors d'une rencontre fortuite avec le grand naturaliste l'abbé Léon Provancher (Huard, 1926). Le hasard lui a permis d'être son compagnon de marche



Archives du Séminaire de Chicoutimi

A la fin de sa vie, l'abbé Huard étudiait les noctuelles et préparait un ouvrage sur les Lépidoptères nocturnes. Dans son bureau, à la résidence du Séminaire à la Pointe-aux-Alouettes, il avait un balai dont les pailles lui servaient pour nettoyer sa pipe.

Jean-Marie Perron est professeur émérite, conservateur invité des collections Léon-Provancher, Université Laval.

perronjm@videotron.ca

à l'âge de 16 ans, à l'occasion d'une excursion des élèves du Séminaire de Québec à Montréal. L'année suivante, sous prétexte de connaître le nom scientifique du géranium, il frappe à la porte de Provancher. Il connaissait de nom le grand naturaliste par sa revue que son père recevait. Une amitié sincère naîtra entre le séminariste et Provancher. Pendant ses vacances académiques, il fera de longs séjours chez lui. Une correspondance soutenue entre les deux personnes débutera en 1872.

En plus de ses nombreuses responsabilités, Huard réunit une collection d'insectes du Saguenay (Perron, 2005). Cette activité entomologique s'inscrit dans la foulée de celle de l'abbé Provancher, qui venait d'entreprendre la rédaction de la *Petite faune entomologique du Canada*. Ce précieux matériel permettra à Provancher d'ajouter plusieurs espèces d'insectes à l'entomofaune du Québec et, surtout, de décrire plusieurs espèces inconnues de la science jusqu'à ce jour. Provancher l'honorera ainsi que son ami, le professeur David Dufresne, et Ernest Hervieux, un élève et collectionneur zélé, en donnant leur nom à une espèce nouvelle d'insectes (Perron, 2010). Huard décrira lui-même quelques espèces pour honorer, à son tour, son maître (Huard, 1926).

Après le décès de Provancher survenu le 23 mars 1892, le chanoine Huard achète de son héritière, Julie Julien, sa revue *Le Naturaliste canadien*, sa volumineuse correspondance, son herbier et divers papiers. C'est en réussissant à faire renaître la revue de Provancher en 1894 qu'il commencera à contribuer au domaine des sciences naturelles. Grâce à l'aide de plusieurs collaborateurs, la revue traitera de plusieurs grands thèmes de vulgarisation scientifique : géologie, zoologie, ornithologie, microbiologie et entomologie. Le chanoine Huard a aussi le mérite scientifique d'avoir publié dans le *Naturaliste canadien*, en 1895 et 1896, 38 descriptions d'espèces nouvelles d'insectes, appartenant surtout à l'ordre des Hyménoptères, que Provancher n'avait pu publier avant son décès.

La renommée scientifique du chanoine Huard débordera les cadres du Séminaire à la fin des années 1890. En 1901, il se rapprochera des milieux universitaire et gouvernemental en venant habiter à Québec, d'où il cumule plusieurs fonctions. Il est nommé directeur de *La semaine religieuse de Québec*, une revue fondée par Provancher en 1888, occupation qu'il conservera jusqu'en 1913. De 1904 à 1927, il devient conservateur du Musée de l'Instruction publique de la province de Québec. Ce musée réunit surtout des spécimens zoologiques et les collections de Provancher. De 1913 à 1916, il est nommé premier entomologiste provincial. À ce titre, son occupation se résume surtout à administrer les subventions que le ministère d'Agriculture du Canada alloue au gouvernement du Québec pour aider les cultivateurs victimes des grandes infestations de criquets et de légionnaires. Il termine un manuscrit de Provancher, le volume IV de la *Petite faune entomologique*, sur les Lépidoptères diurnes. Il ne pourra terminer la seconde partie traitant des Lépidoptères crépusculaires et nocturnes.

L'écrivain

Huard a laissé une œuvre écrite importante. En tant que propriétaire-rédacteur du *Naturaliste canadien*, il signe de nombreux articles dans divers domaines des sciences naturelles, des récits de voyage, des revues de livres, des biographies et des notices nécrologiques de personnages et des textes sur de nombreux sujets. Il publiera une biographie de Mgr Racine, premier évêque de Chicoutimi, en 3 éditions (1888, 1889 et 1895). En 1897, il fait paraître le récit de son voyage au Labrador et à Anticosti, un texte très documenté de 505 pages. En 1906, il livre au public un récit de ses voyages. En 1926, c'est *La vie et l'œuvre de l'abbé Provancher*, ouvrage de 509 pages, qu'il publie. Éducateur avant tout, il fait paraître de 1907 à 1927 une série d'abrégés ou de manuels couvrant les grandes disciplines scientifiques. Ses ouvrages, approuvés par le ministère de l'Instruction publique, sont grandement appréciés par les maisons d'éducation et doivent être réédités et parfois augmentés à plusieurs reprises. Il sera l'auteur de recueils divers, les *Varia Saguenayensia*, en 15 volumes de 500 pages chacun et des *Varia Scientifica* et *Varia de Variis*, en 79 volumes de même dimension que les précédents. Ses *Varia* sont une source documentaire précieuse pour l'histoire régionale. Il fera paraître des centaines d'articles dans divers périodiques entre 1877 et 1929.

Aimé de ses élèves, fin causeur, agréable de compagnie, il était un grand éducateur et communicateur. Il est reconnu comme l'un des écrivains les plus féconds de son temps. En sciences, il a continué l'œuvre de son maître, l'abbé Léon Provancher. Il fait le lien, selon Desmeules (2005), entre les naturalistes du XIX^e siècle et le renouveau scientifique canadien-français du début du XX^e siècle. Les autorités, tant civiles que religieuses, ont reconnu son œuvre en lui décernant plusieurs titres ou décorations honorifiques.

Références

- BRUNEL, J., 1929. Le Chanoine Huard. Le Lien, dans Le Monde agricole, p. 117.
- DESGAGNÉ, R., 1959. Mgr Victor-Alph. Huard. *Saguenayensia*, 1(5) : 102-104.
- DESMEULES, M., 2005. Huard, Victor-Alphonse. Dictionnaire biographique du Canada, vol. 15 : 539-541.
- HUARD, V.-A., chanoine, 1926. *La vie et l'œuvre de l'abbé Provancher*. Librairie J.-P. Garneau, Québec, 509 p.
- LAPOINTE, Mgr E., 1930. Mgr V.-A. Huard. *La Semaine religieuse de Québec*, n° 27, p. 425-430.
- MAHEUX, G., 1930. Feu le Chanoine V.-A. Huard, 1853-1929. *Le Naturaliste canadien*, 58 : 6-10.
- PERRON, J.-M., 2005. La collection d'insectes de Victor-Alphonse Huard. *Le Naturaliste canadien*, 129 (1) : 30-34.
- PERRON, J.-M., 2010. Qui étaient-ils ? Les naturalistes honorés par Provancher. *Les cahiers Léon-Provancher 2. Entomofaune du Québec, Chicoutimi*, 27 p.
- ROBERT, A., 1960. Le Chanoine Huard, 1853-1929. *Annales de la Société d'entomologie du Québec*, 1960 : 148-149.
- SIMARD, A., 1969. Les évêques et les prêtres séculiers du diocèse de Chicoutimi, 1867-1968. *Chicoutimi*, 1969, p. 569-571.

L'aubépine du Canada (*Crataegus canadensis* Sargent), une espèce à part entière, endémique au Québec et différente de l'aubépine subsoyeuse (*Crataegus submollis* Sargent)

André Sabourin

Résumé

L'aubépine du Canada, *Crataegus canadensis* Sargent (Rosaceae), a été considérée comme une espèce distincte par la majorité des auteurs jusqu'à récemment. Elle est désormais incluse en synonymie avec l'aubépine subsoyeuse (*Crataegus submollis* Sargent) dont elle ne serait qu'une forme locale de la région de Montréal. Les 2 espèces sont semblables par certaines caractéristiques morphologiques. Toutefois, des observations effectuées sur une quinzaine d'années et des mesures prises sur le terrain et en herbier en 2015, 2016 et 2017 jettent un nouvel éclairage. Les différences entre les 2 espèces pour plusieurs caractères morphologiques pourraient justifier que *C. canadensis* soit considéré comme un taxon à part entière. Une description de ces différences est présentée concernant le nombre d'étamines, la position et la longueur des sépales, les dimensions du limbe et l'incision des sinus inférieurs des feuilles, la dimension et la forme des fruits. La répartition géographique de l'aubépine du Canada, limitée et endémique à la grande région de Montréal, est aussi détaillée.

MOTS CLÉS: *Crataegus canadensis*, *Crataegus submollis*, différences morphologiques, Montréal, répartition

Abstract

Historically, most authors recognized the Canada hawthorn (*Crataegus canadensis* Sargent [Rosaceae]), which occurs in the Montréal area (Québec, Canada), as a distinct species. Recently, however, it has been considered simply a distinct local form and taxonomic synonym of the Quebec hawthorn (*Crataegus submollis* Sargent). The two species are similar and share some morphological characteristics, but observations made over the last 15 years, together with field and herbarium measurements taken in 2015, 2016 and 2017, highlight clear distinctions between them. The differences in leaf blade size and lower sinus incisions, stamen number, sepal length and position, and fruit shape and size, are described. The restricted geographical distribution of the Canada hawthorn, which is endemic to the greater Montréal region, is also presented.

KEYWORDS: *Crataegus canadensis*, *Crataegus submollis*, distribution, Montréal, morphologic differences

Introduction

Les aubépines (*Crataegus* spp., Linnaeus) sont connues depuis longtemps pour être très difficiles à identifier, notamment parce que les espèces sont très variables. De plus, la présence d'hybridation, de polyploidie, d'apomixie, etc., complexifie encore plus la taxonomie et fait en sorte que certains auteurs ont multiplié le nombre d'espèces. Par exemple, Charles S. Sargent (1901a) a décrit 732 espèces dans les 20 premières années du 20^e siècle (Macklin et collab., 2000). Brunel (1935), qui a aussi utilisé cette approche de la scission des espèces, en a décrit 45 pour le Québec. Par contre, d'autres auteurs ont par la suite fusionné et mis en synonymie un grand nombre d'espèces. Par exemple, Cronquist (Gleason et Cronquist, 1991) ne reconnaît qu'un peu plus de 100 espèces à l'échelle mondiale, dont seulement 22 pour le nord-est des États-Unis et le sud-est du Canada. Phipps (2014) se situe plus ou moins entre ces deux extrêmes en reconnaissant environ 230 espèces, soit 169 en Amérique du Nord, dont 21 au Québec (26 taxons en incluant les variétés). De mon côté, j'appuie ce

dernier en reconnaissant 30 taxons pour le Québec (Sabourin, 2016), en incluant certains taxons non reconnus par Phipps (2014) comme *Crataegus flabellata* var. *flabellata*, *Crataegus flabellata* var. *grayana* et *Crataegus canadensis* et en excluant d'autres qui étaient reconnus par Brunel (1935), comme *Crataegus knieskerniana* et *Crataegus lemingtonensis*.

L'aubépine du Canada, *Crataegus canadensis* Sargent, a été nommée et décrite pour la première fois par Charles S. Sargent (1901a). Elle a aussi été considérée comme une espèce distincte par Eggleston (1913), Marie-Victorin (1922), Palmer (1925, 1950, 1952) et Brunel (1935); les caractères différenciant les 2 espèces sont présentés au tableau 1. La localité type se trouve à Kahnawake au Québec (Kruschke, 1965), alors que le spécimen lectotype provient de Châteauguay (Phipps, 2012). Toutefois, Phipps (2012, 2014) a récemment mis *C. canadensis*

André Sabourin est consultant en botanique.

andre.sabourin@outlook.com

en synonymie avec l'aubépine subsoyeuse (*Crataegus submollis* Sargent) dont elle ne serait qu'une forme locale de la région de Montréal.

Ces 2 espèces font partie de la série *Molles* (Sargent) Rehder de la grande section *Coccineae* Loudon. Les 2 présumées espèces présentent des affinités morphologiques typiques de la série *Molles*. Les feuilles et les inflorescences sont densément pubescentes à tomenteuses, surtout au jeune âge. Les feuilles, les fleurs et les fruits sont relativement grands par rapport à ceux de la majorité des espèces des autres séries. Les sépales sont glanduleux-serrés, les anthères sont blanches, crème ou jaune pâle et les fruits sont pubescents. La floraison des 2 espèces est très hâtive et simultanée, à partir du 10 mai environ. Ce sont parmi les premières espèces à fleurir dans la région de Montréal.

Pour déterminer si l'aubépine du Canada est une espèce à part entière ou simplement une variété locale de la région de Montréal de l'aubépine subsoyeuse *sensu* Phipps (2014), des observations en nature ont été réalisées sur les 2 taxons. Le nombre d'étamines étant le seul critère accepté par Phipps (2014) pour séparer les deux, j'ai cherché d'autres

caractéristiques morphologiques qui pouvaient différencier les 2 espèces, comme le laissent supposer des observations faites en nature depuis une quinzaine d'années (Sabourin, 2002, 2003).

Aire de répartition de l'aubépine du Canada

Tous les auteurs (Sargent, 1901a; Eggleston, 1913; Brunel, 1935; Palmer, 1950, 1952; Phipps, 2014; NatureServe, 2015) s'entendent pour dire que l'aubépine du Canada ne se trouve que dans la région de Montréal, au sud-ouest des basses terres du Saint-Laurent. Kartesz (2015) ne la mentionne que pour le Québec. Par ailleurs, Phipps et Muniyamma (1980) ne la mentionnaient pas pour l'Ontario, ni Weldy et collab. (2015) pour l'État de New York, ni Haines (2011) pour la Nouvelle-Angleterre. Donc, si l'aubépine du Canada est bien une espèce distincte, elle serait endémique à la région de Montréal. Par contraste, l'aubépine subsoyeuse occupe un territoire allant du Wisconsin à la Nouvelle-Écosse et à l'Ohio (Phipps, 2014); c'est l'une des espèces d'aubépines les plus fréquentes du Québec et probablement la plus fréquente dans la grande région de Montréal.

Tableau 1. Principales caractéristiques morphologiques différenciant *Crataegus canadensis* et *Crataegus submollis* selon certains auteurs. À noter que certains auteurs n'utilisent pas tous les critères.

	<i>C. canadensis</i> (Sargent, 1901a)	<i>C. submollis</i> (Sargent, 1901b)	<i>C. canadensis</i> (Eggleston, 1913)	<i>C. submollis</i> (Eggleston, 1913)	<i>C. canadensis</i> (Brunel, 1935)	<i>C. submollis</i> (Brunel, 1935)	<i>C. canadensis</i> (Palmer, 1950, 1952)	<i>C. submollis</i> (Palmer, 1950, 1952)
Nombre d'étamines	20	10	ca 20	ca 10	20	10	ca 20	ca 10
Disposition des sépales	Étalés à réfléchis en fruit	Largement étalés à l'anthèse; dressés en fruit	Étalés	Dressés (sur dessin d'une fleur)	–	–	–	–
Dimensions du limbe des feuilles (longueur × largeur, en cm)*	5,1-6,4 × 3,8-7,5	6,4-10,2 × 5,1-6,4	3,2-7,6 × 2,5-7,0	3,8-10,8 × 3,2-8,9	5,0-6,3 × 4,0-7,5	6,3-10,0 × 5,0-6,3	3,0-5,0 × 2,5-4,5	4,0-8,0 × 3,0-6,0
Profondeur des lobes des feuilles	–	–	–	–	–	–	Plus profondément lobés	Légèrement ou obscurément lobés
Dimensions des fruits	0,84-1,27 cm de long × ca 0,84 cm de large	ca 1,91 cm de long	1,04-1,68 cm de diamètre	1,68-2,11 cm de diamètre	1,0-1,5 cm de long × 0,8-1,0 cm de large	ca 1,8 cm de long	0,9-1,2 cm de diamètre	1,0-1,5 cm de diamètre
Forme des fruits	Courtement oblongs à subglobuleux	Pyriformes	Courtement ellipsoïdes à subglobuleux	Courtement ellipsoïdes à pyriformes	Courtement oblongs ou subglobuleux	Pyriformes	Courtement oblongs ou subglobuleux	Pyriformes ou obovoïdes
Diamètre des fleurs (cm)	1,9	2,5	ca 2,1	ca 2,5	–	–	1,6-1,8	2,0-2,2
Longueur des épines (cm)	5,1-6,4 m	6,4-7,6	2,5-6,4	2,5-7,6	5,0-6,3	6,3-7,5	–	–

* Les auteurs ne mentionnent pas si ce sont des feuilles de rameaux florifères ou des feuilles matures de rameaux végétatifs courts.

L'annexe (partie A) présente les 19 occurrences récentes ou actuellement connues de l'aubépine du Canada, ainsi que les 5 récoltes historiques. Toutes les occurrences récentes se trouvent dans la grande région de Montréal (figure 1). Avant l'étude, j'ai validé ou infirmé les récoltes des différents botanistes, dont certaines ont été révisées pour *C. submollis*. Si l'on considère les 5 récoltes historiques, 3 régions administratives abritent ou ont abrité des populations du *C. canadensis*, pour un total de 24 occurrences: Montérégie (18 occurrences dont 2 historiques), Laval (3 occurrences récentes) et Montréal (3 occurrences historiques). Par contre, si on exclut les 2 occurrences considérées extirpées (voir page 15), il y aurait 22 occurrences connues du *C. canadensis*. Il faut noter que la municipalité régionale de comté de Roussillon en Montérégie compte à elle seule 12 occurrences, soit plus de la moitié du total.

Habitat

L'habitat des deux taxons est semblable et ceux-ci se trouvent parfois ensemble. L'aubépine du Canada pousse sur des affleurements rocheux calcaires ou dolomitiques, dans des

haies et le long de clôtures en bordure de champs cultivés ou abandonnés sur argile, dans des friches sur argile, dans des clairières, à l'orée de forêts et en bordure de routes. Ce sont des milieux ouverts ou partiellement ouverts, secs à mésiques. Comme l'espèce se trouve surtout en milieu calcaire (Sargent, 1901a; Palmer, 1950, 1952), on peut dire qu'elle est calcicole. L'aubépine subsoyeuse est moins strictement associée aux milieux basiques et n'est donc pas nécessairement calcicole; elle occupe des sols riches, souvent argileux ou alluvionnaires.

Méthodes

Observations en milieu naturel

Les observations et les mesures prises sur le terrain concernent les caractéristiques morphologiques suivantes: le nombre d'étamines, la disposition et la longueur des sépales, la longueur et la largeur des feuilles, la profondeur des sinus inférieurs ou l'incision maximale des feuilles, la dimension et la forme des fruits (cenelles) et le diamètre des fleurs. Il s'agit des caractéristiques qui, selon des observations préalables, semblaient différencier le plus les deux présumées espèces.

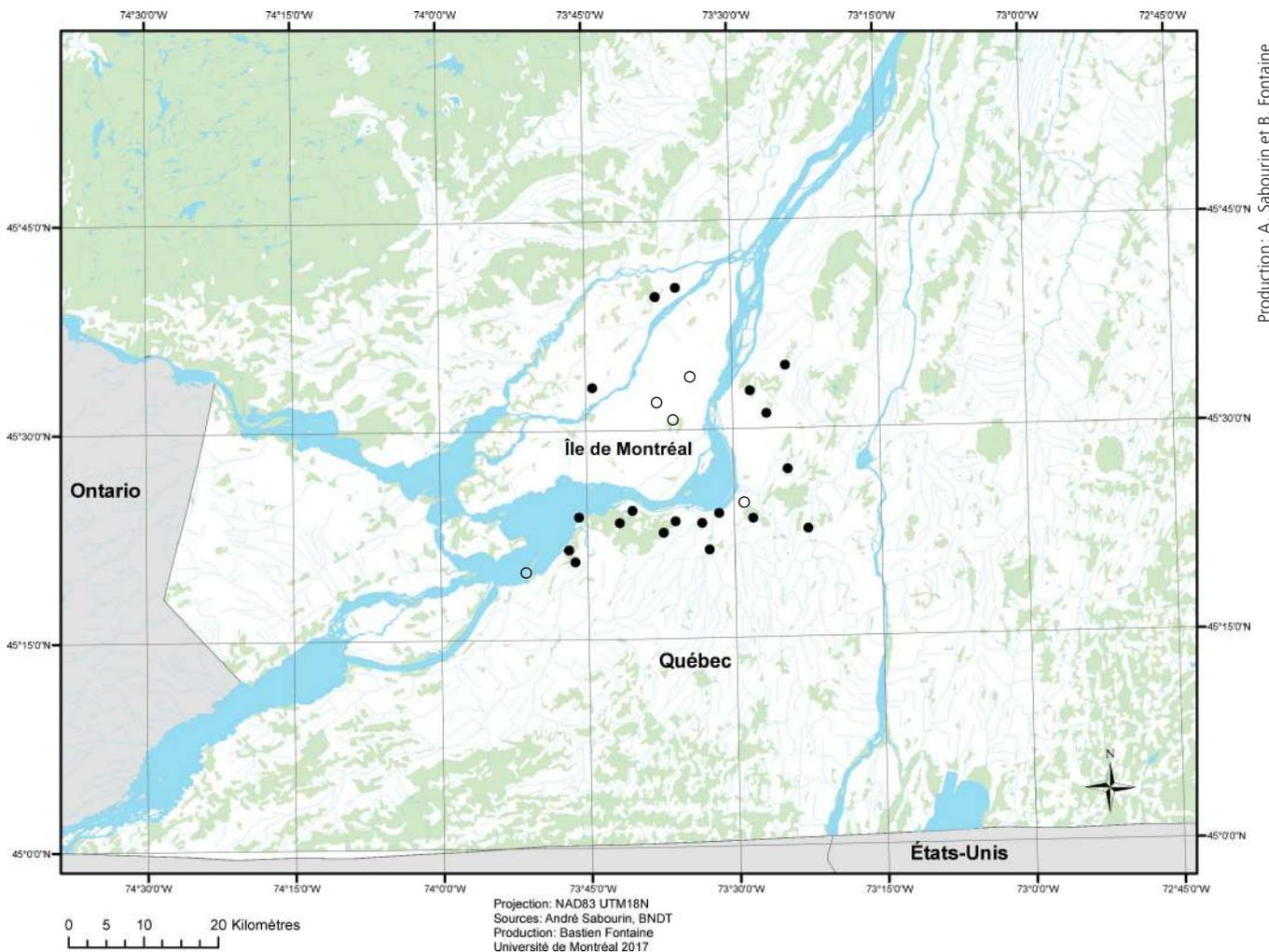


Figure 1. Carte de répartition globale de l'aubépine du Canada (*Crataegus canadensis*).
 • = occurrences récentes; ○ = occurrences historiques.

Le choix des organes mesurés s'est fait selon des variantes allant des petites tailles aux grandes tailles sur un même individu, en ce qui concerne les caractères touchant aux dimensions. Pour le nombre d'étamines, il n'y a pas eu de décompte systématique sur un nombre précis de fleurs puisqu'au premier coup d'œil, il y a 20 étamines chez l'aubépine du Canada et 10 chez l'aubépine subsoyeuse. Dans le cas de la disposition des sépales, seule la variation de celle-ci a été observée et non la fréquence. La longueur des sépales a été mesurée sur 71 sépales d'autant de fleurs (1 sépale par fleur) sur 5 individus d'aubépine du Canada et sur 91 sépales sur 7 individus d'aubépine subsoyeuse. Les sépales ont été sélectionnés selon leur maturité et leur bon état; ils ont tendance à faner ou à disparaître en été. Les observations effectuées sur les sépales ont été faites à la fin de mai et en juin, soit au moment où ils sont matures et en position typique. La longueur des sépales n'a été mesurée qu'en 2015.

La longueur et la largeur du limbe ont été mesurées sur des feuilles situées loin des inflorescences ou des infrutescences, donc sises sur des rameaux courts végétatifs. Environ 40 mesures de limbe de feuilles matures ont été prises pour les 2 espèces sur le terrain. Les données apparaissant au tableau 2 concernent des mesures prises en herbier, soit 46 mesures pour l'aubépine du Canada et 69 pour l'aubépine subsoyeuse.

L'indice d'incision des feuilles (IIF; Phipps, 2014) correspond à l'incision ou à la profondeur maximale des sinus du limbe, les plus profonds étant les sinus inférieurs; ce sont ceux-ci qui ont été mesurés puisque l'IIF diminue vers l'apex du limbe. L'IIF équivaut au pourcentage de profondeur maximale du sinus inférieur par rapport à la longueur entre la nervure centrale de la feuille et l'extrémité ou l'apex du lobe. Les pourcentages ont été évalués à partir de 47 mesures faites sur 5 individus pour l'aubépine du Canada et sur 41 mesures faites sur autant d'individus pour l'aubépine subsoyeuse. Par ailleurs, la profondeur des sinus inférieurs à partir de l'apex du lobe inférieur a été mesurée sur 350 feuilles de 7 individus pour l'aubépine du Canada et sur 344 feuilles chez 11 individus d'aubépine subsoyeuse. Les mesures des feuilles, pour l'IIF et pour les dimensions du limbe, ont été prises surtout en nature du début juin à la mi-septembre, lorsque les feuilles étaient matures.

La dimension et la forme des fruits ont été évaluées sur 8 individus d'aubépine du Canada (400 cenelles) et sur 10 individus d'aubépine subsoyeuse (398 cenelles). Le diamètre des fleurs a été mesuré sur 7 individus pour chacune des espèces (aubépine du Canada: 73 fleurs; aubépine subsoyeuse: 64 fleurs). La longueur des épines n'a pas été retenue parce qu'elle est très variable sur un même individu et aussi qu'elle semblait à peu près équivalente chez les 2 espèces.

Les mesures en nature ont été effectuées dans 12 localités de la grande région de Montréal, c'est-à-dire 7 en Montérégie et 1 à Laval, là où les 2 espèces sont présentes, et 4 dans les Basses-Laurentides où seule l'aubépine subsoyeuse est présente (annexe, parties A et B). La grande majorité des mesures ont été prises sur un seul individu par localité, parfois sur 2, soit un total de 10 individus pour l'aubépine du Canada et de 11 individus pour

l'aubépine subsoyeuse. Les mesures ont été effectuées en 2015 et en 2016, du milieu de mai à la fin de septembre.

Observations sur des spécimens d'herbier

Des spécimens des herbiers Marie-Victorin (MT), Louis-Marie (QFA) et du Québec (QUE) ont été examinés en 2015 et en 2017 pour calculer la longueur des sépales chez 20 individus identifiés comme de l'aubépine du Canada (84 mesures) et 25 de l'aubépine subsoyeuse (67 mesures). Les dimensions des feuilles ont été mesurées sur 16 individus de l'aubépine du Canada (46 mesures) et sur 27 individus de l'aubépine subsoyeuse (69 mesures). L'IIF a été évalué chez 5 individus d'aubépine du Canada (47 feuilles) et sur 20 individus de l'aubépine subsoyeuse (41 feuilles). Seuls ces 3 caractères ont été mesurés, car ce sont ceux qui se modifient le moins lors du séchage et du pressage. Les dimensions des feuilles mesurées en herbier sont plus réduites, car les botanistes récoltent le plus souvent des rameaux d'inflorescences, lorsque les feuilles ne sont pas matures. Les individus examinés d'aubépine du Canada sont en plus petit nombre parce que l'espèce a été beaucoup moins récoltée que l'aubépine subsoyeuse. De plus, seuls des spécimens en bon état ont été mesurés.

Résultats et discussion

Selon les mesures prises, 7 caractéristiques principales permettraient de différencier l'aubépine du Canada de l'aubépine subsoyeuse. Elles concernent les étamines, les sépales, les feuilles et les fruits. Une huitième est indiquée à titre indicatif, étant donné le chevauchement important des résultats. Le tableau 2 indique les résultats en chiffres pour chacun des caractères distinctifs.

Nombre d'étamines

Les fleurs de l'aubépine du Canada mesurées avaient pratiquement presque toujours 20 étamines (figure 2), alors que celles de l'aubépine subsoyeuse en comptaient 10 (figure 3). Ces nombres n'ont varié qu'en de rares occasions chez l'aubépine du Canada (19, 18, 17, 15), bien que les observations n'aient pas été comptabilisées précisément. Ces comptages sont connus et mentionnés depuis longtemps (tableau 1). Par exemple, Eggleston (1913) et Palmer (1950, 1952) indiquaient environ 20 étamines pour l'aubépine du Canada et environ 10 étamines pour l'aubépine subsoyeuse.

Disposition des sépales

Selon nos observations, les sépales de l'aubépine du Canada variaient d'apprimés au fruit à réfléchis ou étalés (figure 4), alors que ceux de l'aubépine subsoyeuse étaient dressés, ascendants ou étalés (figure 5). La fréquence de la disposition n'a pas été notée précisément en nombre d'observations, mais après la floraison, elle était typiquement apprimée chez l'aubépine du Canada et dressée chez l'aubépine subsoyeuse. Ces mêmes orientations sont évidentes dans l'illustration d'Eggleston (1913).

Tableau 2. Principales caractéristiques morphologiques permettant de différencier le *C. canadensis* et le *C. submollis* selon nos observations.

Caractéristiques morphologiques	<i>Crataegus canadensis</i>	<i>Crataegus submollis</i>
Nombre d'étamines	ca 20	ca 10
Disposition des sépales	Apprimés aux fruits, réfléchis à étalés	Dressés, ascendants à étalés
Longueur des sépales (mm)	de 4,0 à 7,0 moyenne: 5,5 écart type: 0,62	de 5,0 à 8,0 moyenne: 6,5 écart type: 0,76
Dimensions du limbe des feuilles – spécimens en herbier (longueur × largeur, en cm)	5,5 à 9,2 × 4,5 à 8,5 cm moyenne: 7,1 × 6,2 cm écart type: 0,98 × 1,00 cm	5,7 à 10,9 × 5,2 à 10,0 cm moyenne: 8,0 × 6,9 cm écart type: 1,09 × 1,03 cm
Profondeur des sinus inférieurs du limbe (mm)	de 5 à 22 moyenne: 10,4 écart type: 3,8	de 5 à 18 moyenne: 8,4 écart type: 2,12
IIF (indice d'incision des feuilles, en %)	moyenne: 28,5 écart type: 8,3	moyenne: 22,5 écart type: 4,8
Dimensions des fruits (longueur × largeur, en mm)	8 à 14 × 9 à 15 moyenne: 10,5 × 11,2 écart type: 0,95 × 1,14	10 à 20 × 10 à 18 moyenne: 13,4 × 12,4 écart type: 1,49 × 1,38
Forme des fruits	suborbiculaires à subglobuleux	pyriformes à obovés
Diamètre des fleurs (mm)*	16-27	20-30

* Il faut noter le chevauchement des données.



A. Sabourin

Figure 2. Fleurs à 20 étamines de l'aubépine du Canada (*Crataegus canadensis*).



L. Brisson

Figure 3. Fleurs à 10 étamines de l'aubépine subsoyeuse (*Crataegus submollis*).

Longueur des sépales

En milieu naturel, la longueur des sépales de l'aubépine du Canada variait de 4,0 à 7,0 mm (moyenne: 5,6 mm), alors qu'elle variait de 5,0 et 8,0 mm (moyenne: 6,7 mm) chez l'aubépine subsoyeuse. En herbier, la longueur des sépales de l'aubépine du Canada variait de 4,0 à 7,0 mm (moyenne: 5,4 mm), et de 5,0 à 8,0 mm (moyenne: 6,3 mm) pour l'aubépine subsoyeuse.

Pour l'ensemble des mesures faites en milieu naturel et en herbier, la longueur moyenne des sépales de l'aubépine du Canada était de 5,5 mm (écart type: 0,62 mm), alors qu'elle était de 6,5 mm (écart type: 0,76 mm) pour l'aubépine subsoyeuse (tableau 2). Étant donné la faible longueur des sépales, la

différence de 1,0 mm de longueur environ entre les 2 espèces s'avère importante malgré le chevauchement. Il faut noter que cette caractéristique n'avait pas été abordée auparavant dans la littérature pour différencier les 2 espèces (tableau 1).

Dimensions du limbe des feuilles

Sur le terrain, les dimensions des feuilles de l'aubépine du Canada variaient de 6,0 à 10,5 cm en longueur par 5,0 à 9,0 cm en largeur (moyenne: 8,0 cm en longueur par 7,5 cm en largeur), contre de 8,0 à 14,0 cm en longueur par 7,0 à 11,0 cm en largeur (moyenne: 11,2 cm en longueur par 9,3 cm en largeur) pour l'aubépine subsoyeuse. Les différences de 2-3,5 cm pour les longueurs maximales, de 2 cm pour les



A. Sabourin

Figure 4. Sépales et infrutescence typiques de l'aubépine du Canada (*Crataegus canadensis*).



A. Sabourin

Figure 5. Sépales et infrutescence typiques de l'aubépine subsoyeuse (*Crataegus submollis*).

largeurs maximales et de $3,3 \times 1,8$ cm pour les moyennes suggèrent que les feuilles de l'aubépine subsoyeuse sont nettement plus grandes que celles de l'aubépine du Canada.

Ces tendances sont similaires pour les individus conservés en herbier, bien que les écarts soient plus faibles vu les dimensions plus petites des limbes. Ainsi, en herbier, les dimensions des feuilles de l'aubépine du Canada variaient de 5,5 à 9,2 cm en longueur par 4,5 à 8,5 cm en largeur (moyenne: 7,1 cm de long par 6,2 cm de large; écart type: 0,98 cm pour la longueur et 1,00 cm pour la largeur), contre de 5,7 à 10,9 cm en longueur par 5,2 à 10,0 cm en largeur (moyenne: 8,0 cm de long par 6,9 cm de large; écart type: 1,09 cm pour la longueur et 1,03 cm pour la largeur) pour l'aubépine subsoyeuse (tableau 2).

Profondeur des sinus inférieurs des feuilles

Pour les spécimens mesurés en nature et en herbier, la base du limbe des feuilles de l'aubépine du Canada était plus incisée (figure 6), avec un IIF variant de 14 à 50 % (moyenne: 28,5 %), que celle de l'aubépine subsoyeuse (figure 7), dont l'IIF variait de 13 à 31 % (moyenne: 22,5 %). Quant à la profondeur maximale des sinus inférieurs à partir de l'apex du lobe des feuilles, il variait de 5 à 22 mm (moyenne: 10,4 mm) chez l'aubépine du Canada et de 5 à 18 mm (moyenne: 8,4 mm) chez l'aubépine subsoyeuse (tableau 2).

Cette caractéristique de l'IIF n'avait presque pas été traitée par les auteurs qui reconnaissaient l'aubépine du Canada comme espèce distincte; seul Palmer (1952) en a glissé quelques mots, mais sans indiquer de chiffres.

Dimensions et forme des fruits

Les dimensions des fruits (longueur \times largeur) de l'aubépine du Canada variaient de 8 à 14 mm en longueur par 9 à 15 mm en largeur (moyenne: 10,5 mm de long par 11,2 mm de large), contre de 10 à 20 mm en longueur par 10 à 18 mm en largeur (moyenne: 13,4 mm de long par 12,4 mm de large) pour l'aubépine subsoyeuse. Les fruits de cette dernière sont donc plus grands que ceux de l'aubépine du Canada,

avec des dimensions supérieures de 2,9 mm en longueur et de 1,2 mm en largeur.

Les dimensions des fruits révèlent aussi des différences de forme entre les 2 espèces. Les fruits étaient de forme suborbiculaire ou subglobuleuse chez l'aubépine du Canada, c'est-à-dire que les cenelles sont un peu plus larges que longues, alors qu'elles étaient plus longues que larges, soit pyriformes ou obovées, chez l'aubépine subsoyeuse.

Diamètre des fleurs

Les fleurs de l'aubépine du Canada ont des diamètres variant de 16 à 27 mm tandis que celles de l'aubépine subsoyeuse avaient des diamètres variant de 20 à 30 mm. Nous avons indiqué les résultats au tableau 2. La petite différence de 3 ou 4 mm montre un important chevauchement des mesures; il ne semble donc pas s'agir d'un caractère distinctif.

Conclusion

Les données prises sur le terrain suggèrent que l'aubépine du Canada peut être différenciée de l'aubépine subsoyeuse par 7 caractéristiques morphologiques différentes. Parmi celles-ci, la longueur des sépales et l'IIF sont nouvelles puisqu'elles n'avaient encore jamais été utilisées comme indicatrices par les différents botanistes. L'IIF est d'ailleurs l'une des caractéristiques les plus évidentes en nature, avec le nombre d'étamines et la position des sépales, permettant d'identifier l'aubépine du Canada. Pour ces raisons, l'aubépine du Canada ne devrait pas être considérée comme synonyme de l'aubépine subsoyeuse et mériterait probablement une reconnaissance taxonomique quelconque, soit au rang d'espèce, de sous-espèce ou de variété, tout comme le reconnaissent d'autres auteurs (Sargent, 1901a et 1901b; Eggleston, 1913; Marie-Victorin, 1922; Brunel, 1935; Palmer, 1925, 1950 et 1952).

À ce sujet, Phipps (2014) reconnaît différentes variétés de certains taxons d'aubépines sur des différences morphologiques semblables à celles observées dans la présente



Figure 6. Feuille typique de l'aubépine du Canada (*Crataegus canadensis*).

A. Sabourin

étude. Par exemple, il reconnaît 9 variétés du *Crataegus chrysoarpa* en utilisant comme premier critère le nombre d'étamines, soit 20 ou 5-10. Les critères secondaires concernent l'inflorescence, laineuse ou plus ou moins pubescente, et la surface abaxiale des feuilles qui est pileuse ou glabre et parfois pileuse sur les nervures. Ce dernier critère touchant 6 variétés peut porter à confusion. Cet auteur reconnaît également 4 variétés pour *Crataegus scabrada*, en utilisant comme premier critère l'inflorescence, glabre ou villose, alors que les autres sont la forme et la longueur du limbe des feuilles. Il n'y a donc que 3 critères séparant les variétés et les longueurs du limbe se chevauchent (4-7 contre 3-5 cm) chez 2 variétés sur 4.

Selon nos données, l'aubépine du Canada pourrait être ainsi considérée comme une sous-espèce ou une variété de l'aubépine subsoyeuse, ou même de l'aubépine duvetueuse *Crataegus mollis* [(Torrey & A. Gary) Scheele]. Selon les spécimens d'herbier examinés, on pourrait en effet croire que l'aubépine du Canada est plus proche de l'aubépine duvetueuse que de l'aubépine subsoyeuse. L'aubépine duvetueuse porte aussi 20 étamines chez 4 de ses 5 variétés et le plus souvent 20 ou parfois 10 chez la cinquième, et le limbe foliaire est nettement incisé vers la base (IIF de 8 à 20 % chez la variété *mollis* et de 20 à 40 % chez la variété *incisifolia* Kruschke). Cependant, le rang d'espèce semble préférable pour l'aubépine du Canada, étant donné les différences morphologiques, y compris envers l'aubépine duvetueuse, comme les pétioles qui ne sont pas glanduleux chez cette dernière, le limbe foliaire plus grand, et les feuilles végétatives à base cordée, plutôt que tronquées, arrondies ou largement cunéaires chez l'aubépine du Canada et l'aubépine subsoyeuse (Palmer, 1952; Phipps, 2014).

A. Sabourin

En ce qui concerne la ploïdie et les nombres chromosomiques chez les espèces d'aubépines nord-américaines, ils se chiffrent à 34, 51, 68 ou 72. Il est intéressant de noter que l'aubépine subsoyeuse (10 étamines) est tétraploïde ($4x = 68$) avec des mesures d'ADN variant de $\pm 3,06$ à $3,33$ pg, alors que le *C. mollis* var. *mollis* (20 étamines) est diploïde ($2x = 34$) avec des mesures d'ADN chez *C. mollis* variant de $\pm 1,46$ à $2,42$ pg (Talent et Dickinson, 2005). Ces auteurs ont constaté qu'une certaine variation dans la quantité d'ADN par copie de génome distingue certains taxons. Quant à l'aubépine du Canada, on en ignore encore le nombre de chromosomes et la quantité d'ADN. Ses 20 étamines laissent penser qu'elle serait diploïde, comme le *C. mollis* var. *mollis*, mais cela reste à prouver.

En conclusion, si l'aubépine du Canada est reconnue comme une espèce comme je le suggère, son inclusion devrait être considérée dans une prochaine liste des plantes vasculaires en situation précaire du Québec, dans la catégorie des espèces susceptibles d'être désignées menacées ou vulnérables. Les raisons principales sont qu'il n'y a qu'une vingtaine d'occurrences connues au Québec, que l'espèce est vulnérable aux espèces exotiques envahissantes arbustives, surtout par le nerprun cathartique (*Rhamnus cathartica*) et le chèvrefeuille de Tartarie (*Lonicera tatarica* Linnaeus) [mais aussi le chèvrefeuille de Morrow (*Lonicera morrowii* A. Gray) et l'hybride *Lonicera ×bella* Zabel] (Environnement



Figure 7. Feuille typique de l'aubépine subsoyeuse (*Crataegus submollis*).

Canada, 1999; Hendrickson, 2002) et que les populations ont des effectifs réduits, comprenant moins d'une vingtaine d'individus dans la majorité des occurrences. Comme l'aire de répartition globale de cette espèce se limite à la grande région de Montréal, celle-ci y est endémique. Dans cette région, l'espèce occupe des secteurs de banlieue qui connaissent un développement plus ou moins intense et la majorité des occurrences n'est pas protégée.

Remerciements

L'auteur tient à remercier Alexandre Bergeron, botaniste, qui l'a conseillé pour la production de cet article, Denis Paquette qui a effectué les statistiques et le recadrage des photographies, Bastien Fontaine pour la production de la carte de répartition et Laurent Brisson pour la photographie de l'aubépine subsoyeuse en fleurs.

Merci aussi à Luc Brouillet et Geoffrey Hall, conservateur et aide-conservateur à l'Herbier Marie-Victorin (MT), pour leur aide, leur accueil et leurs demandes pour l'emprunt des spécimens des herbiers QFA et QUE. Merci à Denis Sabourin pour son assistance sur le terrain à Longueuil, Laprairie, Candiac et Châteauguay, ainsi que pour son envoi de spécimens en fruits de Longueuil. L'auteur est très reconnaissant envers Stéphanie Pellerin, rédactrice adjointe de la revue, ainsi qu'aux 3 réviseurs anonymes qui ont commenté les versions précédentes du manuscrit. ◀

Références

- BRUNEL, J., 1935. *Crataegus* Linnaeus. Dans : MARIE-VICTORIN, Fr., 1997. Flore laurentienne. 3^e édition, mise à jour et annotée par L. Brouillet, S.G. Hay, I. Goulet, M. Blondeau, J. Cayouette et J. Labrecque. Les Presses de l'Université de Montréal, Montréal, p. 296-314.
- EGGLESTON, W.W., 1913. *Crataegus* Linnaeus. Dans : BRITTON, N. et A. BROWN, 1970. An illustrated flora of the northern United States and Canada, Volume II. Dover Publications Inc., New York, p. 294-321.
- ENVIRONNEMENT CANADA, 1999. Invasive plants of natural habitats in Canada. An integrated review of wetland and upland species and legislation governing their control. Canadian Wildlife Service, CW66-127/1999E-PDF, 112 p.
- GLEASON, H.A. et A. CRONQUIST, 1991. Manual of vascular plants of Northeastern United States and adjacent Canada, 2nd edition. The New York Botanical Garden Press, New York, 993 p.
- HAINES, A., 2011. Flora Novae Angliae, a manual for the identification of native and naturalized higher vascular plants of New England. Yale University Press, New Haven et London, 1008 p.
- HENDRICKSON, O., 2002. Espèces exotiques envahissantes dans les forêts canadiennes. Dans : CLAUDI, R., P. NANTEL et E. MUCKLE-JEFFS (édit.). Envahisseurs exotiques des eaux, des milieux humides et forêts. Ressources naturelles Canada, Ottawa, p. 59-72.
- KARTESZ, J.T., 2015. The Biota of North American Program (BONAP). North American Plant Atlas, Chapel Hill, North Carolina. Disponible en ligne à : <http://bonap.net/napa> [Visité le 06-12-16].
- KRUSCHKE, E.P., 1965. Contributions to the taxonomy of *Crataegus*. Milwaukee Public Museum Publications in Botany, n° 3, 273 p.
- MACKLIN, J.A., J.B. PHIPPS et D.E. BOUFFORD, 2000. Charles Sargent's type concept: A guide to interpreting his names in *Crataegus* (Rosaceae). Harvard Papers in Botany, 5 (1): 123-128.
- MARIE-VICTORIN, Fr., 1922. Esquisse systématique et écologique de la flore dendrologique d'une portion de la rive sud du Saint-Laurent, aux environs de Longueuil, P. Q. Contributions du Laboratoire de Botanique de l'Université de Montréal, Montréal, 33 p.
- NATURESERVE. 2015. NatureServe Explorer: An online encyclopedia of life [Web application]. Version 7.1. NatureServe, Arlington, Virginia, U.S.A. Disponible en ligne à : www.natureserve.org/explorer [Visité le 16-04-17].
- PALMER, E.J., 1925. Synopsis of North American *Crataegi*. Journal of the Arnold Arboretum, 6: 5-128.
- PALMER, E.J., 1950. *Crataegus* Linnaeus. Dans : M.L., FERNALD. Gray's Manual of Botany, 8th edition. American Book Company, New York, p. 796.
- PALMER, E.J., 1952. *Crataegus* Linnaeus. Dans : H.A., GLEASON. The New Britton and Brown Illustrated Flora of the Northeastern U.S. and Adjacent Canada. 3 volumes. New York, Volume 2, p. 338-375.
- PHIPPS, J.B., 2012. Critical taxa in *Crataegus* series *Molles* (Rosaceae): typification, new combination, and taxonomic review. Phytoneuron, 78: 1-23.
- PHIPPS, J.B., 2014. *Crataegus* Linnaeus. Dans : Flora of North America Editorial Committee (édit.). 1993+. Flora of North America North of Mexico. 20+ volumes. Oxford University Press, New York et Oxford, Volume 9, p. 491-643. Disponible en ligne à : <http://floranorthamerica.org/>.
- PHIPPS, J.B. et M. MUNIYAMMA, 1980. A taxonomic revision of *Crataegus* (Rosaceae) in Ontario. Canadian Journal of Botany, 58: 1621-1699.
- SABOURIN, A., 2002. Les aubépines (*Crataegus*) du Québec au printemps. Ludoviciana, 30: 18-30.
- SABOURIN, A., 2003. Additions et corrections : Les aubépines (*Crataegus*) du Québec au printemps. Ludoviciana, 31: 36-37.
- SABOURIN, A., 2016. Mise à jour de la clé des aubépines (*Crataegus*) du Québec au printemps. Disponible en ligne à : www.floraquebeca.qc.ca [Visité le 07-12-16].
- SARGENT, C.S., 1901a. Notes on a collection of *Crataegus* made in the province of Quebec near Montreal. Rhodora, 3 (28): 71-79.
- SARGENT, C.S., 1901b. New or little known North American Trees II. Botanical Gazette, 31: 1-16.
- TALENT, N. et T.A. DICKINSON, 2005. Polyploidy in *Crataegus* and *Mespilus* (Rosaceae, Maloideae): evolutionary inferences from flow cytometry of nuclear DNA amounts. Canadian Journal of Botany, 83: 1268-1304.
- WELDY, T., D. WERIER et A. NELSON, 2015. New York flora atlas. New York Flora Association, Albany, New York. Disponible en ligne à : <http://newyork.plantatlas.usf.edu> [Visité le 12-11-15].

Annexe

Partie A : Liste des occurrences de l'aubépine du Canada

Les occurrences ci-dessous représentent toutes les récoltes connues et validées au Québec de l'aubépine du Canada (*Crataegus canadensis*). Elles sont présentées par région administrative, d'ouest en est et d'après des récoltes consultées des herbiers MT, QFA et QUE. Les coordonnées ont été prises avec un appareil GPSmap 76CSx de marque Garmin; la précision est généralement d'environ 3 mètres.

Montérégie : 16 occurrences récentes

- MRC Roussillon, Léry*, Woodlands, à l'est de la jonction des boulevards de Léry et René-Lévesque, 45° 21' 28" N., 73° 46' 55" O. Friche arborée sur dolomie, au bord d'un chemin graveleux, 10 juin 2009, *A. Sabourin et P. Geoffrion 2940* (MT); dernière observation, 17 juin 2015.
- MRC Roussillon, Châteauguay, centre écologique Fernand-Seguain, à l'ouest du boulevard Brisebois, 45° 20' 36" N., 73° 46' 18" O. Friche arbustive et arborée à l'orée de la forêt, sur dolomie, 11 juin 2009, *A. Sabourin et P. Geoffrion 2941* (MT).
- MRC Roussillon, Châteauguay, île Saint-Bernard*, au nord-ouest, 45° 23' 48" N., 73° 45' 51" O. Orée de la forêt et au bord d'un sentier, sur dolomie, 21 mai 2015, *A. Sabourin et M. Lamond 3697* (MT); dernière observation, 30 juin 2016.
- MRC Roussillon, Kahnawake, propriété Goodleaf, près de la route 132-138, environ 45° 23' 20" N., 73° 41' 42" O. Friche à aubépines sur calcaire, 5 juin 2004, *A. Sabourin, A. Lapointe, A. Bergeron, S. Bailleul, D. Paquette, L. Brisson et A. Legault 2512* (MT).
- MRC Roussillon, Kahnawake, avant l'entrée du village, en bordure de la route 207 et près d'un ruisseau, 45° 24' 14" N., 73° 40' 24" O. Arbustaie arborée sur talus calcaire, 30 septembre 2009, *S.M. Bailleul 10-2002b* (MT).
- MRC Roussillon, Saint-Constant Ouest, terres adjacentes au territoire autochtone de Kahnawake, près de l'autoroute 30 et à l'ouest de la montée Saint-Régis, 45° 22' 37" N., 73° 37' 16" O. Friche arbustive à l'orée du bois, 2 juin 2009, *G. Claude 09-13* (MT)
- MRC Roussillon, Sainte-Catherine Ouest*, au sud et près de l'extrémité de la rue Pasteur, 45° 23' 30" N., 73° 36' 07" O. Orée de la forêt sur un talus, dans un secteur calcaire, 17 juin 2015, *A. Sabourin 3720* (MT); dernière observation, 18 août 2015.
- MRC Roussillon, Sainte-Catherine Est, au nord-ouest de la jonction de la route 132 et du boulevard des Écluses, 45° 23' 8" N., 73° 33' 19" O. Friche arborée sur argile longeant la rivière du Portage, 26 mai 2016, *A. Sabourin et B. Couture 3875* (MT).
- MRC Roussillon, Saint-Constant Est*, près de la jonction du chemin de la Petite-Côte et de la montée

de Lasaline, 45° 21' 23" N., 73° 32' 35" O. Sur le talus d'un fossé de route, dans un secteur calcaire, 17 juin 2015, *A. Sabourin 3721* (MT); dernière observation, 15 septembre 2015.

- MRC Roussillon, Candiac, parc de la Promenade, près de la jonction du boulevard Marie-Victorin et du chemin Saint-François-Xavier, 45° 23' 59" N., 73° 31' 33" O. En bordure d'une haie arborée, 21 mai 2016, *A. Sabourin et D. Sabourin 3868* (MT).
- MRC Roussillon, Laprairie, près de la voie de desserte de l'autoroute 30 et à l'ouest de la route 104, 45° 23' 35" N., 73° 28' 07" O. Sur le bord d'une clôture à l'orée d'une forêt feuillue humide sur argile, 21 mai 2016, *A. Sabourin et D. Sabourin 3866* (MT).
- MRC Longueuil, Brossard, au sud-ouest de la jonction du boulevard de Grande-Allée et de l'autoroute 30, 45° 27' 04" N., 73° 24' 30" O. À l'orée d'un bois sur un talus de fossé en bordure d'un champ cultivé, 20 mai 2017, *A. Sabourin 4014* (MT).
- MRC Longueuil, Longueuil*, parc régional Michel-Chartrand, au nord du boulevard Curé-Poirier Est, 45° 32' 45" N., 73° 28' 12" O. Orée de la forêt et au bord d'un sentier, sur argile, 21 mai 2016, *A. Sabourin et D. Sabourin 3862* (MT).
- MRC Longueuil, Saint-Hubert, parc Fonrouge, au nord-ouest de la jonction des rues Cuvillier et Campeau, 45° 31' 06" N., 73° 26' 33" O. Friche sur un talus de remblai argileux, 21 mai 2016, *A. Sabourin et D. Sabourin 3863* (MT).
- MRC Longueuil, Boucherville*, au nord-est de la jonction de la rue de Touraine et du boulevard de Montarville, 45° 34' 32" N., 73° 24' 34" O. Friche arborée et arbustive près d'un champ en friche, sur argile, 18 juin 2015, *A. Sabourin 3723* (MT); dernière observation, 18 août 2015.
- MRC Le Haut-Richelieu, Saint-Jean-sur-Richelieu, secteur Saint-Luc*, au nord de la route 104 et à l'ouest de la rivière L'Acadie, 45° 22' 48" N., 73° 22' 30" O. Orée d'une forêt, sur la haute berge argileuse de la rivière, 17 juin 2015, *A. Sabourin 3722* (MT); dernière observation, 18 août 2015.

Laval : 3 occurrences récentes

- MRC Laval, Chomedey*, bois Chomedey, au sud de la jonction des boulevards du Souvenir et Daniel-Johnson, 45° 33' 06" N., 73° 44' 20" O. Clairière arbustive et arborée sur affleurements calcaires, 24 mai 2016, *A. Sabourin 3870* (MT).
- MRC Laval, Duvernay-Est, sentier Le Totem, au sud de l'avenue Marcel-Villeneuve et à l'ouest d'une voie ferrée, 45° 39' 35" N., 73° 37' 46" O. Friche arborée à côté d'un sentier, sur calcaire; dernière observation, 10 juin 2015.

* Localités où les prises de mesures ont été effectuées en 2015 et 2016.

- MRC Laval, Saint-François, à l'ouest de la rue de la Clairière et au sud de l'avenue Marcel-Villeneuve, 45° 40' 12" N., 73° 35' 40" O. Haie arbustive sur argile dans un champ abandonné, 17 mai 2012, A. Sabourin 3272 (MT); dernière observation, 10 juin 2015.

Cinq occurrences historiques (plus de 20 ans)

Montréal: 3 occurrences, dont 1 extirpée

- MRC Montréal, parc Jarry, environ 45° 31' 58" N., 73° 37' 45" O., 25 mai 1932, A. Robert 65 (MT); la recherche infructueuse du 15 septembre 2016, par A. Sabourin, nous porte à croire que le *C. canadensis* est disparu de ce site.
- MRC Montréal, Outremont, environ 45° 30' 43" N., 73° 36' 06" O., 30 mai 1923, Fr. Marie-Victorin et J. Brunel 56 (MT).
- MRC Montréal, Montréal, site indéterminé, 2 juin 1935, A. Robert et J.-P. Bernard 1582 (QFA)

Montréal: 2 occurrences, dont 1 extirpée

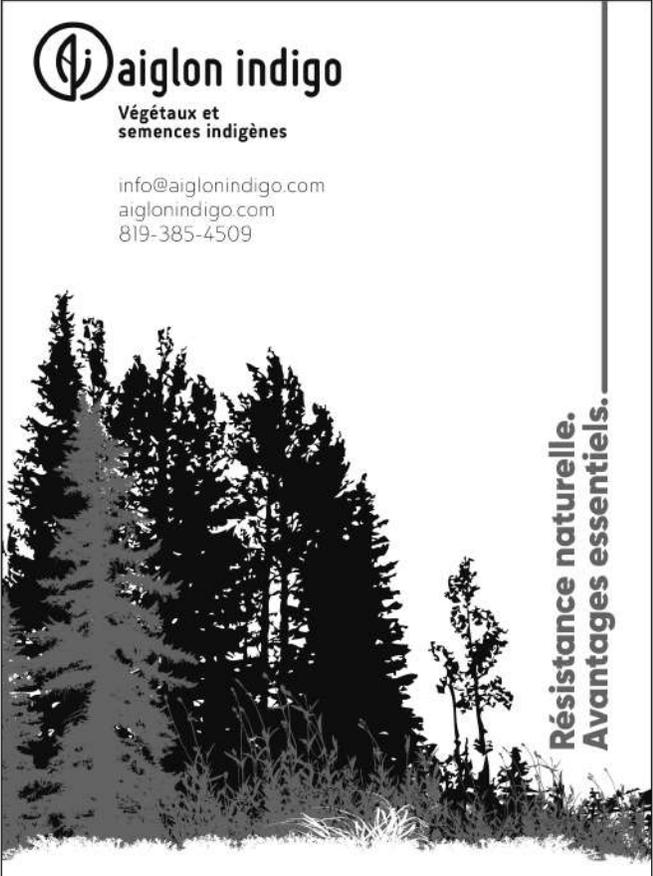
- MRC Beauharnois-Salaberry, Beauharnois, île à Thomas, bois, environ 45° 19' 52" N., 73° 51' 19" O., 29 juin 1965, M. Morency 450 (MT)
- MRC Roussillon, Laprairie, cimetière, environ 45° 24' 42" N., 73° 28' 57" O., 25 mai 1933, Fr. Irénée-Marie 306-16 (MT); la recherche infructueuse du 21 juin 2016, par A. Sabourin et D. Sabourin, nous amène à croire que le *C. canadensis* est disparu de ce site.

Partie B: Liste des 4 localités dans les Basses-Laurentides où les observations et prises de mesures ont été faites en 2015 et 2016 seulement chez l'aubépine subsoyeuse (*Crataegus submollis*)*.

Ce sont, d'ouest en est:

- MRC Deux-Montagnes, Saint-Placide, au nord du village et à l'est de la montée Saint-Vincent, 45° 32' 06" N., 74° 12' 08" O. Friche arbustive et arborée, 23 juillet 2015, A. Sabourin; dernière observation, 13 septembre 2016.
- MRC Mirabel, Saint-Augustin, Côte-des-Anges Nord, au nord de la voie ferrée, 45° 38' 40" N., 74° 01' 57" O. Orée de la forêt et haie bordant la voie ferrée, 3 juillet 2015, A. Sabourin; dernière observation, 4 novembre 2016.
- MRC Mirabel, parc régional du Domaine-Vert, au sud du ruisseau Lockheed, 45° 39' 14" N., 73° 53' 18" O. Sur le haut de la berge argileuse de la rive gauche du ruisseau, 17 août 2015, A. Sabourin.
- MRC Thérèse-de-Blainville, Blainville, rue Legault au nord du chemin de la Côte-Saint-Louis-Est, 45° 40' 26" N., 73° 50' 37" O. Friche arborée et arbustive en bordure de la rue, 19 août 2015, A. Sabourin.

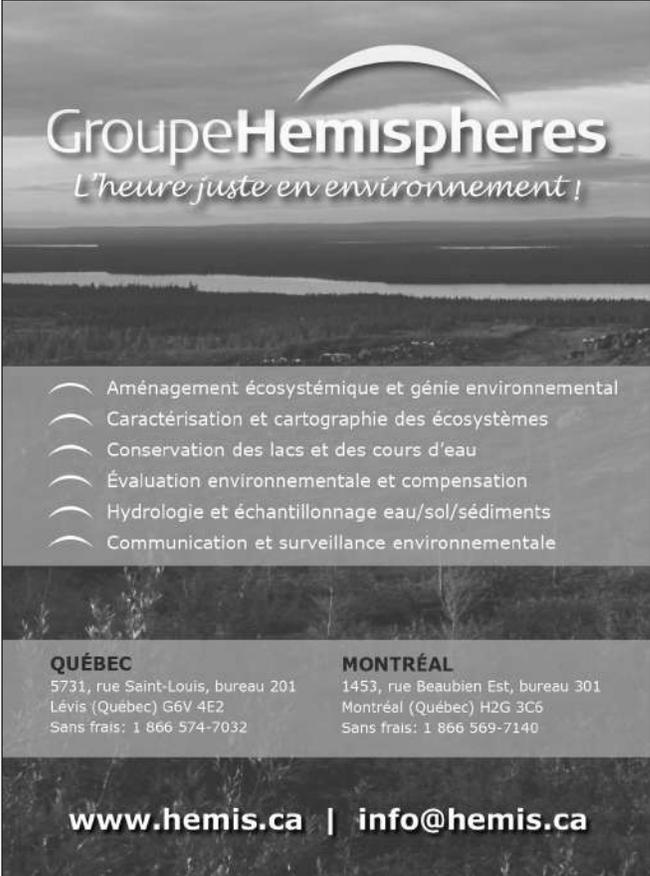
* D'autres observations ont été faites dans 4 des mêmes localités que celles de l'aubépine du Canada (*C. canadensis*): Sainte-Catherine Ouest, Longueuil et Boucherville, en Montérégie, et Chomedey, à Laval (voir la partie A).



Aiglon indigo
Végétaux et semences indigènes

info@aiglonindigo.com
aiglonindigo.com
819-385-4509

Résistance naturelle. Avantages essentiels.



Groupe Hemispheres
L'heure juste en environnement!

- Aménagement écosystémique et génie environnemental
- Caractérisation et cartographie des écosystèmes
- Conservation des lacs et des cours d'eau
- Évaluation environnementale et compensation
- Hydrologie et échantillonnage eau/sol/sédiments
- Communication et surveillance environnementale

QUÉBEC
5731, rue Saint-Louis, bureau 201
Lévis (Québec) G6V 4E2
Sans frais: 1 866 574-7032

MONTRÉAL
1453, rue Beaubien Est, bureau 301
Montréal (Québec) H2G 3C6
Sans frais: 1 866 569-7140

www.hemis.ca | info@hemis.ca

Changements climatiques: défis et perspectives pour les plantes vasculaires en situation précaire au Québec

Yanick Gendreau¹, Audrey Lachance², Marylène Ricard², Hélène Gilbert²,
Nicolas Casajus³ et Dominique Berteaux³

Résumé

Les espèces en situation précaire comptent parmi les plus sensibles aux changements climatiques. Nous avons documenté les effets potentiels de ceux-ci sur les 409 plantes vasculaires en situation précaire au Québec. Nous avons quantifié les modifications potentielles des aires de répartition de 131 d'entre elles avec des modèles de niche bioclimatique et évalué la vulnérabilité des 409 plantes avec un indice de vulnérabilité aux changements climatiques. Nos résultats suggèrent que les conditions climatiques pourraient devenir favorables à plusieurs plantes en situation précaire au Québec. La province pourrait devenir un refuge climatique pour celles pour lesquelles les conditions climatiques deviendraient défavorables aux États-Unis. Toutefois, notre étude révèle que la vitesse de déplacement des niches bioclimatiques des plantes risque de dépasser largement leur capacité de déplacement. Ainsi, il pourrait être impossible pour celles-ci d'étendre naturellement leur répartition dans la province. De plus, 57,7 % des espèces étudiées sont considérées comme vulnérables aux changements climatiques. Les plus vulnérables sont celles ayant une répartition périphérique sud et celles associées aux habitats arctiques-alpins, à l'estuaire et au golfe du Saint-Laurent. Des recommandations sont formulées afin d'intégrer des stratégies d'adaptation aux changements climatiques à la gestion des plantes vasculaires en situation précaire et de leurs habitats au Québec.

MOTS CLÉS : aire de répartition, changements climatiques, conservation, plantes rares, vulnérabilité

Abstract

Species at risk are among the most sensitive to climate change. The present study investigated the potential impacts of climate change on the 409 vascular plant species at risk found in Québec (Canada). A vulnerability index was used to evaluate their susceptibility to climate change, and ecological niche models were used to quantify potential changes in the distribution of 131 of them. Results suggest that climatic conditions in Québec could become suitable for many of the plant species at risk, and that the province could serve as a climate refuge for those for which conditions become unsuitable in the United States of America. However, the study revealed that the ecological niche of plant species may move faster than their capacity for dispersal. Thus it may be impossible for many plants to naturally expand their distribution range within the province. In total, 57.7% of the studied species were found to be susceptible to climate change, with the most vulnerable being those with a southern peripheral distribution, and those associated with arctic-alpine habitats or with the St. Lawrence gulf and estuary. Recommendations are made to incorporate climate change mitigation strategies into the management of plant species at risk and their habitats.

KEYWORDS: climate change, conservation, distribution range, rare plant species, vulnerability

Introduction

Les espèces en situation précaire font souvent partie des éléments considérés dans l'élaboration de stratégies de conservation. Par exemple, dans l'établissement de certaines aires protégées, leur protection peut constituer un enjeu prioritaire. Les scientifiques considèrent que la sauvegarde des espèces en situation précaire peut avoir un effet parapluie en permettant la protection d'un grand nombre d'espèces plus communes (Lawler et collab., 2003). Par ailleurs, il a été

démonstré que les espèces rares, qui possèdent souvent des traits biologiques uniques, remplissent au sein des écosystèmes des fonctions qui ne sont pas prises en charge par les espèces plus communes (Mouillot et collab., 2013). Il est donc justifié

Yanick GENDREAU (biologiste, Ph. D.; yanick.gendreau@dfo-mpo.gc.ca) travaille à l'Institut Maurice-Lamontagne de Pêches et Océans Canada. Audrey LACHANCE (technicienne de la faune, botaniste; audrey.lachance@coop-ecologie.com), Marylène RICARD (biologiste, M. Sc.; marylene.ricard@coop-ecologie.com) et Hélène GILBERT (bio-écologiste, M. Sc., botaniste; helene.gilbert@coop-ecologie.com) sont consultant au Bureau d'écologie appliquée. Nicolas CASAJUS (M. Sc., biostatistique et modélisation; nicolas_casajus@uqar.ca) est professionnel de recherche à la Chaire de recherche du Canada en biodiversité nordique de l'Université du Québec à Rimouski. Dominique BERTEAUX (biologiste, Ph. D.; dominique_berteaux@uqar.ca) est professeur à l'Université du Québec à Rimouski, où il est titulaire de la Chaire de recherche du Canada en biodiversité nordique.

de leur accorder de l'importance dans l'élaboration et la mise en œuvre des stratégies de conservation de la biodiversité.

Les changements climatiques sont considérés comme l'une des menaces les plus importantes du 21^e siècle pour la biodiversité (Leadley et collab., 2010; Pereira et collab., 2010; Urban, 2015). Bien que toutes les espèces soient potentiellement vulnérables aux changements climatiques (Foden et collab., 2013), celles en situation précaire sont parmi les plus sensibles à ces changements (Brook et collab., 2008; Ralston et collab., 2017). Les espèces qui ont une répartition géographique limitée ou des effectifs restreints, caractéristiques de la plupart des espèces en situation précaire, sont plus sensibles aux effets stochastiques (événements aléatoires susceptibles d'affecter une espèce) (Brook et collab., 2008; Pearson et collab., 2014). De cette faible abondance découle un pool génétique plus limité, et donc une plus faible capacité d'adaptation à de nouvelles conditions environnementales (Parmesan, 2006; Williams et collab., 2008). La pression exercée par les changements climatiques vient également s'ajouter à d'autres menaces, comme la perte d'habitats, pour créer des effets synergiques susceptibles d'accroître le risque d'extinction de certaines espèces (p. ex., Gallardo et Aldridge, 2013). Pour ces raisons, il s'avère essentiel de considérer désormais les effets potentiels des changements climatiques sur les espèces en situation précaire afin d'en assurer la survie à long terme.

Pour outiller les gestionnaires dans l'élaboration de stratégies d'adaptation, nous avons documenté les effets potentiels des changements climatiques sur les plantes vasculaires en situation précaire du Québec (espèces désignées menacées ou vulnérables, espèces susceptibles d'être ainsi désignées et espèces vulnérables à la récolte en vertu de la *Loi sur les espèces menacées ou vulnérables* [L.R.Q., c. E-12.01]). Les analyses ont été réalisées suivant 2 approches : 1) des modèles de niche bioclimatique ont permis de quantifier les modifications futures potentielles de l'aire de répartition de 131 espèces; 2) nous avons aussi évalué la vulnérabilité aux changements climatiques de toutes les plantes en situation précaire au Québec, soit 409 espèces (<http://www.cdpnq.gouv.qc.ca/pdf/plantesVasculairesWeb.pdf>), avec l'Indice de vulnérabilité aux changements climatiques (IVCC) développé par NatureServe (Young et collab., 2011). Ces 2 approches procurent des informations complémentaires (les modèles de niche analysent les changements potentiels de répartition, alors que l'IVCC utilise les caractéristiques biologiques des espèces pour évaluer leur vulnérabilité aux changements climatiques) et permettent de dresser le portrait le plus juste possible des effets potentiels des changements climatiques sur les espèces analysées. À partir de nos résultats, des recommandations ont été formulées afin d'intégrer aux plans de conservation les stratégies d'adaptation aux changements climatiques les plus appropriées pour les plantes en situation précaire au Québec.

Méthodes

Aire d'étude

L'évaluation des modifications de l'aire de répartition potentielle des plantes en situation précaire (approche 1) a été réalisée dans une zone qui couvre le sud du Québec, excluant

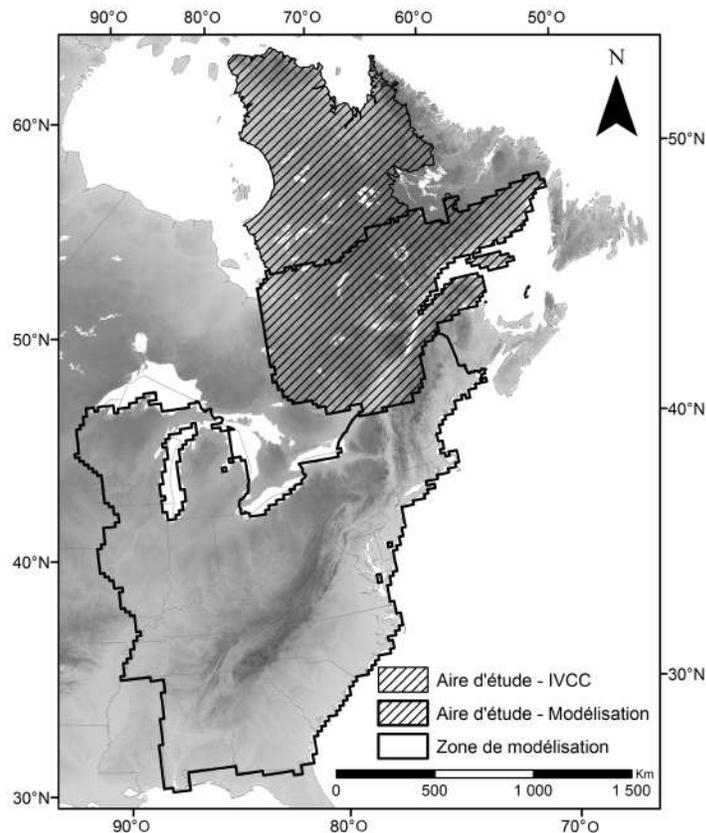


Figure 1. Aires d'étude pour la modélisation des niches bioclimatiques et l'application de l'Indice de vulnérabilité aux changements climatiques (IVCC).

les Îles-de-la-Madeleine (lat. de 45° N à 53° N, 860 800 km²) (figure 1). L'aire d'étude est limitée au nord par la disponibilité des données d'occurrence des espèces, qui deviennent trop fragmentaires au-delà de 53° N. La zone utilisée pour la calibration des modèles de niche bioclimatique inclut également l'est des États-Unis, et ce, afin de capter l'ensemble du gradient climatique de la répartition actuelle des espèces. Les analyses de vulnérabilité (approche 2) couvrent, quant à elles, l'ensemble de la province de Québec, soit près de 1,7 million de km². Dans les 2 cas, l'aire d'étude a été divisée en cellules de 20 km × 20 km et les données d'occurrence et climatiques nécessaires pour les analyses ont été associées à chacune de ces cellules.

Données sur les espèces et données climatiques

La modélisation des niches bioclimatiques requiert des données d'occurrence des espèces et des données climatiques couvrant en bonne partie l'est de l'Amérique du Nord. En effet, en raison du déplacement anticipé des espèces vers le nord, il est nécessaire d'intégrer la répartition plus au sud afin de capter le gradient climatique de la répartition actuelle des espèces pour ensuite modéliser leur répartition potentielle.

Les données d'occurrence pour le Québec ont été fournies par le Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec (CDPNQ). Les données d'occurrence pour les États-Unis ont été téléchargées sur le site Internet de la USDA Plants

Database (USDA et NRCS, 2011). Le statut de précarité des plantes et leur type de répartition, le type d'habitat, l'affinité géologique et les groupes taxonomiques proviennent des documents du CDPNQ (2008, 2014).

Les données climatiques ont été fournies par le consortium Ouranos dans le cadre du projet CC-Bio (<http://cc-bio.uqar.ca>; Berteaux et collab., 2010). Ces données décrivent le climat pour la période de référence 1961-1990 et pour les horizons futurs 2041-2070 (appelé horizon 2050 par la suite) et 2071-2100 (appelé horizon 2080 par la suite). Les valeurs de plusieurs variables climatiques pour la période de référence et les valeurs futures potentielles pour les horizons 2050 et 2080 ont été reportées sur la grille de 20 km × 20 km – voir Casajus et collab. (2016) pour de plus amples informations.

Modèles de niche bioclimatique

Principe

Il est possible de projeter dans le futur la répartition potentielle de l'habitat d'une espèce à l'aide de modèles statistiques. Pour ce faire, on quantifie sa niche bioclimatique (ou espace climatique favorable) en corrélant sa répartition actuelle observée avec différentes variables climatiques mesurées durant une période de référence (1961-1990 dans ce cas). Lorsqu'il est possible d'établir une telle corrélation, il s'agit ensuite de remplacer les valeurs des variables climatiques de la période de référence par celles anticipées (2080 dans ce cas). On peut déterminer ainsi la nouvelle position de la niche bioclimatique de l'espèce, qui sera interprétée comme étant sa répartition potentielle pour la période ciblée.

Il est important d'insister sur le terme potentiel, puisqu'il est possible qu'une espèce ne soit pas en mesure de s'établir dans une zone climatique qui lui devient favorable. Par exemple, les modèles de niche bioclimatique ne tiennent pas compte des relations interspécifiques, comme la compétition avec les espèces déjà établies ou les relations plantes/pollinisateurs. De plus, une espèce pourrait ne pas migrer assez vite pour suivre le déplacement de sa niche bioclimatique. Malgré ces contraintes, les modèles de niche bioclimatique sont des outils d'analyse concrets, visuels et très puissants puisqu'ils peuvent être appliqués simultanément à des centaines d'espèces à l'échelle de vastes étendues géographiques. Lorsqu'ils sont appliqués à un grand nombre d'espèces, ces modèles peuvent donner de bonnes indications sur la pression de changement exercée par les changements climatiques sur leur répartition. Nous référons le lecteur à Berteaux et collab. (2014) pour de plus amples explications sur ces modèles.

Modélisation

La répartition potentielle de 131 plantes vasculaires en situation précaire a été projetée pour l'horizon 2080 (annexe). Les espèces en situation précaire retenues sont celles pour lesquelles les modèles élaborés parvenaient à prédire avec justesse la répartition au Québec pour la période de référence (validation croisée avec 30 % des données et évaluation des modèles avec métrique de classification *area under the ROC*

curve [AUC] – voir Casajus et collab., 2016). Les variables climatiques suivantes ont été retenues pour les modèles de niche : les précipitations annuelles totales; le nombre de degrés-jours de croissance entre le dernier jour de gel au printemps et le premier jour de gel à l'automne; la balance hydrique (nombre de degrés-jours > 5 °C / précipitations annuelles totales). Ces variables présentent un très faible degré d'autocorrélation et définissent les principaux axes climatiques. Pour 28 espèces calcicoles (CDPNQ, 2008), les résultats des modèles de niche bioclimatique ont été filtrés afin que la répartition future potentielle ne contienne que des substrats calcaires.

Les niches bioclimatiques ont été modélisées selon la méthodologie présentée dans Berteaux et collab. (2010) et Casajus et collab. (2016). La modélisation pour chaque espèce a été réalisée en utilisant différentes approches statistiques, comme l'ont recommandé Thuiller (2004) et Araújo et New (2006). Ces analyses ont été réalisées sur la plateforme BIOMOD (Thuiller et collab., 2009) développée pour le logiciel libre R (R Development Core Team, 2012). À partir de l'ensemble des résultats obtenus, chaque modèle a été projeté pour la période de référence ainsi que pour l'horizon futur. Les projections, pour chaque espèce et pour une période donnée, ont ensuite été agrégées en une seule grâce à la technique de consensus de la moyenne pondérée (Marmion et collab., 2009). Finalement, les valeurs de probabilités d'occurrence (résultat brut issu des modèles) ont été converties en données de présence/absence en déterminant un seuil selon Liu et collab. (2005).

Analyses

À partir des résultats des modèles de niche bioclimatique, la somme du nombre d'espèces présentes dans chaque cellule de la grille au Québec a été calculée afin d'obtenir le patron potentiel de distribution de la richesse spécifique durant la période de référence et pour l'horizon 2080. Par la suite, les gains ou les pertes relatifs de l'aire de répartition potentielle pour chaque espèce ont été évalués pour le Québec et les États-Unis avec la formule suivante :

$$\frac{(\text{Nombre de cellules gagnées en 2080} - \text{Nombre de cellules perdues en 2080})}{\text{Nombre de cellules occupées pendant la période de référence}}$$

Une valeur positive indique un gain relatif, alors qu'une valeur négative indique une perte relative de répartition potentielle en 2080 par rapport à la période de référence.

Comme il a été discuté précédemment, plusieurs contraintes sont susceptibles de limiter le déplacement et l'établissement d'une espèce dans une zone climatique nouvellement favorable. L'intégration de ces contraintes pour l'ensemble des espèces évaluées est un travail complexe. Par exemple, il existe peu d'information sur la vitesse de colonisation des espèces analysées. Ainsi, pour tenter d'anticiper la répartition future réelle des espèces étudiées, les analyses ont été réalisées suivant 2 scénarios de dispersion distincts : un scénario qui permet un déplacement sans aucune contrainte des espèces (déplacement illimité) et un scénario selon lequel les espèces ne peuvent se déplacer (sans déplacement) (figure 2).

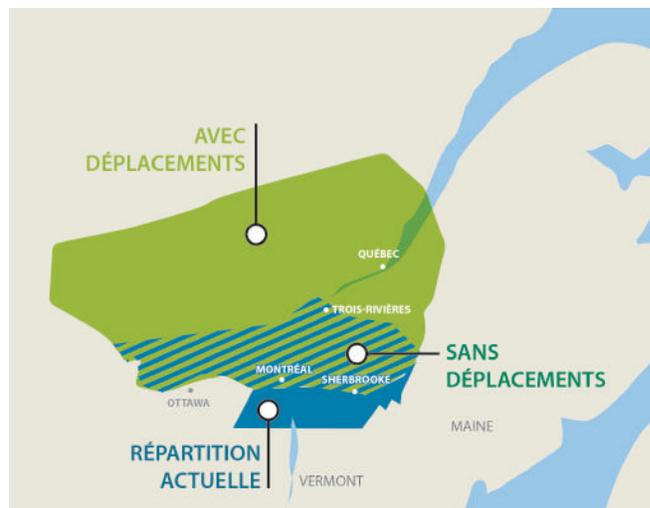
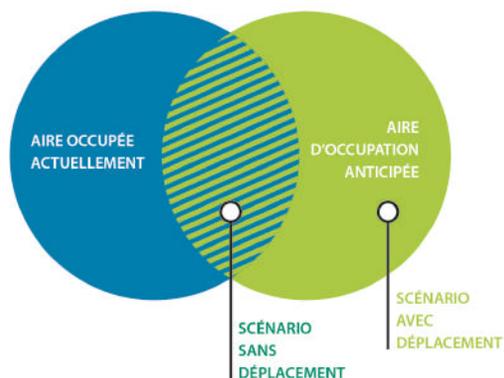


Figure 2. Illustration du concept de répartition potentielle avec ou sans déplacement.

Cette approche, bien qu'imparfaite, permet, en comparant ces deux extrêmes, de mettre en lumière les effets potentiels des contraintes liées au déplacement sur les gains ou les pertes relatifs de l'aire de répartition potentielle de ces espèces.

Pour estimer la vitesse de déplacement des niches bioclimatiques, la limite nord de répartition de chaque espèce a été établie en calculant la latitude moyenne des 10 % des occurrences les plus nordiques (pour la période de référence et pour l'horizon 2080). Ensuite, la distance entre les limites pour ces 2 périodes a été mesurée. Cette distance a permis d'estimer la vitesse de déplacement de la niche bioclimatique en km/décennie pour chaque espèce. Ces analyses ont toutes été réalisées à l'aide du logiciel R (R Development Core Team, 2012).

Indice de vulnérabilité aux changements climatiques (IVCC)

Principe

L'IVCC est un outil développé par NatureServe qui se présente comme une grille de calcul dans le logiciel Microsoft Excel (version 2.1; Young et collab., 2011). L'IVCC évalue la vulnérabilité des espèces aux changements climatiques selon leur exposition à ces changements et leur sensibilité. L'exposition aux changements climatiques est quantifiée dans l'aire d'étude entre la période de référence et la période projetée, calibrée pour l'horizon 2050 dans l'IVCC. La sensibilité des espèces est évaluée grâce à une série de critères qui sont susceptibles d'affecter la capacité des espèces à s'adapter aux nouvelles conditions climatiques. Ainsi, une espèce qui n'est pas exposée aux changements climatiques ou qui n'y est pas sensible ne sera pas considérée comme vulnérable.

Calcul de l'indice

L'IVCC a été calculé pour 409 espèces de plantes en situation précaire au Québec (annexe). L'indice compte quatre composantes distinctes. L'exposition directe (1) aux changements climatiques, quantifiée en termes d'amplitude des changements de température et d'évapotranspiration,

a été évaluée à l'aide des données climatiques du projet CC-Bio pour l'horizon 2050 (voir la section Données sur les espèces et données climatiques; Berteaux et collab., 2010). L'exposition indirecte (2) aux changements climatiques a été évaluée au moyen des facteurs susceptibles d'accroître les impacts des changements climatiques sur les espèces, à savoir la hausse prévue du niveau de la mer, la présence de barrières anthropiques ou physiques susceptibles d'entraver le déplacement des espèces et l'impact prévisible des changements d'utilisation du territoire résultant de la réponse humaine aux changements climatiques. La sensibilité (3) de chaque espèce aux changements climatiques est évaluée selon 16 facteurs (p. ex., la capacité de dispersion, la sensibilité aux changements de température ou les facteurs génétiques; voir Young et collab., 2011 pour la liste complète). Au moins 10 de ces facteurs doivent être évalués pour que l'IVCC puisse être calculé. L'évaluation des sections « sensibilité » et « exposition indirecte », qui nécessite une connaissance approfondie de la biologie des espèces, a été réalisée par Audrey Lachance et Hélène Gilbert, 2 botanistes d'expérience. Finalement, la section traitant des réponses documentées ou modélisées aux changements climatiques (4), optionnelle, n'a pas été complétée compte tenu de l'absence de données pour la grande majorité des plantes analysées. L'uniformisation de la méthode d'évaluation pour les 409 espèces a été privilégiée afin de faciliter l'interprétation des résultats et la comparaison entre les espèces.

Le calcul automatisé de l'IVCC permet d'associer chaque espèce à l'une des 6 classes de vulnérabilité présentées au tableau 1. Le lecteur est invité à consulter Young et collab. (2011) pour le détail du calcul de l'indice.

Analyses

Nous avons comparé les résultats obtenus avec l'IVCC pour différents regroupements d'espèces (statut de précarité, type de répartition, groupe taxonomique, type d'habitat et affinité géologique) avec des tests de G (similaires au chi-carré; Zar, 1999) réalisés avec le logiciel R (R Development Core

Tableau 1. Classes de vulnérabilité attribuées par l'Indice de vulnérabilité aux changements climatiques (IVCC; d'après Young et collab., 2011).

Classes de vulnérabilité	Définitions
Extrêmement vulnérable	L'abondance ou la répartition de l'espèce dans la zone d'analyse ont de très fortes chances de diminuer significativement ou de disparaître d'ici 2050.
Hautement vulnérable	L'abondance ou la répartition de l'espèce dans la zone d'analyse ont de fortes chances de diminuer significativement d'ici 2050.
Modérément vulnérable	L'abondance ou la répartition de l'espèce dans la zone d'analyse ont de fortes chances de diminuer d'ici 2050.
Non vulnérable/ Probablement stable	Les données disponibles ne suggèrent pas que l'abondance ou la répartition de l'espèce dans la zone d'analyse vont changer (augmenter/diminuer) substantiellement d'ici 2050. Les limites actuelles de répartition pourraient changer.
Non vulnérable/ Augmentation probable	Les données disponibles suggèrent que l'abondance ou la répartition de l'espèce dans la zone d'analyse ont de fortes chances d'augmenter d'ici 2050.
Données insuffisantes	Impossible d'octroyer une classe de vulnérabilité à partir des données actuelles.

Team, 2012). Lorsque l'effet d'une variable sur la vulnérabilité était confirmé, une analyse *a posteriori* (tests de G effectués entre chaque paire de groupes d'un même regroupement) permettait d'identifier les groupes les plus vulnérables.

Les types de répartition identifiés ont été tirés de CDPNQ (2008) : périphérique nord (la limite nord de l'aire de répartition en Amérique du Nord se situe au Québec); périphérique sud (la limite sud de l'aire de répartition se situe au Québec); périphérique est (la limite est de l'aire de répartition se situe au Québec); périphérique ouest (la limite ouest de l'aire de répartition se situe au Québec); disjointe (répartition caractérisée par une ou plusieurs aires isolées, très distantes de l'aire principale); sporadique (répartition vaste, mais disséminée); endémique (répartition limitée à une aire bien délimitée, espèce absente ailleurs dans le monde).

Résultats

Modèles de niche bioclimatique

Évolution de la richesse spécifique

L'analyse de l'évolution potentielle de la richesse spécifique de 131 espèces de plantes vasculaires en situation précaire au Québec montre des résultats divergents selon le scénario de déplacement des espèces considéré. Dans le scénario avec déplacement illimité, on observe une augmentation assez généralisée de la richesse spécifique potentielle d'ici 2080 (moyenne \pm écart-type: 34 ± 32 espèces par cellule en moyenne pour l'horizon 2080 comparativement à 11 ± 21 pour la période

de référence; figures 3a et 3b). Les conditions climatiques du Québec pourraient donc devenir favorables à un plus grand nombre d'espèces en situation précaire dans le futur. Suivant un scénario sans déplacement, la richesse spécifique pourrait toutefois diminuer légèrement dans l'aire d'étude (9 ± 13 espèces par cellule en moyenne; figure 3c). Ce résultat indique que, pour certaines plantes, les conditions climatiques qui étaient favorables dans certaines cellules durant la période de référence pourraient ne plus l'être en 2080.

Évolution de l'aire de répartition des espèces

Au Québec, l'étendue de la niche bioclimatique de chacune des 131 espèces de plantes à l'étude, c'est-à-dire leur aire de répartition potentielle, varie de -70% (perte; p. ex., *Calypso bulbosa* var. *americana*, *Carex formosa*, *Galearis rotundifolia*) à $25\,400\%$ (gain; p. ex., *Hyloidesmum nudiflorum*, *Panax quinquefolius*, *Allium tricoccum*) entre la période de référence et l'horizon 2080, selon les espèces, dans un scénario avec déplacement illimité (médiane = 858%). La plupart pourraient donc voir les conditions climatiques devenir plus favorables au Québec et étendre considérablement leur répartition si elles sont en mesure de suivre le déplacement de leur niche bioclimatique et de coloniser ces nouveaux territoires. Pour le scénario sans déplacement (dans lequel il ne peut y avoir de gain), les pertes varient de -100% (extirpation) à 0% (médiane = -8%). Suivant ce scénario, 5 espèces pourraient voir leur niche bioclimatique disparaître complètement du Québec d'ici 2080 (*Carex formosa*, *Cypripedium arietinum*, *Platanthera macrophylla*, *Pterospora andromedea* et *Spiranthes casei* var. *casei*). Pour faciliter la compréhension de ces résultats, la figure 4 illustre les changements potentiels de l'aire de répartition de 2 espèces de plantes en situation précaire au Québec. L'annexe présente les résultats de perte ou de gain potentiel pour chaque plante étudiée.

Selon nos modèles, la vitesse de déplacement moyenne de la limite nord de l'aire de répartition potentielle des 131 plantes analysées serait de 42 ± 8 km/10 ans (valeurs variant de 15,5 km/10 ans à 66 km/10 ans).

Indice de vulnérabilité aux changements climatiques (IVCC)

L'analyse avec l'IVCC indique que 57,7 % des plantes vasculaires en situation précaire du Québec sont vulnérables aux changements climatiques (figure 5). Les résultats de l'IVCC pour chacune des espèces sont présentés à l'annexe.

Les analyses par regroupements (figure 6) indiquent que la vulnérabilité des plantes aux changements climatiques varie selon le type de répartition ($G = 178$, $dll = 24$, $p < 0,0001$; figure 6a). Ainsi, les plantes avec une répartition disjointe (p. ex., *Iris virginica* var. *shrevei*) ou endémique (p. ex., *Adiantum viridimontanum*) sont plus vulnérables que celles avec une répartition périphérique nord (p. ex., *Acer nigrum*) ou sporadique (p. ex., *Hudsonia tomentosa*) (analyse *a posteriori*, $p < 0,001$). De plus, les plantes ayant une répartition périphérique sud (p. ex., *Cerastium arcticum*) sont

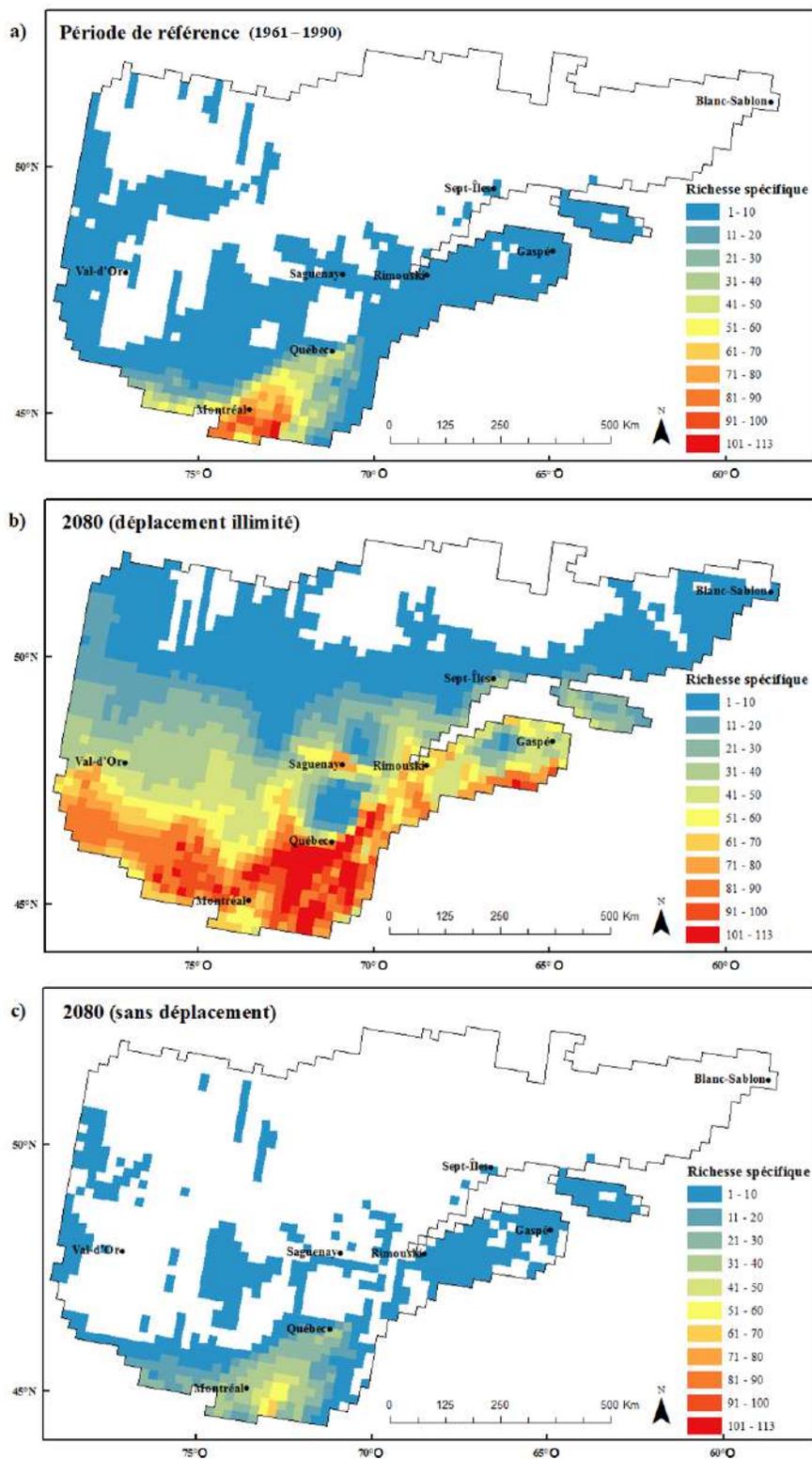


Figure 3. Patrons de distribution de la richesse spécifique potentielle (en nombre d'espèces par cellule) évalués pour : a) la période de référence (1961-1990); b) l'horizon 2080 dans un scénario avec déplacement illimité; c) l'horizon 2080 dans un scénario sans déplacement à partir des modèles de niche bioclimatique de 131 espèces de plantes en situation précaire au Québec.

plus vulnérables que les autres groupes (analyse *a posteriori*, $p < 0,001$), à l'exception de celles avec une répartition ouest. La vulnérabilité des espèces aux changements climatiques varie aussi en fonction des groupes taxonomiques ($G = 26,6$, $ddl = 12$, $p = 0,009$; figure 6b), alors que les orchidées apparaissent plus vulnérables que les ptéridophytes (analyse *a posteriori*, $p = 0,004$). De plus, la vulnérabilité des espèces varie d'un habitat à l'autre ($G = 133,7$, $ddl = 24$, $p < 0,0001$; figure 6c) et les plantes associées aux habitats arctiques-alpins (p. ex., *Oxytropis hudsonica*, *Athyrium distentifolium* var. *americanum*) sont plus vulnérables que les plantes associées aux autres habitats (analyse *a posteriori*, $p < 0,0001$). Les plantes qui occupent les habitats côtiers de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent (p. ex., *Cirsium scariosum* var. *scariosum*, *Gentianopsis virgata* ssp. *victorinii*) sont également plus vulnérables que celles associées aux habitats forestiers et sableux ainsi qu'aux milieux humides et à leurs rivages (analyse *a posteriori*, $p < 0,0001$). On remarque également que les plantes calcicoles et serpenticoles (c'est-à-dire basiphiles) sont plus vulnérables que celles sans affinité géologique particulière ($G = 58,7$, $ddl = 4$, $p < 0,001$; figure 6d). Finalement, le statut de précarité des espèces végétales a également un effet significatif sur leur vulnérabilité ($G = 26,8$, $ddl = 12$, $p = 0,008$; résultat non présenté). Toutefois, si l'on enlève les espèces vulnérables à la récolte (qui ne représentent que 9 espèces sur 409), il n'y a plus de différence significative en fonction du statut de précarité ($G = 14,9$, $ddl = 8$, $p = 0,06$).

Discussion

Notre étude révèle que, d'ici 2080, les conditions climatiques pourraient devenir favorables à un grand nombre de plantes vasculaires en situation précaire dans des secteurs où ces espèces sont actuellement absentes au Québec. Ce constat n'est pas surprenant, car la répartition de ces espèces est souvent limitée par le climat froid (Tardif et collab. 2005). De plus, 84,7% des plantes que nous avons modélisées ont une répartition de

Trichophorum clintonii
Type de répartition : Sporadique

Hylodesmum nudiflorum
Type de répartition : Périphérique nord

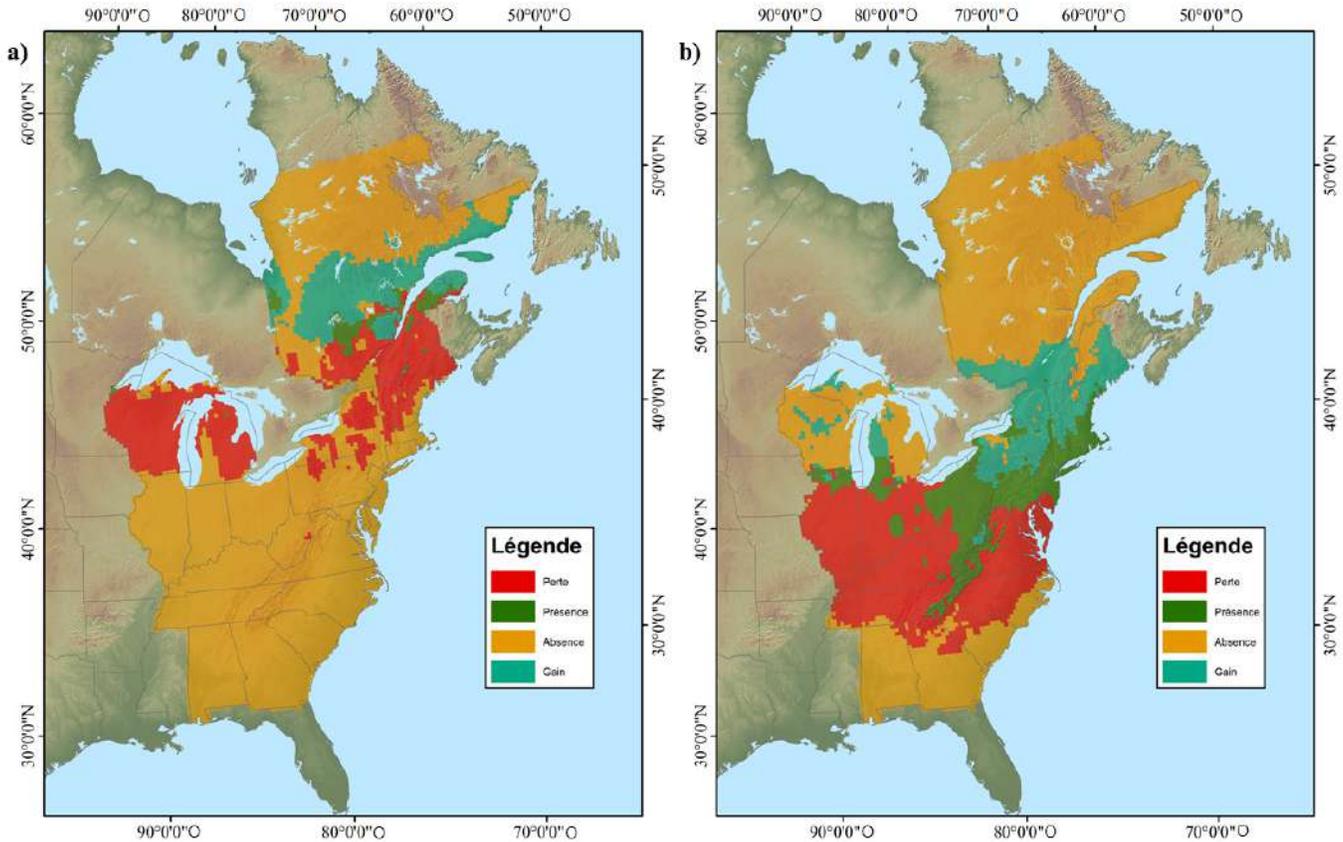


Figure 4. Changements potentiels de l'aire de répartition de 2 espèces en situation précaire au Québec entre la période de référence (1961-1990) et l'horizon 2080: a) *Trichophorum clintonii* (déplacement illimité: 100,2%; sans déplacement: -70,6%); b) *Hylodesmum nudiflorum* (déplacement illimité: 25400%; sans déplacement: 0%). Pour interpréter les cartes: la somme des zones verte et rouge représente la répartition modélisée pour la période de référence; l'addition des zones verte et turquoise illustre la répartition potentielle pour le scénario avec déplacement; la zone verte représente la répartition potentielle pour le scénario sans déplacement.

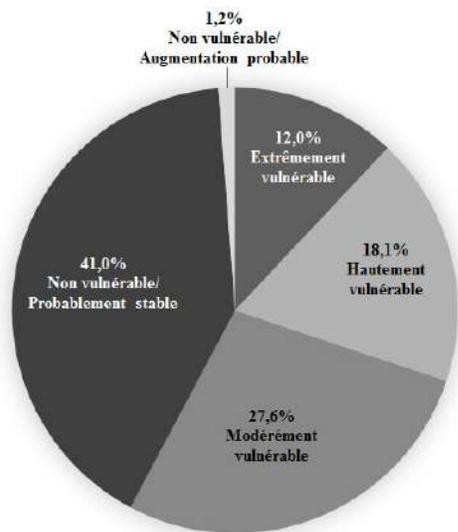
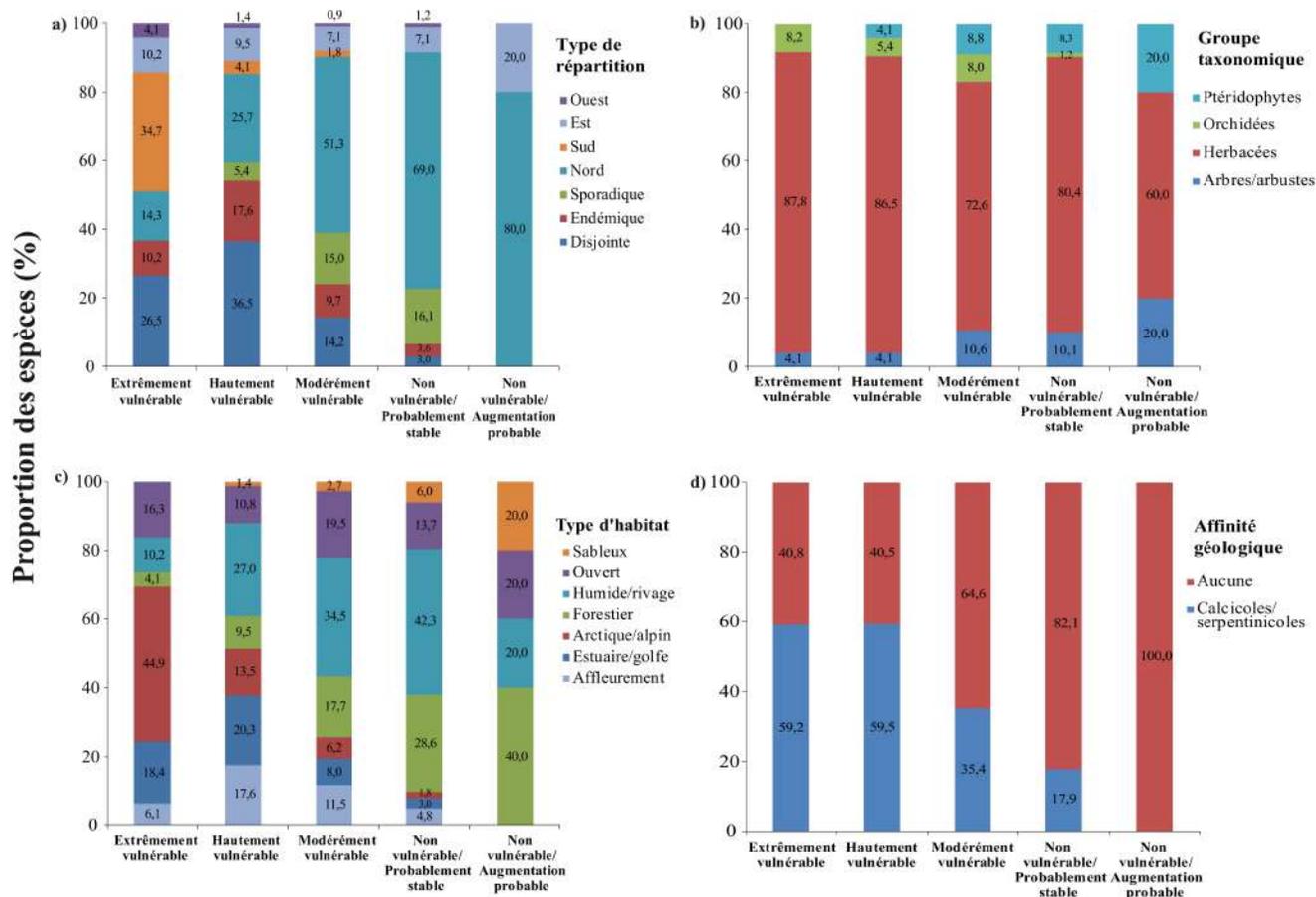


Figure 5. Proportion par classe de vulnérabilité de l'Indice de vulnérabilité aux changements climatiques (IVCC) pour 409 espèces de plantes en situation précaire au Québec.

type périphérique nord, et les résultats de l'IVCC révèlent que ces espèces sont parmi les moins vulnérables aux changements climatiques au Québec. Ainsi, avec le réchauffement du climat, l'expansion de l'aire de répartition de ces espèces au Québec pourrait être favorisée (Berteaux et collab., 2010), ce qui aurait du même coup pour effet d'augmenter le nombre de ces espèces (richesse spécifique) dans la majeure partie de l'aire d'étude. Toutefois, l'expansion nordique de l'aire de répartition des espèces demeure hypothétique puisqu'elle nécessite que ces dernières parviennent à migrer suffisamment vite pour suivre le déplacement de leur niche climatique et qu'elles soient en mesure de s'établir dans de nouveaux territoires. Par exemple, l'établissement d'une espèce végétale nécessite la disponibilité d'habitats favorables (Beauregard et de Blois, 2016) et peut être fortement limité par la compétition avec les espèces déjà présentes (Urban et collab., 2012).

Nos résultats suggèrent que la vitesse de déplacement de la niche bioclimatique des espèces pourrait largement dépasser leur capacité de déplacement. Ainsi, la vitesse moyenne de déplacement de la limite nordique des niches



Classes de vulnérabilité

Figure 6. Proportion des espèces de plantes par classe de vulnérabilité de l'Indice de vulnérabilité aux changements climatiques (IVCC) selon: a) le type de répartition; b) le groupe taxonomique; c) le type d'habitat; d) l'affinité géologique de 409 espèces de plantes en situation précaire au Québec.

bioclimatiques obtenue (42 ± 8 km/10 ans) est plus élevée que les vitesses de déplacement maximales observées pour les arbres (≈ 15 km/10 ans) et les plantes herbacées (≈ 30 km/10 ans) (IPCC, 2014). On peut en conclure que le scénario avec déplacement illimité s'avère peu probable pour la majorité des espèces végétales analysées. Bien que le scénario sans déplacement ne soit pas non plus complètement réaliste (les plantes ont tout de même une certaine capacité de dispersion), on peut quand même penser qu'il est celui qui se rapproche le plus de la réalité à l'échelle de temps considérée dans la présente étude, en l'absence d'intervention humaine. Par conséquent, il pourrait être difficile pour les plantes vasculaires en situation précaire au Québec d'étendre naturellement leur répartition.

L'analyse réalisée avec l'IVCC souligne aussi la grande vulnérabilité des plantes en situation précaire au Québec, alors que 57,7% des espèces à l'étude sont considérées comme vulnérables aux changements climatiques. Sans surprise, les plantes qui ont une répartition périphérique sud sont les plus vulnérables. Il est aussi intéressant de constater que les habitats arctiques-alpins sont associés aux plantes les plus vulnérables aux changements climatiques. Les changements climatiques anticipés seront plus importants dans l'Arctique

qu'au sud (Berteaux et collab., 2014), ce qui peut expliquer que les plantes liées à ce type d'habitat soient plus vulnérables. De plus, les espèces qui occupent cet habitat sont liées aux environnements froids, comme le sommet d'une montagne. Une espèce de sommet alpin est limitée par l'altitude pour trouver un environnement froid qui pourra lui convenir en cas de réchauffement climatique.

Les espèces avec une répartition disjointe et souvent plus limitée sont aussi plus vulnérables, tout comme les espèces endémiques, qui sont confinées à un habitat dont la disponibilité est rare au niveau mondial. C'est le cas notamment de certaines espèces basiphiles comme *Calypso bulbosa* var. *americana* ou *Salix chlorolepis* dont la vulnérabilité aux changements climatiques est accrue par leurs affinités géologiques particulières. Chose certaine, les plantes endémiques, qui par leur statut sont très rares, mériteront une attention particulière de la part des gestionnaires.

Par ailleurs, l'augmentation potentielle de l'aire de répartition de certaines plantes vasculaires en situation précaire au Québec pourrait se traduire par une diminution importante de leur répartition potentielle aux États-Unis, où

plusieurs espèces présentes au nord-est du pays pourraient voir se dégrader les conditions climatiques qui leur sont favorables (résultats non présentés; pour plus de détails, voir Gendreau et collab., 2016). Ainsi, malgré une possible augmentation sur le territoire québécois de l'aire de répartition des plantes en situation précaire, une certaine vigilance s'impose puisque plusieurs d'entre elles pourraient devenir en difficulté aux États-Unis. Comme le Québec risque de devenir un refuge climatique pour ces espèces, la responsabilité de la province envers la conservation de ces espèces pourrait devenir plus importante.

Recommandations aux gestionnaires de la conservation

Augmenter la connectivité dans le sud de la province

Assurer la connectivité entre les habitats pour permettre le déplacement des espèces est considéré comme l'enjeu le plus important quand on parle de stratégie d'adaptation aux changements climatiques (Hannah, 2011). Les plantes en situation précaire au Québec ne semblent pas échapper à cet enjeu. Le sud de la province est l'endroit où l'on trouve la plus grande diversité de plantes en situation précaire au Québec (Tardif et collab., 2016) (figure 3). Le sud du Québec est aussi l'endroit où la pression anthropique est la plus grande. Pour permettre aux plantes de suivre le déplacement de leur niche bioclimatique, il est donc crucial d'accroître la connectivité des habitats selon un gradient sud-nord.

Dans le contexte québécois actuel où l'essentiel des efforts de conservation sont investis dans le Plan Nord, il apparaît essentiel qu'une stratégie de conservation soit aussi mise en œuvre dans le sud de la province afin de répondre aux enjeux de connectivité. Cette réalité semble être bien comprise des organismes de conservation comme Corridor appalachien et Deux pays, une forêt, qui ont entrepris au cours des dernières années une multitude d'initiatives de conservation dans le sud du Québec. La reconnaissance et le soutien de ces efforts par les différents ordres de gouvernement ou encore l'élaboration d'un Plan Sud pourraient permettre de renforcer considérablement la pérennité des mesures de conservation déployées.

Accroître le réseau d'aires protégées

La principale menace aux plantes vasculaires en situation précaire au Québec est la perte d'habitats (Sarakinis et collab., 2001; Tardif et collab., 2005). Les changements climatiques s'ajoutent à cette menace et surtout agissent en synergie avec la perte d'habitats, ce qui augmente considérablement la pression sur ces plantes. Ainsi, en augmentant les quantités d'aires protégées dans le sud de la province, on réduirait les pressions liées à la perte d'habitats, ce qui devrait faciliter l'adaptation des plantes aux changements climatiques.

Dans cette partie sensible de la province, la région du sud des Appalaches apparaît comme un refuge climatique important. Le relief montagneux permet en effet aux espèces d'avoir accès à un gradient de températures sur une faible

distance. Il est donc important de maintenir les efforts de conservation dans cette région. La protection des sols calcaires au nord du Saint-Laurent (où ils sont beaucoup plus rares qu'au sud) devrait aussi être prioritaire, puisque ceux-ci pourraient accueillir les plantes calcicoles. Finalement, des efforts de conservation importants devront être déployés dans le nord du Québec, où l'on trouve plusieurs espèces qui sont à la limite sud de leur répartition.

Évaluer la possibilité d'utiliser la migration assistée

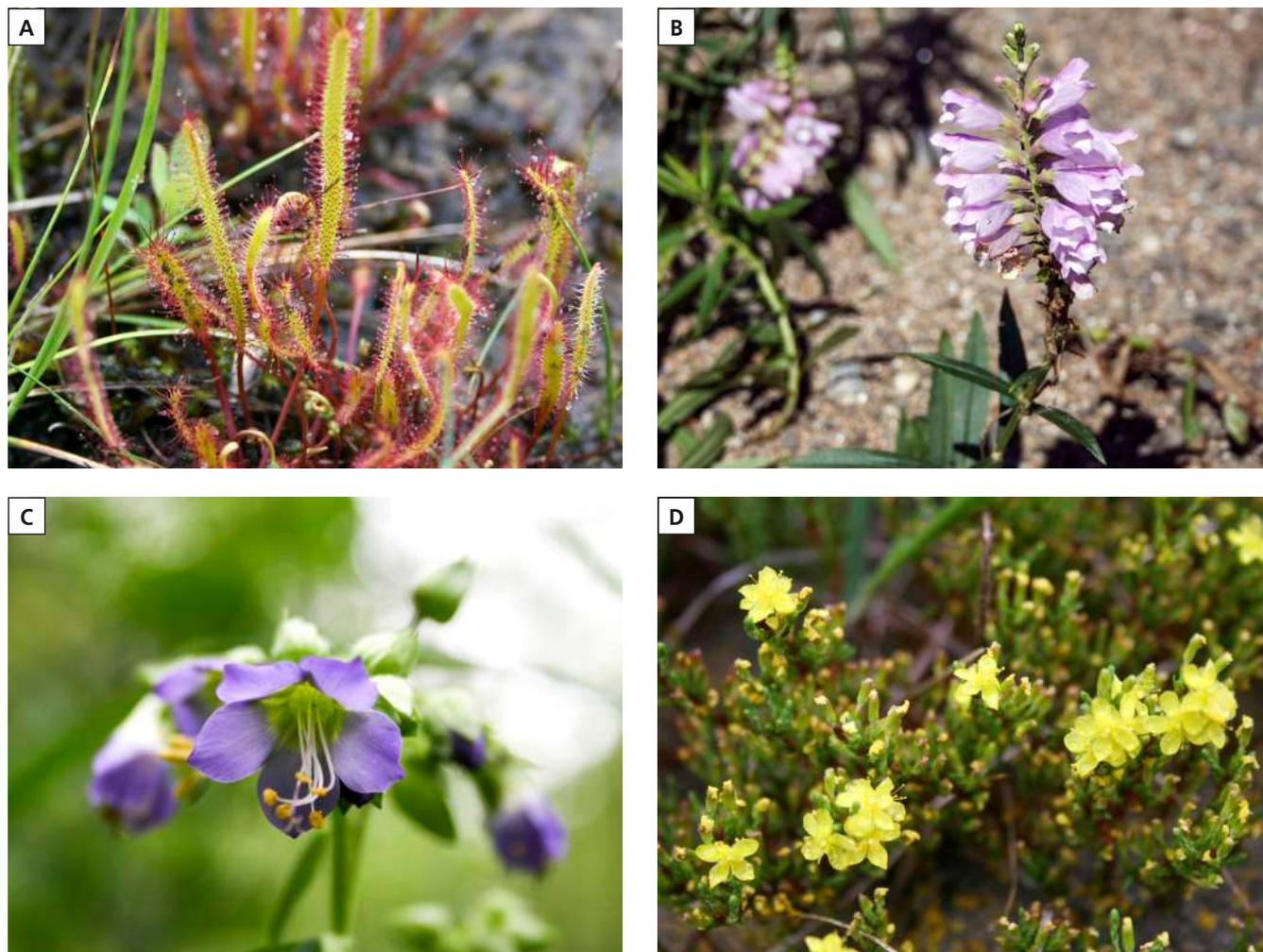
Comme la vitesse des changements climatiques est beaucoup plus rapide que la capacité des plantes à se déplacer, la migration assistée (c'est-à-dire le déplacement par l'humain de populations végétales) pourrait être une stratégie à envisager pour déplacer une espèce vers un environnement favorable. La migration assistée est cependant une intervention controversée qui présente des risques (Thomas, 2011; Berteaux et collab., 2014). Elle mérite donc une analyse approfondie, au cas par cas, avant d'être mise en œuvre. Trois facteurs pourraient peser en faveur de la migration assistée: 1) la faible connectivité entre les habitats dans le sud de la province; 2) la barrière naturelle importante que représente le fleuve Saint-Laurent; 3) le cas particulier des plantes calcicoles dont l'habitat est très rare vers le nord. Dans ces situations, la migration assistée pourrait permettre d'assurer le maintien de certaines espèces au Québec, et pourrait même parfois être la seule solution permettant d'éviter l'extinction (Thomas, 2011).

Favoriser la protection in situ

Ici, on fait surtout allusion à la protection de microclimats à une échelle très fine. Par exemple, certaines plantes peuvent avoir la capacité physiologique de faire face à une augmentation de la température à l'endroit où elles se trouvent actuellement, mais ne seront pas en mesure de résister à la compétition associée à l'arrivée de nouvelles espèces non indigènes. Ainsi, le contrôle de certaines nouvelles espèces, dont les espèces exotiques envahissantes, pourrait être une mesure facilitant la protection *in situ* des espèces plus vulnérables. Également, la protection du versant nord d'un mont pourrait permettre de maintenir un habitat adéquat.

Assurer le suivi de certains habitats ou espèces

Notre étude a permis d'estimer l'impact potentiel des changements climatiques sur les plantes en situation précaire au Québec (figure 7). Il sera toutefois important au cours des prochaines années de mesurer les impacts réels de ces changements sur les écosystèmes, la faune ou la flore. Cela pourrait être fait grâce à la mise en place d'activités de recherche et de suivis des habitats et des espèces qui semblent plus vulnérables, comme les espèces endémiques et celles associées aux habitats arctiques-alpins. À cet effet, des suivis à long terme pourraient être maintenus ou entrepris dans les aires protégées afin de mesurer l'impact des changements climatiques dans ces écosystèmes représentatifs de la biodiversité du Québec.



Audrey Lachance

Figure 7. Quelques espèces de plantes vasculaires en situation précaire au Québec : A) Droséra à feuilles linéaires, *Drosera linearis*; B) Physostégie de Virginie, *Physostegia virginiana* subsp. *virginiana*; C) Polémoine de Van Brunt, *Polemonium van bruntiae*; D) Hudsonie tomenteuse, *Hudsonia tomentosa*.

Conclusion

L'impact des changements climatiques sur la biodiversité représente un défi de taille pour les gestionnaires en conservation. Notre étude permet d'amorcer la réflexion sur les stratégies d'adaptation qui devront être entreprises pour assurer la conservation de la biodiversité. Elle souligne également l'importance de la collaboration entre les gestionnaires et le milieu de la recherche pour répondre à un enjeu complexe et en constante évolution.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier François Brassard et Line Couillard, du ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, ainsi que Catherine Périé, du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, pour la révision du manuscrit. Les commentaires de Line Couillard ont également été une aide précieuse au cours de la réalisation du projet. Ce projet a été rendu possible grâce au Fonds vert dans le cadre du Plan d'action 2013-2020 sur les changements climatiques. Merci à OURANOS pour l'utilisation des données

qui ont servi à réaliser les modèles de niches bioclimatiques. Les données sur les plantes en situation précaire au Québec ont été gracieusement fournies par le Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec (CDPNQ). L'analyse de la vulnérabilité de certaines plantes a de plus bénéficié de l'expertise de Jacques Labrecque, botaniste rattaché au CDPNQ. Enfin, ce projet a fait l'objet d'un rapport détaillé produit par le Bureau d'écologie appliquée (Gendreau et collab., 2016). ◀

Références

- ARAÚJO, M.B. et M. NEW, 2006. Ensemble forecasting of species distributions. *Trends in Ecology & Evolution*, 22 : 42-47.
- BEAUREGARD, F. et S. DE BLOIS, 2016. Rapid latitudinal range expansion at cold limits unlikely for temperate understory forest plants. *Ecosphere*, 7 (11) : e01549.
- BERTEAUX, D., S. DE BLOIS, J.F. ANGERS, J. BONIN, N. CASAJUS, M. DARVEAU, F. FOURNIER, M. M. HUMPHRIES, B. MCGILL, J. LARIVÉE, T. LOGAN, P. NANTEL, C. PÉRIÉ, F. POISSON, D. RODRIGUE, S. ROULEAU, R. SIRON, W. THUILLER et L. VESCOVI, 2010. The CC-Bio Project: Studying the effects of climate change on Quebec biodiversity. *Diversity*, 2 : 1181-1204.

- BERTEAUX, D., N. CASAJUS et S. DE BLOIS, 2014. Changements climatiques et biodiversité du Québec: vers un nouveau patrimoine naturel. Presses de l'Université du Québec, Québec, 214 p.
- BROOK, B.W., N.S. SODHI et C.J.A. BRADSHAW, 2008. Synergies among extinction drivers under global change. *Trends in Ecology & Evolution*, 23: 453-460.
- CASAJUS N., C. PÉRIÉ, T. LOGAN, M.-C. LAMBERT, S. DE BLOIS et D. BERTEAUX, 2016. An objective approach to select climate scenarios when projecting species distributions under climate change. *PLoS ONE*, 11: e0152495.
- [CDPNQ] CENTRE DE DONNÉES SUR LE PATRIMOINE NATUREL DU QUÉBEC, 2008. Les plantes vasculaires menacées ou vulnérables du Québec. 3^e édition. Gouvernement du Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du patrimoine écologique et des parcs, Québec, 180 p.
- [CDPNQ] CENTRE DE DONNÉES SUR LE PATRIMOINE NATUREL DU QUÉBEC, 2014. Espèces menacées ou vulnérables au Québec. Gouvernement du Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques. Disponible en ligne à: <http://www.cdpnq.gouv.qc.ca/>. [Visité le 01-10-14].
- FODEN, W.B., S.H.M. BUTCHART, S.N. STUART, J.-C. VIÉ, H.R. AKÇAKAYA, A. ANGULO, L.M. DEVANTIER, A. GUTSCHE, E. TURAK, L. CAO, S.D. DONNER, V. KATARIYA, R. BERNARD, R.A. HOLLAND, A.F. HUGHES, S.E. O'HANLON, S.T. GARNETT, Ç.H. SEKERCIOGLU et G.M. MACE, 2013. Identifying the world's most climate change vulnerable species: A systematic trait-based assessment of all birds, amphibians and corals. *PLoS ONE*, 8: e65427.
- GALLARDO, B. et D.C. ALDRIDGE, 2013. Evaluating the combined threat of climate change and biological invasions on endangered species. *Biological Conservation*, 160: 225-233.
- GENDREAU, Y., A. LACHANCE, H. GILBERT, N. CASAJUS et D. BERTEAUX, 2016. Analyse des effets des changements climatiques sur les plantes vasculaires menacées ou vulnérables du Québec. Bureau d'écologie appliquée, Québec, 59 p.
- HANNAH, L.E.E., 2011. Climate change, connectivity, and conservation success. *Conservation Biology*, 25: 1139-1142.
- [IPCC] INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2014. Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Dans: FIELD, C.B., V.R. BARROS, D.J. DOKKEN, K.J. MACH, M.D. MASTRANDREA, T.E. BILIR, M. CHATTERJEE, K.L. EBI, Y.O. ESTRADA, R.C. GENOVA, B. GIRMA, E.S. KISSEL, A.N. LEVY, S. MACCRACKEN, P.R. MASTRANDREA et L.L. WHITE (édit.). Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge et New York, 1132 p.
- LAWLER, J.J., D. WHITE, J.C. SIFNEOS et L.L. MASTER, 2003. Rare Species and the use of indicator groups for conservation planning. *Conservation Biology*, 17: 875-882.
- LEADLEY, P., H.M. PEREIRA, R. ALKEMADE, J.F. FERNANDEZ-MANJARRÉES, V. PROENÇA et J.P.W. SCHARLEMANN, 2010. Biodiversity scenarios: projections of 21st century change in biodiversity and associated ecosystem services: a technical report for the Global Biodiversity Outlook 3. Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique, Montréal, série technique n° 50, 132 p.
- LIU, C., P.M. BERRY, T.P. DAWSON et R.G. PEARSON, 2005. Selecting thresholds of occurrence in the prediction of species distributions. *Ecography*, 28 (3): 385-393.
- MARMION, M., M. PARVIAINEN, R.K. HEIKKINEN et W. THULLER, 2009. Evaluation of consensus methods in predictive species distribution modelling. *Diversity and Distribution*, 15 (1): 59-69.
- MOUILLOT, D., D.R. BELLWOOD, C. BARALOTO, J. CHAVE, R. GALZIN, M. HARMELIN-VIVIEN, M. KULBICKI, S. LAVERGNE, S. LAVOREL, N. MOUQUET, C.E.T. PAINE, J. RENAUD et W. THULLER, 2013. Rare species support vulnerable functions in high-diversity ecosystems. *PLoS Biology*, 11 (5): e1001569. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1001569>.
- PARMESAN, C., 2006. Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 37: 637-669.
- PEARSON, R.G., J.C. STANTON, K.T. SHOEMAKER, M.E. AIELLO-LAMMENS, P.J. ERSTS, N. HORNING, D.A. FORDHAM, C.J. RAXWORTHY, H.Y. RYU, J. MCNEES et H.R. AKÇAKAYA, 2014. Life history and spatial traits predict extinction risk due to climate change. *Nature Climate Change*, 4: 217-221.
- PEREIRA, H.M., P.W. LEADLEY, V. PROENÇA, R. ALKEMADE, J.P.W. SCHARLEMANN, J.F. FERNANDEZ-MANJARRÉS, M.B. ARAÚJO, P. BALVANERA, R. BIGGS, W.W.L. CHEUNG, L. CHINI, H.D. COOPER, E.L. GILMAN, S. GUÉNETTE, G.C. HURTT, H.P. HUNTINGTON, G.M. MACE, T. OBERDORFF, C. REVENGA, P. RODRIGUES, R.J. SCHOLLES, U.R. SUMAILA et M. WALPOLE, 2010. Scenarios for global biodiversity in the 21st century. *Science*, 330: 1496-1501.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2012. R: A Language Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienne. <http://www.R-project.org/>.
- RALSTON, J., W.V. DELUCA, R.E. FELDMAN et D.I. KING, 2017. Population trends influence species ability to track climate change. *Global Change Biology*, 23 (4): 1390-1399.
- SARAKINOS, H., A.O. NICHOLLS, A. TUBERT, A. AGGARWAL, C.R. MARGULES et S. SARKAR, 2001. Area prioritization for biodiversity conservation in Quebec on the basis of species distributions: a preliminary analysis. *Biodiversity and Conservation*, 10: 1419-1472.
- TARDIF, B., G. LAVOIE et Y. LACHANCE, 2005. Atlas de la biodiversité du Québec. Les espèces menacées ou vulnérables. Gouvernement du Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du développement durable, du patrimoine écologique et des parcs, Québec, 60 p.
- TARDIF, B., B. TREMBLAY, G. JOLICOEUR et J. LABRECQUE, 2016. Les plantes vasculaires en situation précaire au Québec. Gouvernement du Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction de l'expertise en biodiversité, Québec, 420 p.
- THOMAS, C.D., 2011. Translocation of species, climate change, and the end of trying to recreate past ecological communities. *Trends in Ecology & Evolution*, 26: 216-221.
- THULLER, W., 2004. Patterns and uncertainties of species' range shifts under climate change. *Global Change Biology*, 10: 2020-2027.
- THULLER, W., B. LAFOURCADE, R. ENGLER et M.B. ARAÚJO, 2009. BIOMOD—A platform for ensemble forecasting of species distributions. *Ecography*, 32: 369-373.
- URBAN, M.C., J.J. TEWKSBURY et K.S. SHELDON, 2012. On a collision course: competition and dispersal differences create no-analogue communities and cause extinctions during climate change. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 279: 2072-2080.
- URBAN, M.C., 2015. Accelerating extinction risk from climate change. *Science*, 348: 571-573. doi: 10.1126/science.aaa4984.
- USDA et NRCS, 2011. The PLANTS database. National plant data team, Greensboro. Disponible en ligne à: <http://plants.usda.gov/java/>. [Visité en 2012].
- WILLIAMS, S.E., L.P. SHOO, J.L. ISAAC, A.A. HOFFMANN et G. LANGHAM, 2008. Towards an integrated framework for assessing the vulnerability of species to climate change. *PLoS Biology*, 6 (12): e325. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.0060325>.
- YOUNG, B., E. BYERS, K. GRAVUER, G. HAMMERSON et A. REDDER, 2011. Guidelines for using the NatureServe Climate change vulnerability index, version 2.1. NatureServe, Arlington, 58 p.
- ZAR, J.H., 1999. Biostatistical analysis. 4^e édition. Prentice Hall, Upper Saddle River, 663 p.

Annexe. Liste des 409 espèces de plantes vasculaires en situation précaire au Québec pour lesquelles les effets potentiels des changements climatiques ont été évalués.

Nom scientifique	Nom français	Statut de conservation	Type d'habitat	Affinité géologique	Type de répartition	Groupe taxonomique	Changements potentiels de répartition (%)		Résultat IVCC
							Déplacement illimité	Sans déplacement	
<i>Acer nigrum</i>	érable noir	Vulnérable	Forestier	Calcicole	Nord	Arbres/arbustes	294,4	0	NV/PS
<i>Achillea alpina</i> ssp. <i>multiflora</i>	achillée multiflore	SDMV	Humide/rivage		Disjointe	Herbacées			NV/PS
<i>Adiantum pedatum</i>	adiante du Canada	Vul. récolte	Forestier		Nord	Ptéridophytes			NV/AP
<i>Adiantum viridimontanum</i>	adiante des montagnes Vertes	SDMV	Affleurement/escarpement	Serpentinicole	Endémique	Ptéridophytes			HV
<i>Adlumia fungosa</i>	adlumie fongueuse	SDMV	Affleurement/escarpement	Calcicole	Nord	Herbacées	175,7	-40,8	NV/PS
<i>Agastache nepetoides</i>	agastache faux-népéta	SDMV	Forestier	Calcicole	Nord	Herbacées			NV/PS
<i>Agoseris aurantiaca</i> var. <i>aurantiaca</i>	agoséride orangée	SDMV	Arctique/alpin		Disjointe	Herbacées			EV
<i>Agrimonia pubescens</i>	aigremoine pubescente	SDMV	Forestier		Nord	Herbacées			MV
<i>Alchemilla filicaulis</i> ssp. <i>filicaulis</i> -p09	alchémille filicale	SDMV	Humide/rivage		Sporadique	Herbacées			MV
<i>Alchemilla glomerulans</i>	alchémille à glomérules	SDMV	Humide/rivage		Sporadique	Herbacées			HV
<i>Allium canadense</i> var. <i>canadense</i>	ail du Canada	SDMV	Estuaire/golfe		Nord	Herbacées	1265	-10	HV
<i>Allium tricoccum</i>	ail des bois	Vulnérable	Forestier		Nord	Herbacées	524,4	-7,7	NV/PS
<i>Alnus serrulata</i>	aulne tendre	SDMV	Humide/rivage		Nord	Arbres/arbustes			NV/PS
<i>Ambrosia psilostachya</i>	herbe à poux vivace	SDMV	Sableux		Est	Herbacées			NV/AP
<i>Amelanchier amabilis</i>	amélanchier gracieux	SDMV	Forestier		Nord	Arbres/arbustes	642	-59,8	NV/PS
<i>Andersonglossum virginianum</i>	cynoglosse de Virginie	SDMV	Forestier	Calcicole	Sporadique	Herbacées			MV
<i>Antennaria rosea</i> ssp. <i>confinis</i>	antennaire des frontières	SDMV	Affleurement/escarpement		Disjointe	Herbacées			EV
<i>Antennaria rosea</i> ssp. <i>pulvinata</i>	antennaire en coussin	SDMV	Humide/rivage	Calcicole	Disjointe	Herbacées			HV
<i>Aplectrum hyemale</i>	apectrelle d'hiver	Menacée	Forestier		Nord	Orchidées			MV
<i>Arctous rubra</i> -p09	busserole rouge	SDMV	Humide/rivage	Calcicole	Disjointe	Arbres/arbustes			HV
<i>Arisaema dracontium</i>	arisème dragon	Menacée	Forestier		Nord	Herbacées			HV
<i>Aristida basiramea</i>	aristide à rameaux basilaires	Menacée	Sableux		Nord	Herbacées	184,3	91,4	HV
<i>Arnica chamissonis</i>	arnica de Chamisso	SDMV	Humide/rivage		Est	Herbacées			NV/PS
<i>Arnica griscomii</i> ssp. <i>griscomii</i>	arnica de Griscom	Menacée	Arctique/alpin	Calcicole	Endémique	Herbacées			HV
<i>Arnica lanceolata</i> ssp. <i>lanceolata</i>	arnica à aigrette brune	Vulnérable	Humide/rivage		Endémique	Herbacées			MV
<i>Artemisia tilesii</i>	armoise de Tilesius	SDMV	Humide/rivage		Est	Herbacées			HV
<i>Asarum canadense</i>	asaret du Canada	Vul. récolte	Forestier	Calcicole	Nord	Herbacées	404,2	0	NV/PS
<i>Asclepias exaltata</i>	asclépiade très grande	SDMV	Forestier		Nord	Herbacées	2281,3	0	NV/PS
<i>Asclepias tuberosa</i> var. <i>interior</i>	asclépiade de l'intérieur	Menacée	Ouvert	Calcicole	Nord	Herbacées	557,1	0	NV/PS
<i>Aspidotis densa</i>	aspidote touffue	Menacée	Affleurement/escarpement	Serpentinicole	Disjointe	Ptéridophytes			MV
<i>Asplenium platyneuron</i>	doradille ébène	SDMV	Affleurement/escarpement	Calcicole	Nord	Ptéridophytes			MV
<i>Asplenium rhizophyllum</i>	doradille ambulante	SDMV	Affleurement/escarpement	Calcicole	Nord	Ptéridophytes	606,5	0	NV/PS
<i>Asplenium ruta-muraria</i> var. <i>cryptolepis</i>	doradille des murailles d'Amérique	Menacée	Affleurement/escarpement	Calcicole	Nord	Ptéridophytes	5833,3	0	HV
<i>Asplenium trichomanes</i> subsp. <i>quadrivalens</i>	doradille tétraploïde	SDMV	Affleurement/escarpement	Calcicole	Disjointe	Ptéridophytes			NV/PS
<i>Astragalus americanus</i>	astragale d'Amérique	SDMV	Humide/rivage	Calcicole	Disjointe	Herbacées			MV
<i>Astragalus australis</i> var. <i>glabriusculus</i>	astragale austral	SDMV	Humide/rivage	Calcicole	Disjointe	Herbacées			MV
<i>Astragalus robbinsii</i> var. <i>fernaldii</i>	astragale de Fernald	Menacée	Estuaire/golfe	Calcicole	Endémique	Herbacées			HV
<i>Athyrium distentifolium</i> var. <i>americanum</i>	athyrie alpestre	Menacée	Arctique/alpin		Disjointe	Ptéridophytes			HV

Les gains (valeurs positives) et les pertes (valeurs négatives) relatifs de répartition potentielle entre l'année de référence (1961-1990) et l'horizon 2080 sont présentés pour les 131 espèces dont la niche bioclimatique a été modélisée. Les résultats sont présentés pour un scénario avec déplacement illimité (les espèces parviennent à s'établir dans la totalité des sites où les conditions climatiques sont favorables) et pour un scénario sans déplacement (seuls les sites où les conditions climatiques sont favorables à la fois pour la période de référence et pour l'horizon 2080 sont retenus). Les extirpations potentielles sont présentées en caractères gras. Les résultats de l'Indice de vulnérabilité aux changements climatiques (IVCC; Young et collab., 2011) pour l'horizon 2050 sont présentés pour l'ensemble des espèces. Une classe de vulnérabilité parmi les suivantes est attribuée à chaque espèce: Extrêmement vulnérable (EV); Hautement vulnérable (HV); Modérément vulnérable (MV); Non vulnérable/Probablement stable (NV/PS); Non vulnérable/Augmentation probable (NV/AP). Les résultats des espèces vulnérables sont présentés en caractères gras. SDMV: susceptible d'être désigné menacé ou vulnérable.

Nom scientifique	Nom français	Statut de conservation	Type d'habitat	Affinité géologique	Type de répartition	Groupe taxonomique	Changements potentiels de répartition (%)		Résultat IVCC
							Déplacement illimité	Sans déplacement	
<i>Bartonia virginica</i>	bartonie de Virginie	SDMV	Humide/rivage		Nord	Herbacées	1029	-10,5	MV
<i>Bidens eatonii</i>	bident d'Eaton	SDMV	Humide/rivage		Disjointe	Herbacées			MV
<i>Bidens heterodoxa</i>	bident différent	SDMV	Estuaire/golfe		Disjointe	Herbacées			HV
<i>Blephilia hirsuta</i> var. <i>hirsuta</i>	bléphilie hirsute	SDMV	Forestier		Nord	Herbacées			NV/PS
<i>Boechera collinsii</i>	arabette de Collins	SDMV	Affleurement/escarpement	Calicole	Disjointe	Herbacées			HV
<i>Boechera quebecensis</i>	arabette du Québec	Menacée	Estuaire/golfe	Calicole	Endémique	Herbacées			HV
<i>Boechera retrofracta</i>	arabette à fruits réfléchis	SDMV	Affleurement/escarpement	Calicole	Est	Herbacées			MV
<i>Borodinia canadensis</i>	arabette du Canada	SDMV	Forestier		Nord	Herbacées			NV/PS
<i>Borodinia laevigata</i>	arabette lisse	SDMV	Forestier	Calicole	Nord	Herbacées			EV
<i>Botrychium ascendens</i>	botryche ascendant	SDMV	Humide/rivage		Sporadique	Ptéridophytes			MV
<i>Botrychium lineare</i>	botryche linéaire	SDMV	Affleurement/escarpement	Calicole	Disjointe	Ptéridophytes			MV
<i>Botrychium michiganense</i>	botryche du Michigan	SDMV	Estuaire/golfe		Sporadique	Ptéridophytes			NV/PS
<i>Botrychium mormo</i>	botryche petit-lutin	SDMV	Forestier		Disjointe	Ptéridophytes			NV/PS
<i>Botrychium pallidum</i>	botryche pâle	SDMV	Sableux		Sporadique	Ptéridophytes			NV/PS
<i>Botrychium pedunculatum</i>	botryche pedonculé	SDMV	Affleurement/escarpement		Disjointe	Ptéridophytes			MV
<i>Botrychium pinnatum</i>	botryche à lobes obtus	SDMV	Affleurement/escarpement		Est	Ptéridophytes			MV
<i>Botrychium spathulatum</i>	botryche à segments spatulés	SDMV	Estuaire/golfe		Sporadique	Ptéridophytes			NV/PS
<i>Braya humilis</i> ssp. <i>humilis</i>	braya délicat	SDMV	Humide/rivage	Calicole	Disjointe	Herbacées			HV
<i>Braya linearis</i>	braya à fruits linéaires	SDMV	Arctique/alpin	Calicole	Sud	Herbacées			EV
<i>Bromus kalmii</i>	brome de Kalm	SDMV	Ouvert	Calicole	Nord	Herbacées	1346,9	-37,5	NV/PS
<i>Bromus pubescens</i>	brome pubescent	SDMV	Forestier		Nord	Herbacées			NV/PS
<i>Calamagrostis purpurascens</i> ssp. <i>purpurascens</i>	calamagrostide pourpre	SDMV	Affleurement/escarpement	Calicole	Disjointe	Herbacées			HV
<i>Calypso bulbosa</i> var. <i>americana</i>	calypso d'Amérique	SDMV	Forestier	Calicole	Sporadique	Orchidées	-70,1	-88,9	MV
<i>Canadanthus modestus</i>	aster modeste	SDMV	Humide/rivage		Est	Herbacées			NV/PS
<i>Cardamine bulbosa</i>	cardamine bulbeuse	SDMV	Humide/rivage		Nord	Herbacées	9800	0	NV/PS
<i>Cardamine concatenata</i>	dentaire laciniée	SDMV	Forestier	Calicole	Nord	Herbacées	746,2	0	NV/PS
<i>Cardamine diphylla</i>	dentaire à deux feuilles	Vul. récolte	Forestier		Nord	Herbacées	630,2	-14,5	NV/PS
<i>Cardamine maxima</i>	dentaire géante	Vul. récolte	Forestier	Calicole	Nord	Herbacées	611,5	-32,3	NV/PS
<i>Carex annectens</i>	carex à gaine tronquée	SDMV	Ouvert	Calicole	Nord	Herbacées	915	0	MV
<i>Carex argyrantha</i>	carex argenté	SDMV	Sableux		Nord	Herbacées	577,7	-19,4	NV/PS
<i>Carex atherodes</i>	carex épi-de-blé	SDMV	Humide/rivage	Calicole	Est	Herbacées			NV/PS
<i>Carex atlantica</i> ssp. <i>capillacea</i>	carex à feuilles capillaires	SDMV	Humide/rivage		Nord	Herbacées	10400	0	MV
<i>Carex baileyi</i>	carex de Bailey	SDMV	Forestier		Nord	Herbacées	764,6	-39,2	NV/PS
<i>Carex cephalophora</i>	carex porte-tête	SDMV	Forestier		Nord	Herbacées	3833,3	0	NV/PS
<i>Carex cumulata</i>	carex dense	SDMV	Humide/rivage		Nord	Herbacées	763,4	-80,5	NV/PS
<i>Carex deweyana</i> var. <i>collectanea</i>	carex à épis regroupés	SDMV	Forestier		Endémique	Herbacées			NV/PS
<i>Carex digitalis</i> var. <i>digitalis</i>	carex digital	Menacée	Forestier		Nord	Herbacées	858,2	-46,3	MV
<i>Carex echinodes</i>	carex épineux	SDMV	Humide/rivage		Est	Herbacées			NV/PS
<i>Carex folliculata</i>	carex folliculé	SDMV	Forestier		Nord	Herbacées	787,9	-2,8	NV/PS
<i>Carex formosa</i>	carex joli	SDMV	Forestier	Calicole	Nord	Herbacées	-62,5	-100	MV
<i>Carex glacialis</i> -p09	carex des glaces	Menacée	Affleurement/escarpement	Calicole	Disjointe	Herbacées			HV
<i>Carex hirsutella</i>	carex hirsute	SDMV	Forestier	Calicole	Nord	Herbacées	6550	0	MV
<i>Carex lapponica</i>	carex de Laponie	SDMV	Arctique/alpin		Sporadique	Herbacées			HV
<i>Carex laxiculmis</i> var. <i>laxiculmis</i>	carex à tiges faibles	SDMV	Forestier		Nord	Herbacées	1188,9	-33,3	NV/PS
<i>Carex lupuliformis</i>	carex faux-lupulina	Menacée	Humide/rivage		Nord	Herbacées	1906,7	0	HV
<i>Carex macloviana</i> -p11	carex des Malouines	SDMV	Arctique/alpin		Disjointe	Herbacées			EV
<i>Carex mesochorea</i>	carex de l'arrière-pays	SDMV	Sableux		Nord	Herbacées			NV/PS
<i>Carex molesta</i>	carex dérangeant	SDMV	Ouvert	Calicole	Nord	Herbacées	1266,6	-6,7	HV

Nom scientifique	Nom français	Statut de conservation	Type d'habitat	Affinité géologique	Type de répartition	Groupe taxonomique	Changements potentiels de répartition (%)		Résultat IVCC
							Déplacement illimité	Sans déplacement	
<i>Carex muehlenbergii</i> var. <i>muehlenbergii</i>	carex de Mühlenberg	SDMV	Humide/rivage		Nord	Herbacées			NV/PS
<i>Carex normalis</i>	carex normal	SDMV	Ouvert		Sporadique	Herbacées			NV/PS
<i>Carex oligocarpa</i>	carex à fruits clairsemés	SDMV	Forestier		Nord	Herbacées			NV/PS
<i>Carex prairea</i>	carex des prairies	SDMV	Humide/rivage	Calcicole	Sporadique	Herbacées	698,7	-89	NV/PS
<i>Carex richardsonii</i>	carex de Richardson	SDMV	Humide/rivage	Calcicole	Est	Herbacées			HV
<i>Carex sartwellii</i>	carex de Sartwell	SDMV	Humide/rivage		Est	Herbacées			NV/PS
<i>Carex siccata</i>	carex sec	SDMV	Sableux		Est	Herbacées	665,7	-67,9	NV/PS
<i>Carex sparganioides</i>	carex faux-rubanier	SDMV	Forestier	Calcicole	Nord	Herbacées	895,5	0	NV/PS
<i>Carex sterilis</i>	carex stérile	SDMV	Humide/rivage	Calcicole	Sporadique	Herbacées			NV/PS
<i>Carex swanii</i>	carex de Swan	SDMV	Forestier		Nord	Herbacées	3036,4	0	NV/PS
<i>Carex synchocephala</i>	carex compact	SDMV	Ouvert	Calcicole	Est	Herbacées			MV
<i>Carex tincta</i>	carex coloré	SDMV	Humide/rivage		Nord	Herbacées			NV/PS
<i>Carex trichocarpa</i>	carex à fruits velus	SDMV	Humide/rivage		Nord	Herbacées	950	-96,7	MV
<i>Carex typhina</i>	carex massette	SDMV	Humide/rivage		Nord	Herbacées			NV/PS
<i>Carex virescens</i>	carex virescent	SDMV	Forestier		Nord	Herbacées			NV/PS
<i>Carya ovata</i> var. <i>ovata</i>	caryer ovale	SDMV	Forestier		Nord	Arbres/arbustes	143,1	-56,2	MV
<i>Castilleja raupii</i>	castilléje de Raup	SDMV	Arctique/alpin		Est	Herbacées			EV
<i>Ceanothus americanus</i>	céanothe d'Amérique	SDMV	Ouvert	Calcicole	Nord	Arbres/arbustes			MV
<i>Ceanothus herbaceus</i>	céanothe à feuilles étroites	SDMV	Humide/rivage	Calcicole	Nord	Arbres/arbustes			EV
<i>Cerastium arcticum</i>	céaiste arctique	SDMV	Arctique/alpin	Serpentinicole/ Calcicole	Sud	Herbacées			EV
<i>Cerastium cerastoides</i> -p01, p11	céaiste à trois styles	SDMV	Arctique/alpin	Calcicole	Disjointe	Herbacées			EV
<i>Cerastium nutans</i> var. <i>nutans</i>	céaiste penché	SDMV	Ouvert	Calcicole	Nord	Herbacées			NV/PS
<i>Cerastium regelii</i>	céaiste de Regel	SDMV	Arctique/alpin		Sud	Herbacées			EV
<i>Chenopodium foggii</i>	chénopode de Fogg	SDMV	Forestier		Sporadique	Herbacées			NV/PS
<i>Chimaphila maculata</i>	chimaphile maculée	SDMV	Forestier		Nord	Herbacées			MV
<i>Cicuta maculata</i> var. <i>victorinii</i>	cicutaire de Victorin	Menacée	Estuaire/golfe		Endémique	Herbacées			HV
<i>Cirsium scariosum</i> var. <i>scariosum</i>	chardon écailleux	Menacée	Estuaire/golfe	Calcicole	Disjointe	Herbacées			EV
<i>Claytonia virginica</i>	claytonie de Virginie	SDMV	Forestier		Nord	Herbacées	3133,3	0	NV/PS
<i>Cochlearia tridactylites</i>	cranson tridactyle	SDMV	Humide/rivage	Serpentinicole/ Calcicole	Endémique	Herbacées			EV
<i>Conopholis americana</i>	conopholis d'Amérique	Vulnérable	Forestier		Nord	Herbacées	5260	0	NV/PS
<i>Corallorhiza odororhiza</i> var. <i>odororhiza</i>	corallorhize d'automne	Menacée	Forestier		Nord	Orchidées			MV
<i>Corallorhiza striata</i> var. <i>striata</i>	corallorhize striée	SDMV	Forestier	Calcicole	Nord	Orchidées			HV
<i>Corallorhiza striata</i> var. <i>vreelandii</i>	corallorhize de Vreeland	SDMV	Forestier	Calcicole	Disjointe	Orchidées			HV
<i>Corema conradii</i>	corème de Conrad	Menacée	Estuaire/golfe		Ouest	Arbres/arbustes			EV
<i>Corydalis aurea</i> ssp. <i>aurea</i>	corydale dorée	SDMV	Affleurement/ escarpement	Calcicole	Disjointe	Herbacées			HV
<i>Corylus americana</i>	noisetier d'Amérique	SDMV	Forestier		Nord	Arbres/arbustes			NV/PS
<i>Crataegus brainerdii</i>	aubépine de Brainerd	SDMV	Ouvert		Nord	Arbres/arbustes	442,4	-91,5	NV/AP
<i>Crataegus coccinioides</i>	aubépine dilatée	SDMV	Ouvert		Nord	Arbres/arbustes			NV/PS
<i>Crataegus crus-galli</i> var. <i>crus-galli</i>	aubépine ergot-de-coq	SDMV	Ouvert		Nord	Arbres/arbustes			NV/PS
<i>Crataegus schuettei</i> var. <i>schuettei</i>	aubépine de Schuette	SDMV	Ouvert		Nord	Arbres/arbustes			NV/PS
<i>Crataegus suborbiculata</i>	aubépine suborbiculaire	SDMV	Ouvert	Calcicole	Nord	Arbres/arbustes			NV/PS
<i>Crocianthemum canadense</i>	hélianthème du Canada	SDMV	Sableux		Nord	Herbacées	1642,9	-9,5	NV/PS
<i>Cyperus dentatus</i>	souchet denté	SDMV	Humide/rivage		Nord	Herbacées			MV
<i>Cyperus erythrorhizos</i>	souchet à racines rouges	SDMV	Humide/rivage		Nord	Herbacées			NV/PS
<i>Cyperus houghtonii</i>	souchet de Houghton	SDMV	Ouvert		Nord	Herbacées			NV/PS
<i>Cyperus odoratus</i>	souchet odorant	SDMV	Humide/rivage		Nord	Herbacées	13700	0	MV
<i>Cyperus schweinitzii</i>	souchet de Schweinitz	SDMV	Sableux		Sporadique	Herbacées			NV/PS
<i>Cypripedium arietinum</i>	cyripède tête-de-bélier	Vulnérable	Forestier	Calcicole	Sporadique	Orchidées	4,4	-100	HV

Nom scientifique	Nom français	Statut de conservation	Type d'habitat	Affinité géologique	Type de répartition	Groupe taxonomique	Changements potentiels de répartition (%)		Résultat IVCC
							Déplacement illimité	Sans déplacement	
<i>Cypripedium parviflorum</i> var. <i>planipetalum</i>	cyripède à pétales plats	SDMV	Estuaire/golfe	Calcicole	Endémique	Orchidées			EV
<i>Cypripedium passerinum</i>	cyripède œuf-de-passereau	Menacée	Estuaire/golfe	Calcicole	Disjointe	Orchidées			EV
<i>Cypripedium reginae</i>	cyripède royal	SDMV	Humide/rivage	Calcicole	Sporadique	Orchidées	117,3	-70,9	MV
<i>Cystopteris laurentiana</i>	cystoptère laurentienne	SDMV	Affleurement/escarpement	Calcicole	Sporadique	Ptéridophytes			NV/PS
<i>Deschampsia alpina</i>	deschampsie alpine	SDMV	Arctique/alpin		Sporadique	Herbacées			MV
<i>Descurainia pinnata</i> ssp. <i>brachycarpa</i>	moutarde-tanaisie-verte	SDMV	Humide/rivage		Sporadique	Herbacées			MV
<i>Desmodium paniculatum</i>	desmodie paniculée	SDMV	Forestier		Nord	Herbacées			NV/PS
<i>Draba aurea</i> -p01, p09	drave dorée	SDMV	Estuaire/golfe	Calcicole	Disjointe	Herbacées			HV
<i>Draba cana</i>	drave lancéolée	SDMV	Affleurement/escarpement	Calcicole	Sporadique	Herbacées			NV/PS
<i>Draba cayouettei</i>	drave de Cayouette	SDMV	Arctique/alpin	Calcicole	Sud	Herbacées			EV
<i>Draba cinerea</i>	drave cendrée	SDMV	Arctique/alpin	Calcicole	Est	Herbacées			EV
<i>Draba corymbosa</i>	drave en corymbe	SDMV	Arctique/alpin		Sud	Herbacées			EV
<i>Draba micropetala</i>	drave à petits pétales	SDMV	Arctique/alpin	Calcicole	Sud	Herbacées			EV
<i>Draba nemorosa</i>	drave des bois	SDMV	Ouvert	Calcicole	Est	Herbacées			EV
<i>Draba peasei</i>	drave de Pease	SDMV	Estuaire/golfe	Calcicole	Endémique	Herbacées			NV/PS
<i>Draba puvirnituqii</i>	drave des monts de Puvirnituq	SDMV	Arctique/alpin	Serpentinicole/Calcicole	Endémique	Herbacées			EV
<i>Draba pycnosperma</i>	drave à graines imbriquées	Menacée	Estuaire/golfe	Calcicole	Endémique	Herbacées			HV
<i>Draba subcapitata</i>	drave subcapitée	SDMV	Arctique/alpin		Sud	Herbacées			EV
<i>Drosera linearis</i>	droséra à feuilles de linnaire	SDMV	Humide/rivage	Calcicole	Sporadique	Herbacées			MV
<i>Echinochloa walteri</i>	échinochloé de Walter	SDMV	Humide/rivage		Nord	Herbacées			MV
<i>Elaeagnus commutata</i>	chalef argenté	SDMV	Affleurement/escarpement	Calcicole	Sporadique	Arbres/arbustes			MV
<i>Elatine ojibwayensis</i>	élatine du lac Ojibway	SDMV	Arctique/alpin		Endémique	Herbacées			MV
<i>Eleocharis aestuum</i>	éléocharide des estuaires	SDMV	Humide/rivage		Endémique	Herbacées			MV
<i>Eleocharis compressa</i> var. <i>compressa</i>	éléocharide comprimée	SDMV	Ouvert	Calcicole	Nord	Herbacées			MV
<i>Eleocharis diandra</i>	éléocharide à deux étamines	SDMV	Humide/rivage		Endémique	Herbacées			NV/PS
<i>Eleocharis robbinsii</i>	éléocharide de Robbins	SDMV	Humide/rivage		Nord	Herbacées			NV/PS
<i>Elymus villosus</i>	élyme velu	SDMV	Forestier		Nord	Herbacées			NV/PS
<i>Epilobium arcticum</i>	épilobe arctique	SDMV	Arctique/alpin		Sud	Herbacées			EV
<i>Epilobium brachycarpum</i>	épilobe d'automne	SDMV	Ouvert		Est	Herbacées			NV/PS
<i>Epilobium ciliatum</i> subsp. <i>ciliatum</i> var. <i>ecomosum</i>	épilobe à graines nues	SDMV	Estuaire/golfe		Endémique	Herbacées			MV
<i>Epilobium saximontanum</i>	épilobe des Rocheuses	SDMV	Humide/rivage		Sporadique	Herbacées			NV/PS
<i>Erigeron compositus</i>	vergerette à feuilles segmentées	SDMV	Arctique/alpin	Calcicole	Disjointe	Herbacées			MV
<i>Erigeron lonchophyllus</i>	vergerette à feuilles fines	SDMV	Humide/rivage	Calcicole	Disjointe	Herbacées			HV
<i>Erigeron philadelphicus</i> var. <i>provancheri</i>	vergerette de Provancher	Menacée	Humide/rivage	Calcicole	Endémique	Herbacées			MV
<i>Erigeron pulchellus</i> var. <i>pulchellus</i>	vergerette délicate	SDMV	Ouvert		Sporadique	Herbacées			NV/PS
<i>Eriocaulon parkeri</i>	ériocaulon de Parker	Menacée	Estuaire/golfe		Disjointe	Herbacées			MV
<i>Eriophorum scheuchzeri</i> subsp. <i>arcticum</i>	linaigrette arctique	SDMV	Arctique/alpin		Sud	Herbacées			MV
<i>Erysimum coarctatum</i>	vêlar du golfe Saint-Laurent	SDMV	Estuaire/golfe	Calcicole	Disjointe	Herbacées			EV
<i>Erythranthe geyeri</i>	mimule de James	Menacée	Humide/rivage		Sporadique	Herbacées			NV/PS
<i>Eurybia divaricata</i>	aster à rameaux étalés	Menacée	Forestier		Nord	Herbacées	2409,1	0	NV/PS
<i>Festuca altaica</i> -p01, p11, p12	fétuque de l'Altai	SDMV	Affleurement/escarpement	Serpentinicole	Disjointe	Herbacées			HV
<i>Festuca baffinensis</i> -p11	fétuque de Baffin	SDMV	Affleurement/escarpement	Calcicole	Disjointe	Herbacées			HV
<i>Festuca frederikseniae</i>	fétuque de Frederiksen	SDMV	Arctique/alpin	Calcicole	Disjointe	Herbacées			MV
<i>Fimbristylis autumnalis</i>	fimbristyle d'automne	SDMV	Humide/rivage		Nord	Herbacées			NV/AP
<i>Floerkea proserpinacoides</i>	floerkée fausse-proserpinie	Vulnérable	Forestier		Sporadique	Herbacées	784,6	-65,4	MV

Nom scientifique	Nom français	Statut de conservation	Type d'habitat	Affinité géologique	Type de répartition	Groupe taxonomique	Changements potentiels de répartition (%)		Résultat IVCC
							Déplacement illimité	Sans déplacement	
<i>Galearis rotundifolia</i>	orchis à feuille ronde	SDMV	Humide/rivage	Calcicole	Sporadique	Orchidées	-59,8	-79,6	MV
<i>Galearis spectabilis</i>	orchis brillant	SDMV	Forestier		Nord	Orchidées	1912,9	0	MV
<i>Galium brevipes</i>	gaillet à pédicelles courts	SDMV	Humide/rivage		Sporadique	Herbacées			NV/PS
<i>Galium circaezans</i>	gaillet fausse-circée	SDMV	Forestier	Calcicole	Nord	Herbacées			MV
<i>Gaylussacia bigeloviana</i>	gaylussaquier de Bigelow	Menacée	Humide/rivage	Calcicole	Ouest	Arbres/arbustes			NV/PS
<i>Gentiana clausa</i>	gentiane close	SDMV	Ouvert		Nord	Herbacées	1768,8	-6,2	NV/PS
<i>Gentiana nivalis</i>	gentiane des neiges	SDMV	Arctique/alpin		Ouest	Herbacées			EV
<i>Gentianella propinqua</i> ssp. <i>propinqua</i> -p09, p11	gentiane fausse-amarelle	SDMV	Arctique/alpin	Calcicole	Disjointe	Herbacées			HV
<i>Gentianopsis crinita</i>	gentianopsis frangée	SDMV	Ouvert	Calcicole	Nord	Herbacées	187,4	-49,4	MV
<i>Gentianopsis detonsa</i> ssp. <i>nesophila</i> -p09	gentiane des îles	SDMV	Estuaire/golfe	Calcicole	Disjointe	Herbacées			HV
<i>Gentianopsis virgata</i> subsp. <i>Macounii</i>	gentiane de Macoun	Menacée	Humide/rivage	Calcicole	Disjointe	Herbacées			EV
<i>Gentianopsis virgata</i> subsp. <i>victorinii</i>	gentianopsis de Victorin	Menacée	Estuaire/golfe	Calcicole	Endémique	Herbacées			EV
<i>Geranium carolinianum</i>	géranium de Caroline	SDMV	Ouvert	Calcicole	Nord	Herbacées			HV
<i>Geranium maculatum</i>	géranium maculé	SDMV	Humide/rivage		Nord	Herbacées	8633,3	0	NV/PS
<i>Geum macrophyllum</i> var. <i>perincisum</i>	benoite à folioles incisées	SDMV	Forestier		Est	Herbacées			NV/PS
<i>Goodyera pubescens</i>	goodyérie pubescente	Vulnérable	Forestier		Nord	Orchidées	1316,2	0	MV
<i>Gratiola aurea</i>	gratiolle dorée	SDMV	Humide/rivage		Sporadique	Herbacées			MV
<i>Gymnocarpium continentale</i>	gymnocarpe frêle	SDMV	Affleurement/escarpement		Disjointe	Ptéridophytes			MV
<i>Hackelia deflexa</i> subsp. <i>americana</i>	hackélia d'Amérique	SDMV	Affleurement/escarpement	Calcicole	Sporadique	Herbacées			NV/PS
<i>Hedeoma hispida</i>	hédéoma rude	SDMV	Ouvert		Nord	Herbacées	777,8	-53,3	NV/PS
<i>Hedeoma pulegioides</i>	hédéoma faux-pouliot	SDMV	Ouvert		Nord	Herbacées			NV/PS
<i>Helianthus divaricatus</i>	hélianthe à feuilles étalées	Vulnérable	Ouvert		Nord	Herbacées			MV
<i>Hieracium robinsonii</i>	épervière de Robinson	SDMV	Arctique/alpin		Sporadique	Herbacées			NV/PS
<i>Homalosorus pycnocarpus</i>	athyrie à sores denses	SDMV	Forestier	Calcicole	Nord	Ptéridophytes			NV/PS
<i>Hordeum brachyantherum</i> ssp. <i>brachyantherum</i>	orge des prés	Menacée	Estuaire/golfe		Disjointe	Herbacées			HV
<i>Houstonia longifolia</i>	houstonie à longues feuilles	SDMV	Affleurement/escarpement		Nord	Herbacées			MV
<i>Hudsonia tomentosa</i>	hudsonie tomenteuse	SDMV	Sableux		Sporadique	Arbres/arbustes	146,2	-63,2	NV/PS
<i>Hulteniella integrifolia</i>	marguerite à feuilles entières	SDMV	Arctique/alpin		Sud	Herbacées			HV
<i>Hydrophyllum canadense</i>	hydrophylle du Canada	Menacée	Forestier		Nord	Herbacées			NV/PS
<i>Hylodesmum nudiflorum</i>	desmodie nudiflore	SDMV	Forestier		Nord	Herbacées	25400	0	NV/PS
<i>Hypericum ascyron</i> ssp. <i>pyramidatum</i>	millepertuis à grandes fleurs	SDMV	Humide/rivage		Nord	Herbacées	623,3	-75,6	NV/PS
<i>Hypericum kalmianum</i>	millepertuis de Kalm	SDMV	Ouvert	Calcicole	Nord	Arbres/arbustes			HV
<i>Hypericum virginicum</i>	millepertuis de Virginie	SDMV	Humide/rivage		Nord	Herbacées	791,9	-12,1	NV/PS
<i>Ionactis linariifolia</i>	aster à feuilles de linair	Vulnérable	Humide/rivage		Nord	Herbacées	11450	0	NV/PS
<i>Iris virginica</i> var. <i>shrevei</i>	iris de Virginie	SDMV	Humide/rivage		Disjointe	Herbacées	966,7	0	MV
<i>Isoetes tuckermanii</i>	isoète de Tuckerman	SDMV	Humide/rivage		Sporadique	Ptéridophytes	542,3	-13,9	MV
<i>Juglans cinerea</i>	noyer cendré	SDMV	Forestier		Nord	Arbres/arbustes	934,8	0	MV
<i>Juncus acuminatus</i>	jonc à tépales acuminés	Menacée	Humide/rivage		Nord	Herbacées			MV
<i>Juncus anthelatus</i>	jonc branchu	SDMV	Humide/rivage		Nord	Herbacées			NV/PS
<i>Juncus ensifolius</i>	jonc à épées	SDMV	Humide/rivage		Est	Herbacées			HV
<i>Juncus greenii</i>	jonc de Greene	SDMV	Sableux		Nord	Herbacées			NV/PS
<i>Juncus longistylis</i>	jonc longistyle	SDMV	Humide/rivage		Est	Herbacées			MV
<i>Juncus torreyi</i>	jonc de Torrey	SDMV	Humide/rivage		Sporadique	Herbacées			NV/PS
<i>Juniperus virginiana</i> var. <i>virginiana</i>	genévrier de Virginie	SDMV	Ouvert		Nord	Arbres/arbustes			MV
<i>Justicia americana</i>	carmentine d'Amérique	Menacée	Humide/rivage		Nord	Herbacées			NV/PS
<i>Lactuca hirsuta</i>	laitue hirsute	SDMV	Forestier		Nord	Herbacées	650	-19,2	NV/AP
<i>Lathyrus venosus</i>	gesse veinée	SDMV	Humide/rivage	Calcicole	Disjointe	Herbacées	2850	0	HV

Nom scientifique	Nom français	Statut de conservation	Type d'habitat	Affinité géologique	Type de répartition	Groupe taxonomique	Changements potentiels de répartition (%)		Résultat IVCC
							Déplacement illimité	Sans déplacement	
<i>Leucophysalis grandiflora</i>	coqueret à grandes fleurs	SDMV	Ouvert		Sporadique	Herbacées			NV/PS
<i>Lilium canadense</i>	lis du Canada	Vul. récolte	Humide/rivage		Nord	Herbacées			MV
<i>Liparis liliifolia</i>	liparis à feuilles de lis	SDMV	Forestier		Nord	Orchidées			MV
<i>Lipocarpa micrantha</i>	lipocarpe à petites fleurs	SDMV	Sableux		Nord	Herbacées			NV/PS
<i>Lithospermum parviflorum</i>	onosmodie hispide	Menacée	Ouvert	Calcicole	Nord	Herbacées			EV
<i>Lobelia spicata</i>	lobélie à épi	SDMV	Ouvert		Sporadique	Herbacées			NV/PS
<i>Lycopus asper</i>	lycope rude	SDMV	Humide/rivage		Est	Herbacées			HV
<i>Lycopus laurentianus</i>	lycope du Saint-Laurent	SDMV	Humide/rivage		Endémique	Herbacées			HV
<i>Lycopus virginicus</i>	lycope de Virginie	SDMV	Humide/rivage		Nord	Herbacées	13150	0	MV
<i>Lysimachia hybrida</i>	lysimaque hybride	SDMV	Humide/rivage		Nord	Herbacées	1045	0	NV/PS
<i>Lysimachia quadrifolia</i>	lysimaque à quatre feuilles	SDMV	Forestier		Nord	Herbacées	3983,3	0	NV/PS
<i>Matteuccia struthiopteris</i>	matteucie fougère-à-l'autruche	Vul. récolte	Humide/rivage		Nord	Herbacées			NV/PS
<i>Melica smithii</i>	mélique de Smith	SDMV	Forestier		Est	Herbacées			NV/PS
<i>Micranthes gaspensis</i>	saxifrage de Gaspésie	SDMV	Arctique/alpin		Endémique	Herbacées			HV
<i>Micranthes stellaris</i>	saxifrage étoilée	SDMV	Arctique/alpin		Sud	Herbacées			HV
<i>Minuartia marcescens</i>	minuartie de la serpentine	Menacée	Affleurement/escarpement	Serpentinicole	Endémique	Herbacées			EV
<i>Moehringia macrophylla</i>	sabline à grandes feuilles	SDMV	Affleurement/escarpement	Serpentinicole	Disjointe	Herbacées			HV
<i>Monarda punctata</i> var. <i>villicaulis</i>	monarde ponctuée	Menacée	Sableux		Nord	Herbacées			MV
<i>Muhlenbergia sylvatica</i>	muhlenbergie des bois	SDMV	Humide/rivage		Nord	Herbacées	2051,7	0	NV/PS
<i>Muhlenbergia tenuiflora</i>	muhlenbergie ténue	Menacée	Forestier	Calcicole	Nord	Herbacées	14900	0	MV
<i>Mulgedium pulchellum</i>	laitue bleue	SDMV	Estuaire/golfe		Est	Herbacées			HV
<i>Myosotis verna</i>	myosotis printanier	Menacée	Humide/rivage	Calcicole	Nord	Herbacées			HV
<i>Myriophyllum heterophyllum</i>	myriophylle à feuilles variées	SDMV	Humide/rivage		Nord	Herbacées	1240	-86,7	MV
<i>Myriophyllum humile</i>	myriophylle menu	SDMV	Humide/rivage		Nord	Herbacées	981,9	0	NV/PS
<i>Najas gracillima</i>	naïade grêle	SDMV	Humide/rivage		Nord	Herbacées			NV/PS
<i>Najas guadalupensis</i> ssp. <i>olivacea</i>	naïade olivâtre	SDMV	Humide/rivage		Nord	Herbacées			MV
<i>Neottia bifolia</i>	listère du Sud	Menacée	Humide/rivage		Nord	Orchidées	741	0	NV/PS
<i>Neottia borealis</i>	listère boréale	SDMV	Forestier	Calcicole	Sporadique	Orchidées			HV
<i>Oenothera gaura</i>	gaura bisannuel	SDMV	Ouvert	Calcicole	Nord	Herbacées			HV
<i>Oenothera pilosella</i> ssp. <i>pilosella</i>	onagre piloselle	SDMV	Ouvert		Nord	Herbacées			MV
<i>Ophioglossum pusillum</i>	ophioglosse nain	SDMV	Ouvert		Nord	Herbacées			MV
<i>Oxytropis borealis</i> var. <i>hudsonica</i>	oxytropis de l'Hudsonie	SDMV	Arctique/alpin	Calcicole	Disjointe	Herbacées			EV
<i>Oxytropis borealis</i> var. <i>viscida</i>	oxytropis visqueux	SDMV	Estuaire/golfe	Calcicole	Disjointe	Herbacées			EV
<i>Oxytropis deflexa</i> ssp. <i>foliolosa</i> -p11	oxytropis à folioles nombreuses	SDMV	Estuaire/golfe	Calcicole	Disjointe	Herbacées			EV
<i>Packera cymbalaria</i>	séneçon fausse-cymbalaire	Menacée	Arctique/alpin	Calcicole	Disjointe	Herbacées			HV
<i>Packera indecora</i>	séneçon sans rayons	SDMV	Arctique/alpin		Est	Herbacées			NV/PS
<i>Packera obovata</i>	séneçon à feuilles obovales	Menacée	Forestier	Calcicole	Nord	Herbacées			HV
<i>Panax quinquefolius</i>	ginseng à cinq folioles	Menacée	Forestier		Nord	Herbacées	872,7	0	NV/PS
<i>Panicum flexile</i>	panic flexible	SDMV	Ouvert	Calcicole	Nord	Herbacées	7200	0	MV
<i>Panicum philadelphicum</i> ssp. <i>philadelphicum</i>	panic de Philadelphie	SDMV	Ouvert	Calcicole	Nord	Herbacées	1120	0	MV
<i>Panicum virgatum</i>	panic raide	SDMV	Humide/rivage		Nord	Herbacées			NV/PS
<i>Pedicularis palustris</i> subsp. <i>palustris</i>	pédiculaire des marais	SDMV	Humide/rivage		Ouest	Herbacées			HV
<i>Pedicularis sudetica</i> ssp. <i>interior</i>	pédiculaire à bractées dilatées	SDMV	Arctique/alpin	Calcicole	Est	Herbacées			EV
<i>Pellaea atropurpurea</i>	pelléade à stipe pourpre	Menacée	Affleurement/escarpement	Calcicole	Nord	Ptéridophytes			MV
<i>Pellaea glabella</i> ssp. <i>glabella</i>	pelléade glabre	SDMV	Affleurement/escarpement	Calcicole	Nord	Herbacées			HV
<i>Peltandra virginica</i>	peltandre de Virginie	SDMV	Humide/rivage		Nord	Herbacées			NV/PS

Nom scientifique	Nom français	Statut de conservation	Type d'habitat	Affinité géologique	Type de répartition	Groupe taxonomique	Changements potentiels de répartition (%)		Résultat IVCC
							Déplacement illimité	Sans déplacement	
<i>Penstemon hirsutus</i>	penstémon hirsute	SDMV	Affleurement/ escarpement	Calcicole	Nord	Herbacées			NV/PS
<i>Persicaria arifolia</i>	renouée à feuilles d'arum	SDMV	Humide/rivage		Nord	Herbacées			NV/PS
<i>Persicaria careyi</i>	persicaire de Carey	SDMV	Humide/rivage		Nord	Herbacées	620,7	-16,3	MV
<i>Persicaria robustior</i>	persicaire robuste	SDMV	Humide/rivage		Nord	Herbacées	852,1	-47,9	NV/PS
<i>Phegopteris hexagonoptera</i>	phégoptère à hexagones	Menacée	Forestier		Nord	Ptéridophytes	12850	0	NV/PS
<i>Physaria arctica</i>	lesquerelle arctique	SDMV	Humide/rivage	Calcicole	Disjointe	Herbacées			HV
<i>Physostegia virginiana</i> ssp. <i>virginiana</i>	physostégie de Virginie	SDMV	Estuaire/golfe		Disjointe	Herbacées			MV
<i>Phytolacca americana</i> var. <i>americana</i>	phytolaque d'Amérique	SDMV	Forestier	Calcicole	Nord	Herbacées	3625	0	NV/PS
<i>Pinus rigida</i>	pin rigide	Menacée	Ouvert		Nord	Arbres/arbustes	2425	0	MV
<i>Plantago eriopoda</i>	plantain à base velue	SDMV	Estuaire/golfe		Est	Herbacées			HV
<i>Platanthera flava</i> var. <i>herbiola</i>	platanthère petite-herbe	SDMV	Humide/rivage		Nord	Orchidées	642,1	-20,3	EV
<i>Platanthera macrophylla</i>	platanthère à grandes feuilles	SDMV	Forestier		Nord	Herbacées	273,1	-100	NV/PS
<i>Platanthera unalascensis</i>	pipérie d'Unalaska	SDMV	Forestier	Calcicole	Est	Herbacées			HV
<i>Platanus occidentalis</i>	platane occidental	SDMV	Humide/rivage		Nord	Arbres/arbustes			NV/PS
<i>Poa hartzii</i> subsp. <i>hartzii</i>	poa de Hartz	SDMV	Arctique/alpin		Sud	Herbacées			EV
<i>Poa saltuensis</i> ssp. <i>languida</i>	pâturen faible	SDMV	Forestier		Nord	Herbacées	517,1	-35,7	MV
<i>Poa secunda</i> ssp. <i>secunda</i>	pâturen de Sandberg	SDMV	Affleurement/ escarpement	Calcicole	Disjointe	Herbacées			MV
<i>Podophyllum peltatum</i>	podophylle pelté	Menacée	Forestier		Nord	Herbacées			MV
<i>Podostemum ceratophyllum</i>	podostémon à feuilles cornées	SDMV	Humide/rivage		Nord	Herbacées	10433,3	0	NV/PS
<i>Polanisia dodecandra</i> ssp. <i>dodecandra</i>	polanisie à douze étamines	SDMV	Ouvert		Nord	Herbacées	810,5	0	MV
<i>Polemonium van bruntiae</i>	polémoine de Van Brunt	Menacée	Humide/rivage		Sporadique	Herbacées			NV/PS
<i>Polygala ambigua</i>	polygale alterne	SDMV	Ouvert		Nord	Herbacées			NV/PS
<i>Polygala polygama</i>	polygale polygame	SDMV	Ouvert		Nord	Herbacées	2800	-37,5	MV
<i>Polygala senega</i>	polygale séneca	SDMV	Ouvert	Calcicole	Sporadique	Herbacées	11900	0	MV
<i>Polygonum douglasii</i>	renouée de Douglas	Vulnérable	Ouvert		Nord	Herbacées			MV
<i>Polypodium sibiricum</i>	polypode de Sibérie	SDMV	Ouvert		Est	Herbacées			EV
<i>Polystichum scopulinum</i>	polystic des rochers	Menacée	Affleurement/ escarpement	Serpentinicole	Disjointe	Herbacées			EV
<i>Potamogeton illinoensis</i>	potamot de l'Illinois	SDMV	Humide/rivage	Calcicole	Nord	Herbacées	215,4	-70,8	NV/PS
<i>Potamogeton pusillus</i> ssp. <i>gemmiparus</i>	potamot à gemmes	SDMV	Humide/rivage		Nord	Herbacées			NV/PS
<i>Potamogeton strictifolius</i>	potamot à feuilles raides	SDMV	Humide/rivage		Nord	Herbacées			NV/PS
<i>Potamogeton vaseyi</i>	potamot de Vasey	SDMV	Humide/rivage		Nord	Herbacées	398,5	-52,7	NV/PS
<i>Potentilla arenosa</i> ssp. <i>chamissonis</i>	potentille de Chamisso	SDMV	Ouvert		Sud	Herbacées			EV
<i>Potentilla bimundorum</i>	potentille des deux mondes	SDMV	Ouvert		Sud	Herbacées			EV
<i>Potentilla vahliana</i>	potentille de Vahl	SDMV	Ouvert	Calcicole	Sud	Herbacées			EV
<i>Proserpinaca palustris</i>	proserpinie des marais	SDMV	Humide/rivage		Nord	Herbacées	10850	0	NV/PS
<i>Prunus pumila</i> var. <i>susquehanae</i>	cerisier de la Susquehanna	SDMV	Sableux		Endémique	Arbres/arbustes	643,8	-28,5	NV/PS
<i>Pseudorchis straminea</i>	orchis paille	SDMV	Arctique/alpin		Disjointe	Orchidées			EV
<i>Pterospora andromedea</i>	ptéropore à feuilles d'andromède	Menacée	Forestier	Calcicole	Sporadique	Herbacées	42,7	-100	NV/PS
<i>Puccinellia andersonii</i>	puccinellie d'Anderson	SDMV	Estuaire/golfe		Sud	Herbacées			EV
<i>Puccinellia angustata</i>	puccinellie étroite	SDMV	Estuaire/golfe		Sud	Herbacées			HV
<i>Puccinellia nuttalliana</i>	puccinellie de Nuttall	SDMV	Estuaire/golfe		Sud	Herbacées			MV
<i>Pycnanthemum tenuifolium</i>	pycnanthème à feuilles étroites	SDMV	Ouvert		Nord	Herbacées			NV/PS
<i>Pycnanthemum virginianum</i>	pycnanthème de Virginie	SDMV	Humide/rivage		Nord	Herbacées	947,2	0	HV
<i>Ranunculus allenii</i>	renoncule d'Allen	SDMV	Arctique/alpin		Disjointe	Herbacées			HV
<i>Ranunculus flabellaris</i>	renoncule à éventails	SDMV	Humide/rivage		Nord	Herbacées	669,5	0	NV/PS
<i>Ranunculus rhomboideus</i>	renoncule rhomboïde	SDMV	Ouvert		Nord	Herbacées			EV
<i>Ranunculus sulphureus</i>	renoncule soufrée	SDMV	Arctique/alpin		Sud	Herbacées			EV

Nom scientifique	Nom français	Statut de conservation	Type d'habitat	Affinité géologique	Type de répartition	Groupe taxonomique	Changements potentiels de répartition (%)		Résultat IVCC
							Déplacement illimité	Sans déplacement	
<i>Rhus aromatica</i> var. <i>aromatica</i>	sumac aromatique	Vulnérable	Ouvert		Nord	Arbres/arbustes			NV/PS
<i>Rhus glabra</i>	sumac glabre	SDMV	Ouvert		Nord	Arbres/arbustes			NV/PS
<i>Rhynchospora capillacea</i>	rhynchospore capillaire	SDMV	Humide/rivage	Calcicole	Nord	Herbacées	320,5	-94,9	MV
<i>Rhynchospora capitellata</i>	rhynchospore à petites têtes	SDMV	Humide/rivage		Nord	Herbacées	2625	0	NV/PS
<i>Ribes oxycanthoides</i> ssp. <i>oxycanthoides</i>	groseillier du Nord	SDMV	Ouvert		Est	Arbres/arbustes			MV
<i>Rorippa aquatica</i>	armoracie des étangs	SDMV	Humide/rivage		Nord	Herbacées	220	-46,7	NV/PS
<i>Rubus flagellaris</i>	ronce à flagelles	SDMV	Humide/rivage		Nord	Arbres/arbustes	1800	0	MV
<i>Sabulina litorea</i>	sabline des grèves	SDMV	Humide/rivage	Calcicole	Endémique	Herbacées			HV
<i>Sabulina michauxii</i>	minuartie de Michaux	SDMV	Affleurement/escarpement	Calcicole	Nord	Herbacées	286,2	-89,7	NV/PS
<i>Sabulina rossii</i>	sabline de Ross	SDMV	Humide/rivage	Calcicole	Sud	Herbacées			EV
<i>Sagina nodosa</i> ssp. <i>nodosa</i>	sagine noueuse	SDMV	Estuaire/golfe		Disjointe	Herbacées			NV/PS
<i>Sagina saginoides</i> -p01, p11	sagine des Alpes	SDMV	Arctique/alpin		Disjointe	Herbacées			HV
<i>Sagittaria montevidensis</i> ssp. <i>spongiosa</i>	sagittaire spongieuse	Menacée	Estuaire/golfe		Disjointe	Herbacées			MV
<i>Salix amygdaloides</i>	saule à feuilles de pêcher	SDMV	Humide/rivage		Nord	Arbres/arbustes			NV/PS
<i>Salix arbusculoides</i>	saule arbustif	SDMV	Arctique/alpin		Disjointe	Arbres/arbustes			NV/PS
<i>Salix chlorolepis</i>	saule à bractées vertes	Menacée	Affleurement/escarpement	Serpentinicole	Endémique	Arbres/arbustes			HV
<i>Salix maccalliana</i>	saule de McCalla	SDMV	Estuaire/golfe		Est	Arbres/arbustes			MV
<i>Salix pseudomonticola</i>	saule pseudomonticole	SDMV	Arctique/alpin		Est	Arbres/arbustes			MV
<i>Samolus parviflorus</i>	samole à petites fleurs	SDMV	Humide/rivage		Nord	Herbacées			NV/PS
<i>Sanguinaria canadensis</i>	sanguinaire du Canada	Vul. récolte	Forestier		Nord	Herbacées	1823,5	0	NV/PS
<i>Sanicula canadensis</i> var. <i>canadensis</i>	sanicle du Canada	SDMV	Forestier		Nord	Herbacées			NV/PS
<i>Saururus cernuus</i>	lézardelle penchée	Menacée	Humide/rivage		Nord	Herbacées			NV/PS
<i>Sceptridium oneidense</i>	botryche d'Oneida	SDMV	Forestier		Nord	Ptéridophytes	943,3	-29,7	NV/PS
<i>Sceptridium rugulosum</i>	botryche à limbes rugueux	SDMV	Ouvert		Nord	Ptéridophytes			NV/PS
<i>Schizaea pusilla</i>	schizée naine	SDMV	Humide/rivage		Ouest	Herbacées			MV
<i>Schoenoplectiella purshiana</i> var. <i>purshiana</i>	scirpe de Pursh	Menacée	Humide/rivage		Nord	Herbacées			NV/PS
<i>Schoenoplectus heterochaetus</i>	scirpe à soies inégales	SDMV	Humide/rivage		Nord	Herbacées	728,1	-81,7	NV/PS
<i>Scirpus ancistrochaetus</i>	scirpe à crochets	SDMV	Humide/rivage		Endémique	Herbacées			NV/PS
<i>Sedum villosum</i>	orpin velu	SDMV	Estuaire/golfe		Disjointe	Herbacées			HV
<i>Selaginella eclipses</i>	sélaginelle cachée	SDMV	Humide/rivage		Nord	Herbacées			NV/PS
<i>Sisyrinchium angustifolium</i>	bermudienne à feuilles étroites	SDMV	Humide/rivage		Nord	Herbacées			MV
<i>Solidago chlorolepis</i>	verge-d'or à bractées vertes	Menacée	Affleurement/escarpement	Serpentinicole	Endémique	Herbacées			MV
<i>Solidago leiocarpa</i>	verge-d'or de Cutler	SDMV	Arctique/alpin		Endémique	Herbacées			MV
<i>Solidago racemosa</i>	verge d'or à grappes	SDMV	Humide/rivage	Calcicole	Sporadique	Herbacées			MV
<i>Solidago randii</i>	verge-d'or de la serpentine	SDMV	Affleurement/escarpement	Serpentinicole	Endémique	Herbacées			MV
<i>Sparganium androcladum</i>	rubanier rameux	SDMV	Humide/rivage		Nord	Herbacées	745,8	-8,3	NV/PS
<i>Sparganium glomeratum</i>	rubanier aggloméré	SDMV	Humide/rivage		Sporadique	Herbacées			NV/PS
<i>Spiranthes casei</i> var. <i>casei</i>	spiranthe de Case	SDMV	Humide/rivage		Nord	Orchidées	148,1	-100	NV/PS
<i>Spiranthes lucida</i>	spiranthe lustrée	SDMV	Humide/rivage		Nord	Orchidées	564	-12	MV
<i>Sporobolus compositus</i> var. <i>compositus</i>	sporobole rude	SDMV	Ouvert	Calcicole	Nord	Herbacées			HV
<i>Sporobolus heterolepis</i>	sporobole à glumes inégales	SDMV	Ouvert	Calcicole	Est	Herbacées			NV/PS
<i>Sporobolus vaginiflorus</i> var. <i>vaginiflorus</i>	sporobole engagé	SDMV	Ouvert		Nord	Herbacées	915,5	-1,4	NV/PS
<i>Staphylea trifolia</i>	staphylier à trois folioles	SDMV	Forestier	Calcicole	Nord	Arbres/arbustes	1111,1	0	MV
<i>Stellaria alsine</i>	stellaire fausse-alsine	SDMV	Humide/rivage		Sporadique	Herbacées	396,7	-3,3	MV
<i>Strophostyles helvola</i>	strophostyle ocracé	SDMV	Humide/rivage		Nord	Herbacées			HV
<i>Suaeda rolandii</i>	suéda de Roland	SDMV	Estuaire/golfe		Endémique	Herbacées			MV
<i>Symphotrichum anticostense</i>	aster d'Anticosti	Menacée	Humide/rivage	Calcicole	Endémique	Herbacées			HV

Nom scientifique	Nom français	Statut de conservation	Type d'habitat	Affinité géologique	Type de répartition	Groupe taxonomique	Changements potentiels de répartition (%)		Résultat IVCC
							Déplacement illimité	Sans déplacement	
<i>Symphotrichum lanceolatum</i> ssp. <i>lanceolatum</i> var. <i>interior</i>	aster continental	SDMV	Ouvert		Nord	Herbacées			HV
<i>Symphotrichum laurentianum</i>	aster du golfe du Saint-Laurent	Menacée	Estuaire/golfe		Endémique	Herbacées			HV
<i>Symphotrichum novi-belgii</i> var. <i>villicaule</i>	aster villeux	SDMV	Humide/rivage		Endémique	Herbacées			NV/PS
<i>Symphotrichum pilosum</i> var. <i>pringlei</i>	aster de Pringle	SDMV	Ouvert	Calcicole	Nord	Herbacées	205,2	-13,2	HV
<i>Symphotrichum robynianum</i> -p07, p15	aster de Robyns	SDMV	Ouvert	Calcicole	Disjointe	Herbacées			MV
<i>Taenidia integerrima</i>	ténidia à feuilles entières	SDMV	Forestier		Nord	Herbacées	3666,7	0	NV/PS
<i>Taraxacum latilobum</i>	pissenlit à lobes larges	SDMV	Estuaire/golfe	Calcicole	Endémique	Herbacées			MV
<i>Taraxacum laurentianum</i>	pissenlit du golfe du Saint-Laurent	SDMV	Estuaire/golfe	Calcicole	Endémique	Herbacées			MV
<i>Thalictrum dasycarpum</i>	pigamon pourpré	SDMV	Estuaire/golfe		Est	Herbacées			NV/PS
<i>Thalictrum revolutum</i>	pigamon à feuilles révolutes	SDMV	Humide/rivage		Disjointe	Herbacées			MV
<i>Thelypteris simulata</i>	thélyptère simulatrice	Menacée	Humide/rivage		Nord	Ptéridophytes	1293,2	0	NV/PS
<i>Tofieldia coccinea</i>	tofieldie écarlate	SDMV	Arctique/alpin	Calcicole	Sud	Herbacées			EV
<i>Torreyochloa pallida</i> var. <i>pallida</i>	glycérie pâle	SDMV	Humide/rivage		Nord	Herbacées	563,7	-12,7	NV/PS
<i>Toxicodendron vernix</i>	sumac à vernis	SDMV	Humide/rivage		Nord	Arbres/arbustes	1425	-50	NV/PS
<i>Trichophorum clintonii</i>	trichophore de Clinton	SDMV	Humide/rivage		Sporadique	Herbacées	100,2	-70,6	NV/PS
<i>Trichophorum pumilum</i>	trichophore nain	SDMV	Estuaire/golfe	Calcicole	Disjointe	Herbacées			HV
<i>Trichostema brachiatum</i>	trichostème à sépales égaux	SDMV	Ouvert	Calcicole	Nord	Herbacées			MV
<i>Trichostema dichotomum</i>	trichostème fourchu	SDMV	Sableux		Nord	Herbacées	9250	0	MV
<i>Trillium grandiflorum</i>	trille blanc	Vul. récolte	Forestier		Nord	Herbacées	652,6	-25	NV/PS
<i>Ulmus thomasii</i>	orme liège	Menacée	Ouvert	Calcicole	Nord	Arbres/arbustes	26,1	-63,1	MV
<i>Utricularia geminiscapa</i>	utriculaire à scapes geminés	SDMV	Humide/rivage		Sporadique	Herbacées	509,9	-31,8	NV/PS
<i>Utricularia gibba</i>	utriculaire à bosse	SDMV	Humide/rivage		Sporadique	Herbacées	12900	0	NV/PS
<i>Utricularia radiata</i>	utriculaire rayonnante	SDMV	Humide/rivage		Ouest	Herbacées			NV/PS
<i>Utricularia resupinata</i>	utriculaire résupinée	SDMV	Humide/rivage		Sporadique	Herbacées			MV
<i>Uvularia grandiflora</i>	uvulaire à grandes fleurs	Vul. récolte	Forestier		Nord	Herbacées	691,4	0	NV/PS
<i>Valeriana uliginosa</i>	valériane des tourbières	Vulnérable	Humide/rivage	Calcicole	Sporadique	Herbacées	-19,6	-74,7	NV/PS
<i>Verbena simplex</i>	verveine simple	Menacée	Ouvert	Calcicole	Nord	Herbacées			MV
<i>Verbena stricta</i>	verveine veloutée	SDMV	Sableux		Nord	Herbacées			MV
<i>Veronica alpina</i>	véronique alpine	SDMV	Arctique/alpin	Calcicole	Sud	Herbacées			EV
<i>Veronica anagallis-aquatica</i>	véronique mouron-d'eau	SDMV	Humide/rivage		Nord	Herbacées	938,1	0	MV
<i>Viburnum recognitum</i>	viorne litigieuse	SDMV	Humide/rivage		Nord	Arbres/arbustes	1075,7	-2,7	MV
<i>Vicia americana</i> var. <i>americana</i>	vesce d'Amérique	SDMV	Ouvert		Est	Herbacées	440	-80	MV
<i>Viola rostrata</i>	violette à long éperon	SDMV	Forestier	Calcicole	Nord	Herbacées	243,2	-70,3	EV
<i>Viola sagittata</i> var. <i>ovata</i>	violette à feuilles frangées	SDMV	Ouvert		Nord	Herbacées	1600	0	HV
<i>Viola sagittata</i> var. <i>sagittata</i>	violette sagittée	SDMV	Ouvert		Nord	Herbacées	8700	0	EV
<i>Viola sororia</i> var. <i>affinis</i>	violette affine	SDMV	Forestier		Nord	Herbacées	1084,4	0	NV/PS
<i>Wolffia borealis</i>	wolffie boréale	SDMV	Humide/rivage		Nord	Herbacées	239,2	-27,5	NV/PS
<i>Woodsia obtusa</i> ssp. <i>obtusa</i>	woodsie à lobes arrondis	Menacée	Forestier	Calcicole	Nord	Ptéridophytes			NV/PS
<i>Woodsia oregana</i> ssp. <i>cathartiana</i>	woodsie de Cathcart	SDMV	Affleurement/escarpement	Calcicole	Disjointe	Herbacées			HV
<i>Woodsia scopulina</i> ssp. <i>laurentiana</i>	woodsie du golfe du Saint-Laurent	SDMV	Affleurement/escarpement	Calcicole	Disjointe	Herbacées			HV
<i>Woodwardia virginica</i>	woodwardie de Virginie	SDMV	Humide/rivage		Nord	Ptéridophytes	737	-34,6	NV/PS
<i>Zizania aquatica</i> var. <i>aquatica</i>	zizanie à fleurs blanches	SDMV	Humide/rivage		Nord	Herbacées	648,1	-35,2	NV/PS
<i>Zizania aquatica</i> var. <i>brevis</i>	zizanie naine	SDMV	Humide/rivage		Endémique	Herbacées			HV

Les valeurs socioculturelles et monétaires des services écologiques rendus par les parcs nationaux du Québec

Benoit Limoges

Résumé

Les retombées économiques des parcs nationaux du Québec pour les collectivités périphériques sont de plus en plus connues, mais l'ensemble des bénéfices rendus par ces aires protégées reste encore à définir, surtout les avantages non financiers. Cette étude révèle les valeurs socioculturelles et monétaires d'environ 70 services écologiques et autres bénéfices retirés des écosystèmes des 23 parcs nationaux du sud du Québec, dont leurs valeurs indirectes et de non-usage. Nous avons tenté de décrire chaque service écologique qualitativement et quantitativement. Dans certains cas, leur valeur monétaire a été estimée. La valeur économique totale des parcs nationaux, sur la base de la valeur des écosystèmes, est estimée à 1 milliard de dollars par année, ce qui représente un capital naturel de 31 milliards de dollars. La valeur économique totale est environ le triple de celle des retombées strictement financières enrichissant les communautés périphériques. Ces valeurs sont légèrement inférieures à celles rapportées pour les parcs nationaux ontariens ou américains.

MOTS CLÉS : parc national, service écologique, valeur monétaire, valeur socioculturelle, zone périphérique

Abstract

There is a growing understanding of the positive economic impacts of national parks in Québec (Canada) on surrounding communities; however, the entire suite of benefits provided by these protected areas, especially those of non-financial value, has yet to be defined. This study reveals the sociocultural and monetary values of approximately 70 ecosystem services and benefits provided by the 23 national parks of southern Québec, including the values linked to indirect use and non-use. Each service or benefit is described qualitatively and quantitatively. In some cases, monetary values were estimated. Based on the value of their ecosystems, the total economic value of the 23 national parks is estimated at CAD 1 billion per year, which represents a natural capital of CAD 31 billion. This total economic value is about three times that of the financial advantages to the surrounding communities. The values obtained in this study are slightly lower than those produced for national parks in Ontario and the United States of America.

KEYWORDS: ecosystem services, monetary value, national park, peripheral zone, sociocultural value

Introduction

Il est parfois avantageux d'estimer la valeur monétaire des services écologiques rendus par les parcs nationaux afin de faire valoir les bénéfices liés aux écosystèmes qu'ils protègent pour les communautés locales et la collectivité, au-delà des retombées économiques traditionnellement calculées. En effet, les écosystèmes génèrent des bénéfices concrets que l'on appelle services écologiques pour les humains, et ce, de 4 façons différentes : en stabilisant les conditions de notre milieu de vie, en produisant des matériaux utiles que l'on peut récolter, en favorisant un développement psychosocial optimal et en enrichissant notre vie matérielle, intellectuelle et spirituelle (Limoges, 2009).

Il est reconnu que les activités récréotouristiques dans les parcs nationaux occasionnent des retombées économiques dans les zones périphériques, comme les dépenses liées à l'alimentation, au transport, à l'hébergement ou à d'autres activités récréotouristiques. La Société des établissements de plein air du Québec (Sépaq) estime que chaque jour-visite dans un parc national génère 66 \$ de retombées pour les communautés vivant dans les régions limitrophes d'un parc

national (Sépaq, communication personnelle). Il est ainsi estimé qu'en 2017, les 4,5 millions de jours-visites par année généreront environ 300 millions de dollars pour ces collectivités.

Cependant, moins connus sont les autres avantages générés par les parcs nationaux pour les communautés voisines de ceux-ci et pour l'ensemble des Québécois. En effet, ces milieux naturels contribuent à la santé, à la sécurité, à la connaissance et au plaisir des personnes qui les fréquentent ou les voient. Ces bénéfices sont grandement méconnus, car ils sont peu tangibles et encore moins financiers. Les prochains chapitres vont s'attarder à expliquer ces bénéfices moins souvent évoqués et, dans certains cas, à révéler leur valeur monétaire.

La présente étude a été réalisée à la demande de la Sépaq dans le cadre d'un projet visant à sensibiliser les acteurs des zones périphériques des parcs nationaux du sud du Québec à l'importance de prendre en compte les enjeux de conservation

Benoit Limoges, biologiste, M. Sc., est un consultant indépendant en biodiversité et services écologiques. Il travaille au Québec et à l'international depuis 25 ans.

benoit.limoges@bell.net

des parcs nationaux dans la planification, la gestion et l'utilisation de ces territoires (Deshaies et Charest, 2017). C'est pourquoi, dans cet article, nous avons mis l'accent sur les avantages dont profitent les communautés qui vivent près d'un parc national et la collectivité qui investit dans son aménagement. Les services écologiques dont bénéficient les usagers sont aussi brièvement abordés. Les inconvénients liés à la présence d'un parc national ne sont pas décrits dans cette étude.

Méthodologie

Nous avons utilisé une approche empirique afin d'illustrer les valeurs socioculturelles et monétaires des services écologiques fournis par les parcs nationaux étudiés.

Une recherche documentaire a permis de caractériser les services écologiques générés par les écosystèmes des parcs nationaux. La littérature, les documents publiés par la Sépaq et l'expérience de l'auteur ont servi à identifier l'ensemble des services écologiques connus à ce jour et à les décrire qualitativement et quantitativement tout en faisant valoir les bénéfices qui en découlent.

Nous avons estimé la valeur monétaire de certains services écologiques en utilisant la méthode de transfert de bénéfices, appelée aussi méthode d'évaluation par transposition des valeurs. Cette méthode se base sur des valeurs monétaires provenant d'études scientifiques réalisées dans des écosystèmes comparables (tableau 1). En nous basant sur ces études, nous

Tableau 1. Références bibliographiques et valeurs monétaires utilisées.

Type d'écosystème	Références	Valeurs utilisées
Milieus humides	1, 2, 3, 4, 5, 6	1500-10 000 \$/ha/an
Forêts	1, 2, 3, 5, 6, 7, 11	1400-17 000 \$/ha/an
Lacs	2, 6, 7	2000-12 000 \$/ha/an
Saint-Laurent	7,8	2000-15 000 \$/ha/an
Type de service écologique	Références	Valeurs utilisées
Stockage du carbone	1, 3, 6, 9, 10, 11, 12	Milieus humides: 120 tonnes/ha
		Forêts: 220 tonnes/ha
Séquestration du carbone	1, 3, 6, 9, 10, 11, 12	Milieus humides: 0,3 tonne/ha/an
		Forêts: 0,5 tonne/ha/an
Purification de l'air	2, 5, 6, 9, 11, 12	Forêts: 10-300 \$/ha/an
Purification de l'eau	2, 6, 9, 11, 12	Milieus humides: 50-520 \$/ha/an
		Forêts: 15-200 \$/ha/an
Atténuation des inondations	2, 5, 6, 9, 11, 12	Milieus humides: 300-2000 \$/ha/an
		Forêts: 200-1500 \$/ha/an
Approvisionnement en eau	2, 3, 6	Milieus humides: 100-1000 \$/ha/an
		Forêts: 30-1000 \$/ha/an
Pollinisation	3, 5, 6, 10, 11, 12	Forêts: 10-40 \$/ha/an
Contrôle des ravageurs	2, 5, 6	Forêts: 15-40 \$/ha/an
Paysages	2, 13, 14, 15	Milieus humides: 100-500 \$/ha/an
		Forêts: 10-125 \$/ha/an
		Lacs: 150-500 \$/ha/an
		Saint-Laurent: 500 \$/ha/an
Services culturels autres que récréatifs ou esthétiques	13, 15	Milieus humides: 200-2000 \$/ha/an
		Forêts: 25-250 \$/ha/an
		Lacs et Saint-Laurent: 10-20 \$/ha/an
Valeur d'option	16, 17, 18, 19, 20, 21, 22	1 % de la valeur économique totale (VET)
Valeur de legs	17, 18, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28	10 % de la VET
Valeur d'existence	16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29	5 % de la VET

1 : Angers et collab., 2014; 2 : Dupras et collab., 2015; 3 : Dupras et Mahbulul, 2014; 4 : He et collab., 2015; 5 : Poder et collab., 2015; 6 : Wilson, 2012; 7 : Olewiler, 2004; 8 : Boquet, 2015; 9 : DePratto et Kraus, 2015; 10 : Dupras, 2014; 11 : Messier et collab., 2015; 12 : Wilson, 2010; 13 : Troy et Bagstad., 2009; 14 : Mueller et collab., 2016; 15 : Batker et collab., 2005; 16 : Adger et collab., 1994; 17 : Montagné et collab., 2005; 18 : Limoges, 2014; 19 : Chopra, 1993; 20 : Roberts et Leitch, 1997; 21 : Gan et collab., 2011; 22 : Walsh et collab., 1990; 23 : Pearce, 1996; 24 : Gunawardena et Rowan, 2005; 25 : Chiabai et collab., 2009; 26 : Yang et collab., 2008; 27 : Getzner, 2010a; 28 : Getzner, 2010b; 29 : Naidoo et Ricketts, 2006.

avons attribué des valeurs monétaires à chaque service écologique et à chaque type d'écosystème, c'est-à-dire une valeur en dollars canadiens, ramenée à sa valeur de 2016, par hectare par an (\$/ha/an), et ce, pour chaque parc national en fonction de son niveau de ruralité et de boréalité. En effet, un service écologique généré dans un parc national situé au nord et possédant une zone périphérique peu habitée a ainsi reçu une valeur monétaire par unité de surface inférieure à un autre situé au sud du Québec et entouré de multiples habitations. Le tableau 1 présente l'intervalle des valeurs utilisées. Ces intervalles se justifient par le fait que les écosystèmes de certains parcs nationaux contribuent plus que d'autres, selon leur fréquentation, la densité de la population dans leur zone périphérique et leur niveau de pollution, à la production de services écologiques. Cela se répercute sur la valeur par unité de surface des différents services écologiques.

Une fois la valeur d'un service écologique déterminée pour un type d'écosystème, nous avons multiplié la superficie en hectares de l'écosystème par cette valeur pour obtenir la valeur totale du service écologique pour le parc national concerné. Les superficies des écosystèmes ont été obtenues par une analyse des cartes écoforestières.

Pour chaque parc national, nous avons aussi estimé la valeur du capital naturel. Celui-ci s'apparente à un capital financier qui génère des intérêts chaque année, l'équivalent des services écologiques. Pour transformer une valeur annuelle en celle d'un capital, il suffit de le considérer comme un investissement sur 100 ans à un taux d'intérêt de 3,5 %, comme recommandé par Anielski et Wilson (2009).

Les valeurs présentées sont le résultat d'une approche conservatrice, c'est-à-dire que l'on a utilisé des valeurs parmi les plus basses, afin d'être certain de ne pas surévaluer le capital naturel. Il est important de comprendre que les valeurs monétaires présentées dans cette étude exploratoire sont des estimations grossières, des ordres de grandeur, et que ces valeurs pourraient être modifiées à la hausse ou à la baisse si de nouvelles données plus précises devenaient disponibles par la publication de nouvelles études, notamment par des analyses systématiques de monétarisation des valeurs directement liées aux territoires d'étude. En effet, le contexte territorial des articles consultés pour choisir ces valeurs peut différer significativement de celui des parcs étudiés, ce qui peut occasionner un biais dans l'évaluation monétaire.

Le terme « service écologique » a été utilisé au sens large, c'est-à-dire pour désigner l'ensemble des bénéfices et des valeurs tirés des écosystèmes.

Territoires à l'étude

Les 23 parcs nationaux du sud du Québec comprennent des milieux naturels couvrant environ 5 750 km². On a étudié l'ensemble des services écologiques, ce qui inclut leur mise en valeur, sauf dans le cas du parc national d'Opémican, qui n'est pas encore en opération. En effet, une certaine partie de la valeur des services écologiques est due à la mise en valeur par la Sépaq. C'est pourquoi l'accès aux écosystèmes, par le

biais des infrastructures et des équipements, de même que par les activités gérées par cette organisation sont inclus dans les estimations monétaires. Toutefois, la valeur économique des bâtiments, des infrastructures d'accès, des ressources humaines et l'entretien des actifs ne le sont pas. Sont aussi exclus de cette analyse les 50 km² des territoires sous bail.

Les écosystèmes des parcs nationaux génèrent plusieurs services écologiques somme toute semblables aux écosystèmes non protégés. Cette étude ne porte que sur les écosystèmes situés dans les parcs nationaux.

Résultats

Cette étude révèle les valeurs socioculturelles et monétaires d'environ 70 services écologiques et autres bénéfiques retirés des écosystèmes des 23 parcs nationaux du sud du Québec. Le tableau 2 présente la valeur totale de différents services écologiques, classés par catégorie, pour l'ensemble des parcs nationaux. Le tableau 3, quant à lui, présente la valeur des services écologiques en rapport avec la superficie de chaque parc national.

Lutte au changement climatique

Séquestration et stockage du carbone

Selon nos calculs, les écosystèmes des parcs nationaux séquestrent près de 250 000 tonnes de carbone par année (références au tableau 1). Cette quantité s'ajoute aux 100 millions de tonnes qui y sont déjà stockées dans les écosystèmes forestiers et aux 6 millions de tonnes se trouvant dans leurs milieux humides. Sur la base de la valeur sociale du carbone établie par Environnement et Changement climatique Canada (2016), ce service écologique vaut près de 28 M\$ par année (tableau 2) et contribue directement à l'atteinte des objectifs de l'Accord de Paris de lutte contre le changement climatique.

Les bénéfices rendus par les forêts

Purification de l'air et réduction du bruit

En absorbant les polluants par leurs feuilles, les forêts des parcs nationaux améliorent la qualité de l'air, surtout là où il est contaminé par des usines, des villes, des feux ou des activités génératrices de mauvaises odeurs situés à proximité. Chaque année, les forêts des parcs nationaux retirent plusieurs dizaines de milliers de tonnes de plusieurs polluants gazeux, comme le monoxyde de carbone, le dioxyde de soufre, le dioxyde d'azote et l'ozone. Ce service écologique contribue directement à la santé humaine, en réduisant la mortalité liée aux maladies respiratoires et cardiovasculaires.

De plus, les feuilles des végétaux capturent les poussières, notamment celles soulevées par les véhicules circulant sur les chemins de terre. Il en est de même de la réduction du bruit, lequel est absorbé par la forêt, surtout lorsque des végétaux de tailles variées la composent. Pour l'ensemble des parcs, ces services écologiques sont évalués à 7 M\$ par année (tableau 2).

Tableau 2. Valeurs monétaires estimées des services écologiques pour l'ensemble des 23 parcs nationaux¹.

Méthode de valorisation	Catégorie de valeur	Service écologique	Tous les parcs (\$/an)	
Services écologiques	Services de régulation	Séquestration et stockage du carbone	28 000 000	
		Purification de l'air	7 000 000	
		Purification de l'eau	50 000 000	
		Atténuation des inondations	145 000 000	
		Pollinisation	1 000 000	
		Contrôle des ravageurs	10 000 000	
		Autres services de régulation non évalués	Indéterminée	
	Services d'approvisionnement	Eau	135 000 000	
		Poissons	75 000	
	Services socioculturels	Récréotourisme	190 000 000	
		Paysage	36 000 000	
		Autres services socioculturels	70 000 000	
	Autres valeurs	Santé et développement humains, science, etc.	Indéterminée	
		Utilisation indirecte	Indéterminée	
		Valeur d'option	11 000 000	
		Valeur de legs	114 000 000	
		Valeur d'existence	57 000 000	
	Total des services écologiques	Total	854 000 000	
	Écosystèmes	Valeur des écosystèmes	Forêts	900 000 000
			Milieux humides	110 000 000
Lacs			110 000 000	
Fleuve et golfe du Saint-Laurent			20 000 000	
Total des écosystèmes		Valeur économique totale (VET)	1 130 000 000	
		VET par km ² (\$/km ²)	200 000	
Capital naturel		Capital naturel (\$)	31 000 000 000	

1. Les services écologiques sont présentés par catégories et non pas dans l'ordre du texte.

Dégradation des matières résiduelles

En effet, divers types de déchets organiques sont laissés dans les milieux naturels. La flore microbienne des sols forestiers est généralement efficace pour dégrader ces déchets organiques.

Protection contre les chutes de pierre

Certaines forêts judicieusement situées entre le pied d'une falaise et une route offrent une protection aux automobilistes contre les chutes de pierres, comme celle située entre la paroi du mont de l'Ours et la route 381 dans le parc des Grands-Jardins. De nombreux sentiers pédestres situés au pied d'une falaise bénéficient de la même protection.

Régulation du climat local

Lors de grandes chaleurs, les arbres rafraîchissent l'air. En hiver, les conifères atténuent la force des vents et ainsi jouent un rôle crucial dans la réduction des coûts de chauffage.

Pollinisation

Au Québec, plus de 350 espèces d'insectes pollinisent les plantes sauvages et cultivées. Plusieurs se reproduisent dans les forêts, puis se dirigent vers les cultures situées dans la zone contiguë au parc national pour en assurer la pollinisation. La valeur monétaire de la pollinisation pour l'ensemble des parcs nationaux est estimée à 1 M\$ par année (tableau 2).

Contrôle biologique

Des insectes prédateurs, des oiseaux insectivores ou rodentivores et des chauves-souris contrôlent les populations de ravageurs qui s'attaquent aux productions agricoles et forestières. En général, seules les productions contiguës aux parcs nationaux bénéficient directement de ce service écologique. Dans certains cas, ce service écologique peut rayonner loin des parcs nationaux. En effet, certains oiseaux et chauves-souris, nés dans un parc national québécois, migrent vers le sud où ils contribuent à réduire les populations de ravageurs. Pour l'ensemble des parcs nationaux, la valeur monétaire de ce contrôle biologique est estimée à 10 M\$ par année (tableau 2).

Chasse et observation d'oiseaux

Plusieurs oiseaux migrateurs se reproduisent dans les parcs nationaux puis migrent ensuite vers des contrées plus ou moins lointaines. Les espèces de sauvagine vont contribuer au bonheur des chasseurs. Ces volatiles réjouiront aussi les observateurs d'oiseaux lors de leurs périodes hivernales dans le sud.

Effet de halo

Enfin, la présence d'un parc national a aussi pour effet d'augmenter la diversité végétale dans la zone périphérique, où l'on recense plus d'espèces de plantes, en comparaison avec des habitats similaires sans aire protégée (Brudvig et collab., 2009).

Les bénéfices rendus par les milieux hydriques et humides

Protection contre l'érosion

Les écosystèmes d'un bassin versant capturent, filtrent et distribuent l'eau comme le font les organes du corps humain avec le sang. La végétation des parcs nationaux stabilisent les sols et les rives, et ainsi empêchent l'érosion hydrique et éolienne. De même, les particules du sol ne sont pas emportées dans les cours d'eau, ce qui évite des répercussions indésirables en aval, comme l'envasement de réservoirs hydroélectriques et celui des frayères.

Purification de l'eau

La majeure partie de l'eau qui circule dans un parc national entre en contact avec des milieux humides à un endroit ou un autre de son parcours d'écoulement. Les milieux humides filtrent les polluants présents dans l'eau. Sur la base d'études ayant évalué les frais d'exploitation des usines d'épuration, nous avons estimé la valeur de ce service écologique à 50 M\$ par année pour l'ensemble des parcs nationaux (tableau 2).

Approvisionnement en eau

Une part de l'eau dont s'abreuvent les usagers des parcs nationaux provient de l'eau de surface et de la neige. En effet, plusieurs refuges ne disposent pas de fontaines, ce qui amène certains randonneurs à s'approvisionner en eau directement dans les écosystèmes. Mais les plus nombreux bénéficiaires de l'approvisionnement en eau de surface sont les citoyens des municipalités, telles que Donnacona ou Cabano, qui puisent dans les cours d'eau qui s'écoulent des parcs nationaux une eau potable de bonne qualité, ce qui réduit les coûts de production d'eau potable pour ces municipalités.

Recharge de la nappe phréatique

Une partie de l'eau de pluie pénètre dans le sol des écosystèmes forestiers et rejoint l'aquifère. L'eau y transite avant de rejoindre un cours d'eau, une source ou un puits artésien. L'eau souterraine des nappes situées sous les parcs nationaux s'écoule souvent vers des zones habitées situées en aval de ceux-ci. Donc, plusieurs citoyens, entreprises ou municipalités qui puisent dans la nappe phréatique y extraient en fait de l'eau ayant transité par les écosystèmes d'un parc national. La valeur de l'eau produite par les écosystèmes naturels des parcs nationaux est estimée à 135 M\$ par année (tableau 2).

Atténuation des inondations

Les forêts et les milieux humides régularisent également le flot d'écoulement des rivières, prévenant ainsi les dégâts dus aux inondations. Dans un bassin versant sans végétation, la crue des rivières peut s'accroître jusqu'à 40 %, accentuant du coup les risques d'inondation. On estime que, pour chaque perte de 5 % de la couverture forestière, le volume des eaux de ruissellement augmente d'environ 2 % (MDDEP, n. d.). Par exemple, le parc national du Mont-Tremblant stabilise les flots de plusieurs rivières comme celles du Diable, L'Assomption et Matawin.

Tableau 3. Superficies et valeurs diverses pour chacun des 23 parcs nationaux du Québec.

Nom du parc national	Superficie de forêt (km ²)	Superficie de milieu humide (km ²)	Superficie de lac (km ²)	Superficie de Saint-Laurent (km ²)	Superficie totale (km ²)	Valeur des services écologiques (M\$/an)	Valeur des écosystèmes (M\$/an)	Valeur des écosystèmes par km ² (K\$/km ² /an)*	Capital naturel (M\$)
Aiguebelle	205	36	15	0	262	19	29	111	799
Anticosti	374	161	23	0	559	42	60	107	1 653
Bic	17	1	0	14	33	14	17	515	473
Fjord du Saguenay	285	6	17	0	324	25	44	136	1 227
Frontenac	115	25	16	0	157	29	38	242	1 055
Gaspésie	645	16	9	0	798	51	70	88	1 922
Grands-Jardins	243	22	13	0	305	22	31	102	853
Hautes-Gorges-de-la-Rivière-Malbaie	191	2	7	0	223	16	21	94	577
Île-Bonaventure-et-du-Rocher-Percé	5	0	0	1	6	3	6	1 000	152
Îles-de-Boucherville	3	2	0	1	8	12	6	750	179
Jacques-Cartier	615	37	16	0	661	164	191	289	5 281
Lac-Témiscouata	142	12	21	0	175	20	39	223	1 078
Miguasha	0	0	0	0	0,5	1	≈ 0	≈ 0	7
Mont-Mégantic	54	0	0	0	55	12	16	291	451
Mont-Orford	97	4	2	0	103	51	76	738	2 108
Mont-Saint-Bruno	7	1	1	0	9	44	14	1 556	375
Monts-Valin	141	8	3	0	152	12	22	145	602
Mont-Tremblant	1 330	86	95	0	1 507	224	348	231	9 618
Oka	12	4	8	0	23	41	28	1 217	785
Opémican	191	19	43	0	251	18	41	163	1 135
Plaisance	6	6	0	14	28	10	14	500	378
Pointe-Taillon	4	18	74	0	97	13	27	278	733
Yamaska	8	0	4	0	13	11	6	462	171
Total	4 682	466	362	30	5 750	854	1 143	200	31 613

Note : Les valeurs monétaires de ce tableau sont des estimations, des ordres de grandeurs, résultant de calculs complexes. Elles devraient être arrondies avant utilisation. Par exemple, la valeur totale des services écologiques à Aiguebelle devrait être comprise comme environ 20 M\$/an.

* Cette valeur correspond à la somme de la valeur des écosystèmes divisée par la superficie totale des parcs nationaux.

Prévention des sécheresses

À l'inverse, lorsque la pluie se fait rare, les milieux humides et forestiers relâchent l'eau accumulée, permettant ainsi d'éviter les sécheresses et de maintenir les habitats aquatiques même lors des étés les plus chauds et secs. Pour l'ensemble des parcs nationaux, les 2 précédents services écologiques de régulation valent au moins 145 M\$ annuellement (tableau 2).

Approvisionnement en poissons

Les lacs et les rivières des parcs nationaux produisent aussi de savoureux poissons. Dans les cours d'eau de 12 parcs nationaux, on offre différents types de forfaits de pêche. En 2016, on a pêché environ 93 000 poissons, notamment 74 000 ombles de fontaine (*Salvelinus fontinalis*), 1 000 dorés jaunes (*Sander vitreus*) et 4 saumons atlantiques (*Salmo salar*). Cela équivaut à plus de 12 tonnes de poisson, une valeur marchande estimée de 75 000 \$ par année (tableau 2).

Dans les écosystèmes aquatiques des parcs nationaux se trouvent des frayères qui produisent des poissons qui sont pêchés dans les zones périphériques. Par exemple, la corporation Le Saumon de la Rivière Malbaie, qui gère la pêche au saumon sur la rivière Malbaie, bénéficie des frayères situées dans les parcs nationaux des Hautes-Gorges-de-la-Rivière-Malbaie.

Approvisionnement en mollusques

Dans le parc national du Bic, il est par ailleurs possible de cueillir des mollusques sur la zone intertidale de la baie du Ha! Ha! De plus, les organismes benthiques, comme les moules, qui vivent à l'intérieur des parcs nationaux produisent des œufs et des larves qui vont enrichir les zones exploitées.

Activités récréotouristiques

Camping et hébergement

Les parcs nationaux offrent une multitude de types de camping et d'hébergement, ce qui permet de bénéficier des services écologiques même durant la nuit. Quelque 5 500 unités d'hébergement donnent accès à la nature, ce qui augmente d'autant le nombre des bénéficiaires des services écologiques ainsi que la valeur de ces derniers.

Activités récréatives

Qu'ils aient opté pour un bref ou un long séjour, les usagers passent généralement la journée à réaliser des activités récréatives de plein air au cours desquelles ils bénéficient des multiples services écologiques rendus par les écosystèmes naturels. Quelques exemples : l'ensemble des parcs nationaux offre des sentiers de randonnée pédestre sur une longueur totale de 1 300 km et des parcours cyclables sur plus de 230 km. Tous les parcs nationaux sont propices à l'observation de la faune. À certains endroits particulièrement favorables, des sites d'observation proposent des aménagements et des équipements facilitant l'observation des animaux.

Il y a des circuits de canot-camping dans 14 parcs nationaux, d'une longueur totalisant 225 km. Dans 5 parcs nationaux, il y a 7 plages surveillées qui attirent un grand nombre de baigneurs chaque été. Souvent associés à la baignade, de nombreux pique-niques, activités amicales, fêtes familiales et autres célébrations ont lieu dans tous les parcs nationaux, dans l'une des 162 aires de pique-nique. Diverses activités ni publicisées ni quantifiées ont lieu également dans les parcs nationaux, comme le jogging, la course nature, la course d'orientation, le géocaching, la photographie, la vidéo, la peinture, le dessin, le parapente, etc.

Activités participatives

Des organismes sans but lucratif organisent des activités sportives et participatives, comme le Défi Gros Mammouth, un parcours de vélo à pneus surdimensionnés au parc national de la Jacques-Cartier.

Activités de financement

Enfin, certains mènent des campagnes de financement à travers des activités, parfois extrêmes, qui se déroulent dans

un parc national, pour ajouter une dimension grandiose à leur exploit.

Les activités récréatives dans les parcs nationaux génèrent des revenus qui incluent les frais d'entrée et de stationnement, ainsi que ceux liés à l'hébergement, à certaines activités récréatives, à la location d'équipement, aux dépenses faites dans les dépanneurs et les Boutiques Nature (excluant les souvenirs, qui seront traités plus loin), la vente de cartes géographiques et les activités sportives participatives. Selon la Sépaq (comm. pers.), ces dépenses réalisées à l'intérieur des parcs nationaux s'élèvent à 38 M\$ par année.

Mais la valeur monétaire de ce service écologique ne saurait être restreinte aux seules dépenses effectuées à l'intérieur des limites des parcs nationaux. En fait, la valeur réelle des activités récréatives est supérieure aux dépenses faites dans le parc national, car il faut y ajouter les frais de transport et d'hébergement, ainsi que les dépenses de nourriture et d'équipement, comme l'équipement de camping. Sur la base d'études réalisées dans des parcs nationaux canadiens (Parcs Canada, 1992), il est estimé que 20 % des dépenses liées aux activités récréotouristiques sont effectuées dans les parcs nationaux et 80 %, à l'extérieur de ceux-ci. En s'appuyant sur la valeur précédente, la valeur monétaire totale des services écologiques récréotouristiques est estimée à 190 M\$ annuellement.

Santé physique et mentale

Bienfaits pour la santé

Il est maintenant prouvé que les personnes qui fréquentent souvent des milieux naturels améliorent leur santé. Les promenades renforcent le système immunitaire et diminuent les hormones du stress (Qing et collab., 2011) et réduisent les symptômes de l'anxiété, de la dépression ou de la colère (Morita et collab., 2007). Côté de la nature permettrait de guérir plus rapidement, de dormir mieux, d'avoir plus d'énergie, plus d'intuition, plus de profondeur dans ses relations humaines et finalement, plus de joie (Park et collab., 2007).

Certains thérapeutes recommandent ces promenades en forêt comme une « sylvothérapie » qui aurait une action préventive sur l'hypertension et le cancer (Li et collab., 2008). Les bénéfices ne proviendraient pas uniquement de la tranquillité et de l'exercice physique, mais également des bactéries bénéfiques, des ions négatifs et des composés organiques volatils émis par les arbres (Li et collab., 2006). Ces huiles essentielles auraient des propriétés antibactériennes et anti-inflammatoires.

Bienfaits pour le développement des enfants

Jouer dans la nature a aussi des influences positives sur le développement des enfants. Certaines organisations internationales, par exemple, le *Children and nature network*¹ revendiquent le « droit de l'enfant à la nature » (Henstra, 2016), parce qu'un enfant qui a accès à un espace vert se développe

1. <https://www.childrenandnature.org/2015/01/19/the-right-to-a-walk-in-the-woods-childrens-connection-to-the-natural-world-should-be-considered-a-human-right/>

mieux, tant physiquement que mentalement (White et Stoecklin, 1998). Par exemple, la sensibilité, le raisonnement et le sens de l'observation seraient plus aiguisés et l'imaginaire, plus stimulé chez des jeunes en contact régulier avec le monde naturel. Les parcs nationaux contribuent donc à lutter contre le « déficit nature », un manque de contact avec la nature qui pourrait avoir des répercussions négatives sur la santé et le comportement des enfants (Cobb, 1977; Ulrich, 1993). Par ailleurs, il est reconnu que les hyperactifs peuvent mieux se concentrer après des jeux en forêt. En effet, selon la théorie de la « restauration de l'attention », en sortant de la routine et en favorisant une activité mentale paisible où la concentration est facile, la nature procurerait des conditions mentales qui faciliteraient par la suite le retour à l'attention directe.

Les parcs nationaux sont une destination famille où les enfants peuvent avoir accès gratuitement² aux écosystèmes naturels. Plusieurs activités et services leur sont spécifiquement offerts. Toutes ces mesures favorisent le contact des enfants avec la nature des parcs nationaux et ainsi leur développement psychosocial.

Développement du capital humain

Activités scolaires

En 2015, quelque 166 activités scolaires différentes ont été réalisées dans l'ensemble des parcs nationaux. Plusieurs activités éducatives de la Sépaq répondent aux besoins spécifiques liés à l'acquisition des compétences des programmes de chaque niveau scolaire. Plus de 33 000 élèves par année bénéficient des écosystèmes des parcs nationaux pour développer leurs connaissances ou tout simplement aller jouer dans la nature. Les parcs nationaux servent aussi dans le cadre de cours au cégep ou à l'université, comme lors d'excursions de botanique. Des cours d'éducation physique au cégep visant l'acquisition de compétences en plein air se déroulent dans des parcs nationaux, par exemple, le canot-camping dans le parc national de la Jacques-Cartier.

Activités de découverte

De plus, les parcs nationaux proposent une multitude d'activités animées : causeries, randonnées guidées, excursions accompagnées sur l'eau, représentations théâtrales, animations à un endroit propice pour susciter des réflexions et répondre aux questions, par exemple, en bordure des colonies de fous de Bassan (*Sula bassanus*) de l'île Bonaventure. Dans 18 parcs nationaux, on organise des activités guidées visant l'observation et l'étude de la faune.

Chaque année, plus de 300 000 visiteurs participent à une activité de découverte parmi les 340 différentes qui sont offertes dans le réseau des parcs nationaux. Dans le cadre de cette étude, les frais associés aux activités éducatives ont été inclus dans l'estimation des activités récréotouristiques.

Des activités d'associations d'ornithologues et d'autres observateurs de la nature ont souvent lieu dans les parcs

nationaux, indépendamment des activités organisées par la Sépaq.

Ces activités éducatives sensibilisent leurs participants aux enjeux environnementaux, ce qui favorise le virage vers le développement durable. En effet, les activités éducatives en nature favoriseraient la construction de ponts entre la théorie et la pratique, entre l'école et la communauté, et entre les jeunes et leur futur. Cela aurait aussi un effet sur le lieu de contrôle, un concept psychologique aussi appelé le locus de contrôle, qui exprime le degré auquel un individu croit qu'il peut influencer le monde autour de lui (Choi et Marlowe, 2012). Un lieu de contrôle internalisé est corrélé avec de bons résultats scolaires et performances professionnelles.

Les parcs nationaux ont aussi des répercussions régionales en augmentant la sensibilité environnementale au sein de la population, notamment en faisant prendre conscience des valeurs intrinsèque et économique de la nature. Cela devient alors socialement acceptable pour les décideurs d'investir dans la conservation et la restauration écologique.

Avancement de la science

Recherche scientifique

Les écosystèmes des parcs nationaux du Québec sont des laboratoires naturels privilégiés. Dans l'ensemble du réseau, plus de 200 projets de recherche scientifique ont lieu chaque année (Sépaq, comm. pers.). Une part significative des projets d'acquisition de connaissances et de suivi sont menés par la Sépaq. Cet effort est estimé à 2 500 jours-personnes par année. Mais la majeure partie de la recherche est menée par des chercheurs venant des universités et des cégeps du Québec et d'ailleurs, mais aussi d'institutions de recherche gouvernementales, de compagnies et d'associations. Enfin, plusieurs données récoltées dans les parcs nationaux contribuent à des enjeux qui dépassent les parcs nationaux, par exemple pour la maladie de Lyme.

Diffusion de connaissances

Les leçons apprises dans les parcs nationaux sont régulièrement exportées, lors de colloques, vers d'autres praticiens exerçant dans des disciplines similaires. Que ce soit les méthodes de lutte aux espèces envahissantes ou de restauration des berges, les parcs nationaux sont des modèles qui en inspirent plus d'un.

Patrimoine

Valeur culturelle

Les écosystèmes des parcs nationaux servent de support à des pratiques culturelles et au souvenir d'événements passés qui sont valorisés par plusieurs Québécois. Les Premières Nations ont fréquenté le territoire des parcs nationaux longtemps avant leur création. Leur héritage est souligné dans diverses expositions. Ces activités de découverte permettent de comprendre la diversité des services écologiques dont bénéficiaient les Premières Nations qui fréquentaient jadis ces écosystèmes.

2. Les enfants de 17 ans et moins ne paient pas de droit d'entrée dans les parcs nationaux gérés par la Sépaq.

Valeur historique

Plusieurs faits historiques ou légendaires ont leurs racines dans des écosystèmes aujourd'hui devenus des parcs nationaux, par exemple, ceux entourant le personnage de Grey Owl au parc national du Lac-Témiscouata. Par ailleurs, certains sites semi-naturels ont une valeur patrimoniale historique, comme le secteur bâti du parc national du Mont-Saint-Bruno. Certains écosystèmes semi-naturels ont aussi un intérêt scientifique et patrimonial, comme l'Arboretum Gabriélieux, au parc national du Mont-Saint-Bruno, qui comprenait à son apogée 176 espèces d'arbres et d'arbustes.

Valeur spirituelle

Certains éléments semi-naturels ont une valeur patrimoniale religieuse. Par exemple, au sommet du mont Saint-Joseph, dans le parc national du Mont-Mégantic, un sanctuaire accueille les pèlerins depuis 1883. Ces sommets de montagne, situés près du ciel, sont considérés par plusieurs comme des lieux de rencontre avec Dieu. Certains de ces sites religieux sont encore utilisés aujourd'hui et contribuent à la valeur spirituelle des parcs nationaux.

Les parcs nationaux génèrent de nombreux bénéfices liés aux services écologiques socioculturels : patrimoine, spiritualité, capital humain... Leur valeur monétaire a été estimée à 70 M\$ par année (tableau 2).

Esthétique

Sens du lieu

Les parcs nationaux sont souvent créés là où existent des éléments naturels exceptionnels, ce qui leur confère une valeur esthétique incontournable. Certains endroits particuliers, comme les chutes, suscitent un sens du lieu qui fait penser aux visiteurs qu'ils se trouvent dans un site unique et exceptionnel.

Inspiration artistique

Certains paysages de parcs nationaux constituent la source d'inspiration d'artistes professionnels ou amateurs. D'ailleurs, plusieurs panoramas ont été immortalisés par des œuvres artistiques et demeurent aujourd'hui empreints de mémoire. Par exemple, sur l'île Bonaventure, le site de tournage du film *Les fous de Bassan*, d'après un roman d'Anne Hébert, est encore prisé par certains visiteurs.

Des tournages ou séances de photos publicitaires ont lieu chaque année dans les parcs nationaux. Par exemple, le film *De père en flic* a été tourné en partie dans le parc national des Grands-Jardins.

Paysages

On peut aussi admirer la beauté des écosystèmes des parcs nationaux à partir de l'extérieur de ceux-ci. Plusieurs commerces offrent un point de vue panoramique sur le parc national, comme la Villa Scandinave, à La Patrie, d'où on peut admirer le mont Mégantic dans toute sa splendeur.

La valeur des paysages des parcs nationaux est avant tout culturelle, mais il est possible de calculer leur valeur monétaire en se basant sur le prix des immeubles, qui est généralement plus élevé lorsqu'ils bénéficient d'un bon point de vue. Pour l'ensemble des parcs nationaux, on estime ce service écologique à 36 M\$ par année (tableau 2).

Retombées socioéconomiques

Valeurs des propriétés

La proximité d'un parc national revêt un pouvoir attractif pour le développement résidentiel et commercial. Dans les zones périphériques, les projets domiciliaires peuvent être très rentables pour les promoteurs qui y construisent souvent des résidences luxueuses et dispendieuses. Cela signifie des revenus accrus pour les municipalités voisines des parcs nationaux.

Des citoyens acceptent de payer plus cher pour acquérir une propriété adossée à un parc national. En effet, des études ont montré une augmentation de la valeur des propriétés situées à proximité de zones boisées allant jusqu'à 20 % selon la distance, pour une plus-value moyenne d'environ 10 000 \$ (Ville de Montréal, 2003).

Le parc national du Mont-Saint-Bruno est le seul qui soit situé en milieu urbain et limitrophe à un grand nombre de résidences. Selon une enquête à l'échelle québécoise (Maltais, 2012), les 10 résidences les plus onéreuses sur le marché québécois étaient toutes en bordure de ce parc national. La valeur ajoutée des propriétés autour de ce parc national a été estimée à 10 M\$, générant des taxes municipales à hauteur de 100 000 \$/an.

Bénéfices commerciaux

Si le nombre d'entreprises axées sur l'extraction des ressources peut diminuer après la création d'un parc national, celui des entreprises axées sur l'aménagement et l'entretien du parc national et de celles associées au récréotourisme augmente généralement dans la zone périphérique. En effet, certains hameaux, situés à proximité de l'entrée des plus anciens parcs nationaux, ont évolué pour offrir des services adaptés aux adeptes de la nature et du plein air, transformant ainsi le profil économique et social local.

La périphérie des parcs nationaux attire les investissements et les entreprises (Heagney et collab., 2015). On note également que les profits des entreprises et la valeur des édifices commerciaux peuvent s'accroître, tout comme les taxes associées, à la suite de la création d'une aire protégée (Department for Environment, Food and Rural Affairs, 2011). Souvent, le taux de chômage diminue et les revenus familiaux augmentent près des aires protégées, autant pour les travailleurs à bas salaire que pour les professionnels (Byrnes, 2015).

Il appert que la nouvelle économie permet à certains types d'entreprises dites « sans attaches » de sélectionner leur emplacement, non plus en vertu de la proximité des ressources nécessaires, mais plutôt en fonction de la qualité de vie de ses employés. C'est pourquoi, dans certains pays, il a été noté que des entreprises de technologie s'installent à proximité d'un parc

national, pour augmenter la productivité et la rétention de leurs employés, car leur succès est en partie redevable à des travailleurs satisfaits, en santé et ayant accès à des milieux naturels. On y a noté moins d'absentéisme qu'ailleurs (Parks Canada, 1997). C'est le cas notamment d'un corridor appelé *Sunrise strip*, à l'ouest de Londres, où plusieurs entreprises de haute technologie se sont installées, à proximité des parcs nationaux Brecon Beacons, Dartmoor et Exmoor (Waugh, 2003).

De plus, il semble qu'une municipalité qui aligne ses priorités de développement avec celles du parc national voisin a plus de chance de prospérer. En effet, des infrastructures municipales seront plus aisément financées par les gouvernements si elles ont des objectifs environnementaux clairs et convergents avec ceux du parc national, car elles serviront aux populations locales ainsi qu'aux touristes. En Australie, les municipalités voisines d'un parc national attirent une plus grande part des subventions gouvernementales que les autres (Heagney et collab., 2015).

Services sociaux

L'existence d'un parc national peut se traduire aussi par la présence accrue de certains services sociaux qui sont bénéfiques pour les populations riveraines : le renforcement de la prévention, de la surveillance et de la lutte contre les incendies, ainsi que la rapidité des secours en mer en sont 2 exemples. Le parc national de Gros-Morne, notamment, semble avoir attiré des professionnels de la santé et induit un plus faible nombre de patients par médecin dans les villages périphériques qu'ailleurs (Parks Canada, 1997).

Fondements de la structure sociale et sentiment d'appartenance

L'impact des parcs nationaux sur les communautés périphériques va bien au-delà des répercussions strictement économiques. Avec le temps, la vie de ces communautés et l'identité locale deviennent de plus en plus liées au parc national. La prospérité de ces villages contribue ainsi au sentiment d'appartenance et à la fierté d'être associé au parc national. Le sentiment d'appartenance se manifeste notamment par la création d'associations amies d'un parc national en particulier, comme Les Amis du parc national des Îles-de-Boucherville. Les personnes impliquées bénévolement dans ces associations en retirent divers avantages d'ordre philanthropique, dont un réseau social plus large. Le parc national devient ainsi un des fondements de la structure sociale locale et contribue à créer un sentiment d'autonomisation.

Afin de faciliter la concertation avec les parties prenantes externes relativement aux orientations des parcs nationaux, la Sépaq a mis en place des tables d'harmonisation pour chaque parc national. Cette concertation régionale crée aussi des occasions d'affaires pour les entreprises de la région. Par exemple, lors de la journée des parcs nationaux, elles avaient été invitées à venir présenter leurs produits du terroir, leurs activités et leurs services.

Utilisation indirecte

Contrairement à l'utilisation directe, l'utilisation indirecte, ou *ex situ*, du parc national peut comprendre un large éventail d'activités qui permettent à des gens de bénéficier de l'aire protégée sans être sur place, dans certains cas sans jamais même y être allé.

Documents audiovisuels et souvenirs

Chaque année, des millions de photos et de vidéos sont prises par les visiteurs dans les parcs nationaux du Québec. Une partie d'entre elles se retrouvent sur des pages Web personnelles et dans les médias sociaux. Cela crée intérêt et fascination chez ceux qui suivent à distance leurs voyages. Ces documents audiovisuels permettent de profiter à distance d'un parc national. Il en est de même avec les peintres, dessinateurs et photographes amateurs qui immortalisent un instant d'appréciation de la nature et qui le revivront à la maison au cours des années à venir, lorsqu'ils contempleront leur chef-d'œuvre. C'est aussi le cas de divers produits aux couleurs des parcs nationaux qui sont en vente dans les Boutiques Nature des parcs nationaux. Une fois à la maison, ces souvenirs contribuent à garder en mémoire et à prolonger l'expérience en nature.

Guides touristiques

Il y a aussi les livres et sites Web visant à guider la clientèle touristique, comme Québec Guide Touristique³, ou à informer certains adeptes d'activités de plein air, comme Aventure Écotourisme Québec⁴. Ces sites font connaître et promeuvent les parcs nationaux tout en permettant de planifier les voyages dans les parcs nationaux. Les guides touristiques, comme le Petit fûté⁵, proposent une sélection de parcs nationaux québécois, ce qui crée de l'emploi chez les chercheurs et auteurs. De plus, même si le touriste qui feuillette son guide ne traverse pas physiquement l'entrée d'un parc national, la lecture de la section sur un parc national laissera une marque dans sa mémoire et contribuera possiblement à l'image de prestige du territoire qu'il visite.

Publications

Un seul livre traite de l'ensemble des parcs nationaux québécois : *Parcs nationaux du Québec* (Enviro Foto, 2005). Les revenus associés à ce livre sont évalués à près de 210 000 \$. Les grands médias, comme Ici Radio-Canada, s'allient aux plus petits, comme Gaïa-Presse, pour relayer l'information sur les parcs nationaux (par exemple, pour publiciser la Journée des parcs nationaux). En traitant des parcs nationaux, des revues en ligne ou en papier, comme *L'actualité*, contribuent à l'élargissement des connaissances de leurs lecteurs. De multiples sites ou blogues d'intérêt général, comme *Québec original*⁶, publient régulièrement sur les parcs nationaux et ainsi suscitent

3. <http://www.quebec-guidetouristique.travel/>

4. <http://aeq.aventure-ecotourisme.qc.ca/>

5. <http://www.petitfute.ca/>

6. <https://www.quebecoriginal.com/fr-ca>

de l'intérêt pour la nature. Bien peu de films à long métrage ont été tournés sur les parcs nationaux du Québec. Le film québécois *Sens unique*⁷ raconte une difficile ascension hivernale dans le parc national des Hautes-Gorges-de-la-Rivière-Malbaie.

Des articles scientifiques et des thèses sont régulièrement publiés dans *Le Naturaliste canadien*, *Vertigo* ou dans diverses universités québécoises, parfois en collaboration avec des institutions savantes étrangères. La Sépaq elle-même publie depuis 14 ans le *Bulletin de conservation*. Ces ouvrages contribuent à l'avancement de la science et à l'enrichissement de nos vies intellectuelles. Et c'est sans compter qu'ils peuvent générer de l'engouement chez des jeunes, ce qui pourrait en mener certains à une orientation professionnelle ou à un engagement personnel envers la conservation de la nature.

Ces utilisations indirectes sont le plus souvent rattachées à la mission des parcs nationaux.

Publicité

Par contre, ce n'est pas toujours le cas des usages publicitaires, comme lorsqu'on utilise le décor naturel d'un parc national pour vendre des articles de plein air. En effet, des compagnies privées utilisent le prestige et le caractère naturel des parcs nationaux du Québec pour vendre leurs produits. Par ailleurs, la Sépaq utilise des images et des vidéos mettant en valeur les écosystèmes des parcs nationaux pour la promotion de ses activités en nature.

Activités éducatives

Des sites Web, comme Alloprof⁸, approfondissent des thématiques scolaires, telle la géographie, en traitant des parcs nationaux. Les écosystèmes naturels des parcs nationaux sont des sources d'apprentissage pour les jeunes jusque dans leur école. Par exemple, au cours de l'activité « Les parcs nationaux québécois : des territoires protégés », un ou une garde-parc rend visite aux élèves, en classe.

Spécimens biologiques

Dans le cadre de recherches scientifiques menées dans les parcs nationaux, des spécimens de faune ou de flore sont prélevés pour une analyse ultérieure en laboratoire ou pour une préservation à long terme, par exemple dans l'herbier Marie-Victorin. Ces études *ex situ* contribuent à l'acquisition de nouvelles connaissances et à la formation des spécialistes de demain. Le matériel biologique prélevé dans les parcs nationaux peut aussi servir à la restauration d'habitats et au rétablissement de populations d'espèces menacées, comme celles du ginseng américain (*Panax quinquefolius*).

Des graines récoltées dans certains parcs nationaux par le Jardin botanique de Montréal figurent à son *Index seminum*, le catalogue des semences qui sont offertes en échange aux institutions scientifiques du monde entier. Ces échanges jouent un rôle fondamental dans le développement des collections botaniques en facilitant l'accès à certaines espèces

peu disponibles autrement. Ainsi, certaines semences récoltées dans les parcs nationaux du Québec ont été mises en culture dans les serres de jardins botaniques de pays éloignés.

Philanthropie

Jusqu'à maintenant, bien peu de gens ont fait des dons significatifs destinés à accroître ou à améliorer le réseau des parcs nationaux. Un des premiers est Cyril Beauregard qui, en 1938, a fait un don de 500 \$ pour permettre l'acquisition, par le gouvernement du Québec, de terrains devant servir à créer le parc national du Mont-Orford. Les donateurs retirent parfois de leur investissement un avantage fiscal ou de renommée.

Valeur politique

Un dernier exemple d'usage indirect est la valeur politique que donne à une province ou à un pays le fait de posséder un réseau de parcs nationaux. En effet, en vertu d'accords juridiques, comme la Convention sur la diversité biologique, la mise en place d'un réseau d'aires protégées est obligatoire. Le Québec protège 9,35 % de son territoire (MDDELCC, 2017), ce qui lui donne de la crédibilité politique sur la scène onusienne.

Valeurs de non-usage

Les non-utilisateurs accordent une valeur aux parcs nationaux, sans les avoir sillonnés. Ils bénéficient d'avantages sans connaître l'endroit en question mais en sachant qu'il existe.

Valeur d'option

La valeur d'option décrit la valeur de flexibilité accordée à un écosystème et aux espèces le composant pour un usage futur que l'on ne connaît pas encore. La préservation du patrimoine génétique contribue à la valeur d'option. Ces ressources génétiques sont valorisées à cause de l'information qu'elles contiennent, laquelle pourrait servir à faire face à des événements imprévus, par exemple en adaptation aux changements climatiques. Par ailleurs, il est possible qu'un des organismes vivants devienne la source d'inspiration d'un scientifique et que le biomimétisme intervienne dans son processus d'innovation. Pour l'ensemble des parcs nationaux, la valeur d'option s'élève à 11 M\$ (tableau 2).

Valeurs de legs

Le legs est ce qu'on laisse aux générations futures, son héritage. Cette valeur traduit l'intérêt pour les besoins et attentes des générations futures. Pour l'ensemble des parcs nationaux, la valeur de legs est estimée à 114 M\$ (tableau 2).

Valeur d'existence

Il s'agit de la valeur dérivée de la seule satisfaction que ces écosystèmes existent et qu'ils continueront d'exister. Par exemple, on peut valoriser le fait de savoir que certaines espèces menacées vivent dans les parcs nationaux, même si on ne les verra jamais. Pour l'ensemble des parcs nationaux, la valeur d'existence s'élève à 57 M\$ (tableau 2).

7. <http://www.fqme.qc.ca/evenements/reel-rock-tour/films-2015/125-film-2014.html>

8. <http://www.alloprof.qc.ca/>

La valeur totale de non-usage du réseau des 23 parcs nationaux s'élève à 182 M\$ par année, un montant comparable (115 M\$) à celui estimé pour 10 parcs nationaux canadiens (Rolins et collab., n. d.).

Valeur du capital naturel

Il y a 2 façons de calculer la valeur économique totale (VET) d'un parc national : sur la base de la valeur des services écologiques ou sur celle des écosystèmes.

La première consiste à additionner la valeur des différents services écologiques mentionnés précédemment. Selon cette méthode, la valeur totale des parcs nationaux du Québec s'élève à environ 854 M\$ par année (tableau 2). Mais cette valeur n'est pas complète, car certains services n'ont pu être évalués, comme la santé humaine, le développement psychosocial des enfants ou l'avancement de la science.

La seconde façon d'établir la valeur monétaire d'un parc national est d'additionner la valeur monétaire associée aux différents écosystèmes naturels qui la composent, et ce, sur la base d'études menées dans des écosystèmes comparables. Ces valeurs comprendraient l'ensemble des services écologiques fournis par ce type d'écosystème. Sur cette base, la valeur monétaire des bienfaits fournis par les forêts des 23 parcs nationaux est estimée à 900 M\$ par année (tableau 2). Les milieux humides, quant à eux, génèrent des services écologiques estimés à 110 M\$ par année tandis que pour les lacs, le montant est évalué à 110 M\$ par année. Les sections du Saint-Laurent incluses dans les parcs nationaux valent environ 20 M\$ par année. La valeur monétaire des services écologiques rendus par l'ensemble des milieux naturels totalise donc 1,1 G\$ par année. Cette VET correspond au triple de la valeur estimée des retombées économiques présentées en introduction, soit les avantages strictement financiers enrichissant les communautés périphériques.

Les valeurs absolues les plus élevées vont aux plus vastes parcs nationaux, comme ceux du Mont-Tremblant et de la Jacques-Cartier, avec des VET d'environ 350 et 200 M\$/an (tableau 3). Lorsque l'on divise les VET des parcs nationaux par leur superficie, on obtient une valeur moyenne de 200 000 \$/km²/an. Dans ce cas, les valeurs les plus élevées vont aux parcs nationaux de plus petite superficie et situés en milieu périurbain, soit ceux du Mont-Saint-Bruno et d'Oka, avec des valeurs dépassant 1 000 000 \$/km²/an. En comparaison, la valeur moyenne des parcs nationaux américains est égale à 400 000 \$/km²/an (Haefele et collab., 2016). Pour le parc national des Mille-Îles, en Ontario, on a calculé une valeur d'environ 600 000 \$/km²/an (Statistique Canada, 2013), ce qui est comparable à celle du parc national du Bic.

Le réseau des 23 parcs nationaux du Québec représente un capital naturel de 31 G\$ (tableau 3). Cela ne veut pas dire qu'il faudrait déboursier ce montant pour acquérir ce réseau de parcs nationaux, mais plutôt que si on le détruisait, cela équivaldrait à 31 G\$ de moins dans le patrimoine naturel québécois. Toutes ces valeurs sont des estimations, des ordres de grandeur qu'il faut utiliser avec prudence, car les données utilisées pour les dériver proviennent d'écosystèmes différents.

Conclusion

Cette liste exhaustive des services fournis par les écosystèmes des parcs nationaux aux communautés voisines fait prendre conscience de l'importance de leur préservation. De plus en plus, on s'éloigne du paradigme par lequel la protection de la nature se fait au détriment des intérêts économiques locaux. En effet, il devient évident que la qualité des écosystèmes d'un parc national est corrélée avec l'ampleur de ses retombées socioéconomiques dans les communautés périphériques. Par ailleurs, si la conservation de la biodiversité dans le parc national est soutenue par les collectivités voisines, les gestionnaires du parc national peuvent atteindre leurs objectifs de conservation, tout en contribuant significativement au bien-être des résidents de la zone périphérique. C'est pourquoi il s'avère nécessaire de mener une planification stratégique concertée des zones contiguës au parc national.

Remerciements

Je tiens à remercier l'équipe de la Sépaq, en particulier Jessica Boulet et René Charest, pour leur appui pendant toute cette étude. Merci aussi à Jérôme Dupras, de l'Université du Québec en Outaouais, pour avoir révisé la méthode d'évaluation monétaire. Merci à ma conjointe Marie-Josée Robillard pour la révision linguistique et tant d'autres choses. Je dois souligner la valeur des commentaires fournis par les réviseurs du *Naturaliste canadien* : François Brassard, Martin Vachon, Nancy Gélinas, Pierre Périnet, Andrew P. Coughlan et Denise Tousignant. ◀

Références

- ADGER, N., K. BROWN, R. CERVIGNI et D. MORAN, 1994. Towards estimating total economic value of forests in Mexico. Centre for Social and Economic Research on the Global Environment, University of East Anglia and University College, London, *Ambio*, 24 (5) : 286-296.
- ANGERS, V., R. TITTLER, S. CARPENTIER, M. ALAM et C. MESSIER, 2014. Plan directeur des forêts du Parc du Grand-Coteau. Université du Québec à Montréal, Centre d'étude de la forêt, Montréal, 161 p.
- ANIELSKI, M. et S. WILSON, 2009. Counting Canada's natural capital: Assessing the real value of Canada's boreal ecosystems. Pembina Institute and the Canadian Boreal Initiative, Calgary, 90 p.
- BATKER, D., E. BARCLAY, R. BOUMANS et T. HATHAWAY, 2005. Ecosystem services enhanced by salmon habitat conservation in the Green/Duwamish and Central Puget Sound watershed. *Asia Pacific Environmental Exchange*, 92 p.
- BOQUET, R., 2015. Le Saint-Laurent recèle une richesse naturelle de plusieurs dizaines de millions de dollars. UQAR, Rimouski, 1 p. Disponible en ligne à : <http://www.uqar.ca/nouvelles/uqar-info/919-le-saint-laurent-recele-une-richesse-naturelle-de-plusieurs-dizaines-de-millions-de-dollars>
- BRUDVIG, L.A., E.I. DAMSCHEN, J.J. TEWKSBURY, N.M., HADDAD et D.J. LEVEY, 2009. Landscape connectivity promotes plant biodiversity spillover into non-target habitats. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 106 (23) : 9328-9332.
- BYRNES, R., 2015. An economic analysis of protected areas and Grand Canyon River rafting. *Ecology* 290, 10 p.
- CHIABAI, A., C.M. TRAVISI, H. DING, A. MARKANDYA et L.D. NUNES, 2009. Economic valuation of forest ecosystem services: methodology and monetary estimates. Working paper, Fondazione Eni Enrico Mattei, Milan.

- CHOI, F. et T. MARLOWE, 2012. The value of America's greatest idea: framework for total economic valuation of national park service operations and assets and Joshua Tree national park total economic value case study. A report provided to the National Park Service, 90 p.
- CHOPRA, K., 1993. The value of non-timber forest products: An estimation for tropical deciduous forests in India. *Economic Botany*, 47 (3): 251-257.
- COBB, E., 1977. The ecology of imagination in childhood. Columbia University Press, New York, NY, 139 p.
- DEPARTMENT FOR ENVIRONMENT, FOOD AND RURAL AFFAIRS, 2011. Assessment of benefits – working paper. National Park Authorities, London, 228 p.
- DEPRATTO, B. et D. KRAUS, 2015. The natural capital value of forest habitat conservation. Nature Conservancy Canada, Toronto, 5 p.
- DESHAIES, M.-È. et R. CHAREST, 2017. La conservation des parcs nationaux au-delà de leurs frontières. *Le Naturaliste canadien*, 142 (1): 50-63.
- DUPRAS, J., 2014. Évaluation économique des services écosystémiques dans la région de Montréal: analyse spatiale et préférences exprimées. Thèse présentée à la Faculté des arts et des sciences en vue de l'obtention du grade de Ph. D. en géographie, Département de géographie, Faculté des arts et des sciences, Université de Montréal, Montréal, 290 p.
- DUPRAS, J. et A. MAHBUBUL, 2014. Urban sprawl and ecosystem services: A half century perspective in the Montreal area (Quebec, Canada). *Journal of environmental policy & planning*, 17 (2): 180-200. doi:10.1080/1523908X.2014.927755.
- DUPRAS, J., J.-P. REVÉRET et J.-P. TOUSSAINT, 2015. Le transfert d'avantages et l'analyse spatiale – Le cas du Grand Montréal. Dans: *Nature et économie – Un regard sur les écosystèmes du Québec*, sous la direction de J. DUPRAS et J.-P. REVÉRET. Presses de l'Université du Québec, Montréal, p. 179-195.
- ENVIRO FOTO, 2005. Parcs nationaux du Québec. Éditions Gid, Québec, 240 p.
- ENVIRONNEMENT ET CHANGEMENT CLIMATIQUE CANADA, 2016. Mise à jour technique des estimations du coût social des gaz à effet de serre réalisées par Environnement et Changement climatique Canada. Disponible en ligne: <http://ec.gc.ca/cc/default.asp?lang=Fr&n=BE705779-1> [Visité le 08-08-17].
- GAN, F., H. DU, Q. WEI, et E. FAN, 2011. Evaluation of the ecosystem values of aquatic wildlife reserves: A case of Chinese Sturgeon Natural Reserve in Yichang reaches of the Yangtze River. *Journal of Applied Ichthyology*, 27: 376-382.
- GETZNER, M., 2010a. Ecosystem services, financing, and the regional economy: a case study from Tatra National Park, Poland. *Biodiversity*, 11 (1-2): 55-61.
- GETZNER, M., 2010b. Economic and cultural values related to protected areas part 1: Valuation of ecosystem services. Dans: *TATRA (PL) and SLOVENSKY Raj (SK) National Parks (2/2)*. Der öffentliche Sektor, Heft 1-2/2010 36: 3-42.
- GUNAWARDENA, M. et J.S. ROWAN, 2005. Economic valuation of a mangrove ecosystem threatened by shrimp aquaculture in Sri Lanka. *Environmental Management*, 36 (4): 535-550.
- HAEFELE, M., J. LOOMIS et L.J. BILMES, 2016. Total economic valuation of the National Park Service lands and programs: Results of a survey of the American public. Harvard University, Cambridge, MA, 48 p.
- HE, J., F. MOFFETTE, R. FOURNIER, J.-P. REVÉRET, J. DUPRAS, J. THÉAU et J.-P. BOYER, 2015. Une méta-analyse pour le transfert d'avantages économiques des biens et services écosystémiques fournis par les milieux humides au Québec. Dans: *Nature et économie – Un regard sur les écosystèmes du Québec*, sous la direction de J. DUPRAS et J.-P. REVÉRET. Presses de l'Université du Québec, Montréal, p. 115-129.
- HEAGNEY, E.C., M. KOVAC, J. FOUNTAIN et N. CONNER, 2015. Socio-economic benefits from protected areas in southeastern Australia. *Conservation Biology*, 29: 1647-1657.
- HENSTRA, A., 2016. Every child has the right to connect with nature. Day of general discussion 2016 on "Children's rights and the environment", 5 p. Disponible en ligne à: http://www.ohchr.org/Documents/HRBodies/CRC/Discussions/2016/AnneliesHenstra_2.pdf.
- LI, Q., A. NAKADAI, H. MATSUSHIMA, Y. MIYAZAKI, A. KRENSKY, T. KAWADA et K. MORIMOTO, 2006. Phytoncides (wood essential oils) induce human natural killer cell activity. *Forest Medicine Abstracts*, 28 (2): 319-333.
- LI, Q., M. KOBAYASHI et T. KAWADA, 2008. Relationships between percentage of forest coverage and standardized mortality ratios (SMR) of cancers in all prefectures in Japan. *The Open Public Health Journal*, 1: 1-7.
- LIMOGES, B., 2009. Biodiversité, services écologiques et bien-être humain. *Le Naturaliste canadien*, 133 (2): 15-19.
- LIMOGES, B., 2014. Valeur économique et socioculturelle de la réserve naturelle de Kounoukan, Guinée, et recommandations en matière de biodiversité et de changements climatiques. Rapport produit pour le Programme des Nations Unies pour le développement, Conakry, 129 p.
- MALTAIS, P.-A., 2012. La maison la plus dispendieuse en Montérégie: 6,5 M\$ pour un domaine. *Journal de Montréal*, 24 mai 2012. Disponible en ligne à: <http://www.journaldemontreal.com/2012/05/24/la-maison-la-plus-dispendieuse-en-montregie--65m-pour-un-domaine>.
- [MDDELCC] MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES, 2017. Registre des aires protégées. Disponible en ligne à: http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/biodiversite/aires_protegees/registre/. [Visité le 13-07-17].
- [MDDEP] MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS, n. d. Plus de végétation, moins d'inondations: Atténuation des inondations et des sécheresses. Capsules sur les services écologiques. Disponible en ligne à: <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/biodiversite/capsules/>.
- MESSIER, C., S. CARPENTIER, V.-A. ANGERS, R. TITTLER, A. ST-DENIS, T. HANDA, E. FILOTAS et A. PAQUETTE, 2015. La vraie valeur des arbres et des bois urbains et périurbains. Dans: *Nature et économie – Un regard sur les écosystèmes du Québec*, sous la direction de J. DUPRAS et J.-P. REVÉRET. Presses de l'Université du Québec, Montréal, p. 179-195.
- MONTAGNÉ, C., J.L. PEYRON, A. NIEDZWIEDZ et O. COLNARD, 2005. France. Dans: MERLO, M. et L. CROITORU (édit.) *Valuing Mediterranean forests: Towards total economic value*. CAB Publishing, Oxfordshire, p. 299-317.
- MORITA, E., S. FUKUDA, J. NAGANO, N. HAMAJIMA, H. YAMAMOTO, Y. IWAI, T. NAKASHIMA, H. OHIRA et T. SHIRAKAWA, 2007. Psychological effects of forest environments on healthy adults: Shinrin-yoku (forest-air bathing, walking) as a possible method of stress reduction. *Public Health*, 121: 54-63.
- MUELLER, H., D.P. HAMILTON et G.J. DOOLE, 2016. Evaluating services and damage costs of degradation of a major lake ecosystem. *Ecosystem Services*, 22 (B): 370-380.
- NAIDOO, R. et T.H. RICKETTS, 2006. Mapping the Economic Costs and Benefits of Conservation. [En ligne] *PLoS Biology* 4 (11), e360. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.0040360>.
- OLEWILER, N., 2004. The value of natural capital in settled areas of Canada. Ducks Unlimited Canada and the Nature Conservancy of Canada, 36 p.
- PARK, B.-J., Y. TSUNETSUGU, T. KASETANI, H. HIRANO, T. KAGAWA, M. SATO et Y. MIYAZAKI, 2007. Physiological effects of shinrin-yoku. *Journal of Physiological Anthropology*, 26: 123-128.
- PARKS CANADA, 1992. Economic impact analysis of canals, national historic sites and national parks in Ontario. The Coopers and Lybrand Consulting Group. 2 volumes.
- PARKS CANADA, 1997. Benefits of protected areas: The Gros Morne national park case study, Final Report. LOCKE et LINTER (édit.), Memorial University of Newfoundland, Saint-John, 41 p. + A37.
- PEARCE, D.W., 1996. Global environmental value and the tropical forests: Demonstration and capture. Dans: ADAMOWICZ, W., P. BOXALL, M. LUCKETT, W. PHILLIPS W. et W. WHITE (édit.). *Forestry, economics and the environment*, CAB International, Reading, p. 11-48.
- PODER, T., J. DUPRAS, F. FETUE NDEFO et J. HE, 2015. La valeur économique de la ceinture et de la trame bleue du Grand Montréal – La contribution des écosystèmes aquatiques à la qualité de vie des communautés. Fondation David Suzuki, Vancouver, 25 p.

- QING Li, Q., T. OTSUKA, M. KOBAYASHI, Y. WAKAYAMA, H. INAGAKI, M. KATSUMATA, Y. HIRATA, Y. LI, K. HIRATA, T. SHIMIZU, H. SUZUKI, T. KAWADA et T. KAGAWA, 2011. Acute effects of walking in forest environments on cardiovascular and metabolic parameters. *European Journal of Applied Physiology*, 111 (11): 2845-2853. doi:10.1007/s00421-011-1918-z.
- ROBERTS, L.A. et J.A. LEITCH, 1997. Economic Valuation of some wetland outputs of Mud Lake. Minnesota-South Dakota agricultural economics report No. 381, Department of Agricultural Economics, North Dakota Agricultural Experiment Station, North Dakota State University, Fargo, ND 58105.
- ROLINS, K., C. GUNNING-TRANT et A. LYKE, n.d. Estimating existence values for four proposed park sites in the Northwest Territories. Parks Canada and University of Guelph, Guelph, 113 p.
- STATISTIQUE CANADA, 2013. Étude de cas: Parc national des Mille-Îles. Disponible en ligne à: <http://www.statcan.gc.ca/pub/16-201-x/2013000/part-partie4-fra.htm>. [Visité le 08-08-17].
- TROY, A. et K. BAGSTAD, 2009. Estimating ecosystem services in Southern Ontario, province of Ontario. Prepared for the Ministry of Natural Resources by the Spatial Informatics Group, Pleasanton, 70 p.
- ULRICH, R.S., 1993. Biophilia, biophobia, and natural landscapes. Dans: KELLERT, S.R. et E.O. WILSON (édit.), *The biophilia hypothesis*, Island Press, Washington D.C., p. 73-137.
- VILLE DE MONTRÉAL, 2003. Estimation des retombées fiscales du projet de « Politique de protection des milieux naturels » de la Ville de Montréal. Rapport final. Produit par Municonsult pour le Service des parcs, Montréal, 26 p.
- WALSH, R.G., R.D. BJONBACK, R.A. AIKEN et D.H. ROSENTHAL, 1990. Estimating the public benefits of protecting forest quality. *Journal of Environmental Management*, 30 (2): 175-189.
- WAUGH, D., 2003. *The new wider world*. Nelson Thornes, Cheltenham, 328 p.
- WHITE, R. et V. STOEKLIN, 1998. *Children's outdoor play and learning environments: Returning to Nature*. White Hutchinson, Kansas City. Disponible en ligne à: <https://www.whitehutchinson.com/children/articles/outdoor.shtml>. [Visité le 08-08-17].
- WILSON, S., 2010. *Natural Capital in BC's Lower Mainland: Valuing the benefits from Nature*. Pacific Parklands Foundation, David Suzuki Foundation, Vancouver, 67 p.
- WILSON, S., 2012. *Canada's wealth of nature capital – Rouge National Park*. David Suzuki Foundation, Vancouver, 60 p.
- YANG, W., J. CHANG, B. XU, C. PENG et Y. GE, 2008. Ecosystem service value assessment for constructed wetlands: a case study In Hangzhou, China. *Ecological Economics*, 68 (1-2): 116-125.



L'ÎLE AUX LIÈVRES

www.ileauxlievres.com

SÉJOUR EN AUBERGE | CAMPING SAUVAGE
LOCATION DE MAISONNETTES | RANDONNÉE PÉDESTRE

Réserve aux amoureux du Saint-Laurent

MARINA DE RIVIÈRE-DU-LOUP
1 877 867-1660



PESCA
ENVIRONNEMENT

DES GENS DE RESSOURCES
DEPUIS **25**
ANS

Services-conseils en environnement

Énergie
Autorisations
Industrie
Communication
Stratégie
Société

Carleton-sur-Mer
Rimouski
Québec
Montréal
Calgary

pescenvironment.com 1 888 364-3139

La conservation des parcs nationaux au-delà de leurs frontières

Marie-Ève Deshaies et René Charest

Résumé

Le réseau des parcs nationaux du Québec vise à assurer la conservation et la protection permanente de territoires représentatifs des régions naturelles du Québec ou de sites naturels exceptionnels. Cependant, dans certains parcs, principalement ceux au sud du 50^e parallèle, il peut s'avérer ardu de répondre aux besoins des espèces à grand domaine vital en raison des superficies variables des parcs. De plus, l'utilisation ou la dégradation du territoire en périphérie de ces parcs peut contribuer à une perte de leur valeur écologique. Afin de favoriser la mise en œuvre de la mission de conservation des parcs nationaux, la Société des établissements de plein air du Québec (Sépaq) a entrepris de mobiliser les acteurs dans les territoires périphériques des parcs. Elle s'est fixé pour objectifs de caractériser les zones périphériques, de tenir des journées de réflexion rassemblant les acteurs locaux et régionaux et de mobiliser ces derniers afin qu'ils réalisent des actions concrètes pour mieux conserver ces territoires. Le maintien des richesses écologiques des parcs repose, en partie, sur l'engagement des acteurs à participer aux efforts de conservation en périphérie des parcs afin de réduire les effets des activités humaines sur les territoires protégés et assurer le maintien des services écologiques essentiels.

MOTS CLÉS : connectivité, conservation, parc national, services écologiques, zone périphérique

Abstract

The aim of the national park network in Québec (Canada) is to permanently conserve and protect zones that are representative of the natural regions found within the province, or outstanding natural areas. However, due to the limited size of certain parks, some, mostly located south of the 50th parallel, face challenges in responding to the habitat needs of species with large home ranges. Moreover, certain land-use activities within the peripheral zones of the parks may contribute to a degradation of their ecological value. To help accomplish the mission of the parks, the *Société des établissements de plein air du Québec* has undertaken to mobilize neighbouring stakeholders. To achieve this, it set itself the objectives of characterizing the peripheral zones; organizing discussion forums with local and regional stakeholders active within them; and rallying the latter to realize concrete conservation actions. Maintaining the ecological value of the parks relies partially on the engagement and participation of peripheral zone stakeholders in conservation efforts to reduce the impact of human activities on these protected lands. Their actions will help ensure that these areas can continue to fulfill essential ecological services.

KEYWORDS: connectivity, conservation, ecological services, national park, peripheral zone

Introduction

Lorsque le gouvernement du Québec crée un parc national, il délimite un périmètre à l'intérieur duquel sont soustraites toutes formes de prospection, d'utilisation et d'exploitation des ressources à des fins de production forestière, minière ou énergétique. Le passage d'oléoduc, de gazoduc et de ligne de transport d'énergie est également interdit à l'intérieur d'un parc. Un plan directeur est élaboré dans lequel on précise un zonage qui encadre les activités et services offerts dans le parc en fonction des éléments à protéger, en conformité avec la Loi sur les parcs (chapitre P-9), le Règlement sur les parcs (chapitre P-9, r. 25) et la Politique sur les parcs. Puis, par la pratique d'activités ayant peu ou pas d'influence sur le milieu naturel, les visiteurs venus profiter de ce territoire sont à même de mieux comprendre la valeur écologique, sociale et économique de ce site. Dans le but de maintenir la qualité du patrimoine naturel et culturel du parc, des inventaires et des suivis sont réalisés et certains sites dégradés sont restaurés. Lorsque la gestion des parcs est adéquate, l'effet de la présence de visiteurs demeure minime. Et les retombées sont

importantes : prise de conscience de la valeur du territoire, retombées économiques sur la région, sensibilisation de la population à la protection de la nature, santé physique et mentale associée au plein air, identité régionale, etc. Toutefois, certaines activités provenant de l'extérieur des parcs peuvent affecter la valeur écologique des parcs et leur capacité à générer des services écologiques. Pour bien protéger la biodiversité d'un parc national, une vision très large, à l'échelle du paysage, est requise. Les aires protégées doivent être intégrées dans toutes les sphères de l'aménagement et du développement régional, puisque ce qui se passe à l'extérieur des territoires protégés peut altérer de manière importante la capacité des milieux à maintenir leur biodiversité et leur valeur écologique.

René Charest (biol., M. Sc., M.A.P.) est spécialiste en conservation à la Société des établissements de plein air du Québec pour les parcs nationaux.

charest.rene@sepaq.com

Marie-Ève Deshaies (biol., M. Sc., M.E.I.) est biologiste à la Société des établissements de plein air du Québec pour les parcs nationaux.

Des parcs liés à leur périphérie

Un parc national n'évolue pas sous une cloche de verre. Les écosystèmes qui le composent sont étroitement liés à la nature de l'utilisation du territoire en périphérie (figure 1). Dans le cadre d'un forum de réflexion sur les zones périphériques des parcs nationaux tenu en 2014, la Sépaq a défini la « zone périphérique » d'un parc national comme « la zone à l'intérieur de laquelle les activités qui ont cours peuvent avoir un impact important sur la conservation du parc, sa biodiversité, son environnement et l'expérience des visiteurs, et inversement, à l'intérieur de laquelle la présence du parc a une influence positive importante sur la communauté qui y vit tant sur le plan de l'environnement que du développement social et économique » (Charest, 2015). Sa superficie varie en fonction de la réalité du terrain et des enjeux de conservation du parc.

Dans bien des cas, le territoire en périphérie des parcs est de plus en plus utilisé, modifié, aménagé, notamment par l'urbanisation, la construction de routes et d'infrastructures, l'occupation du territoire par l'agriculture ou à l'inverse, la déprise agricole, l'utilisation des ressources naturelles telles que la forêt, les minerais, etc. Toutes ces utilisations, orientées pour répondre à notre bien-être collectif, peuvent modifier la composition et la structure des habitats qui ceignent le parc. Elles peuvent avoir des conséquences importantes sur les populations de plusieurs espèces, tant animales que végétales, et sur les processus écologiques. Elles peuvent aussi contribuer à la dégradation de la qualité de l'environnement.

Les effets des activités de développement effectuées sur les territoires en périphérie des parcs nationaux, additionnés à ceux des changements climatiques, occasionnent des stress qui peuvent menacer les espèces et leurs habitats situés dans les parcs. La conservation des richesses écologiques des parcs repose notamment sur l'établissement d'une connectivité entre les milieux naturels situés dans les territoires protégés et ceux en périphérie. La connectivité peut s'exprimer de manières différentes : dans sa dimension terrestre, aérienne ou aquatique, ou selon la nature des enjeux de conservation qui s'avèrent aussi très différents selon la situation géographique. En effet, les parcs nationaux au sud du fleuve Saint-Laurent font face à des défis de connectivité différents de ceux au nord du fleuve, généralement en raison d'un développement urbain et agricole qui tend à réduire la biodiversité des milieux voisins des parcs.

La mise en place d'actions de protection visant de vastes territoires, où sont intégrés les parcs nationaux, d'autres types d'aires protégées ou des territoires faisant l'objet de mesures de conservation, s'avère donc essentielle pour répondre aux besoins en habitat des espèces à grand domaine vital. De



Figure 1. Zone périphérique du parc national d'Aiguebelle.

Parc national d'Aiguebelle, Sépaq

nombreuses initiatives internationales visent à maintenir ou à rétablir la connectivité entre les écosystèmes naturels à l'échelle de vastes territoires afin d'assurer le maintien de milieux de vie de qualité, tant pour les espèces animales et végétales que pour les êtres humains. C'est le cas du projet de conservation « Yellowstone to Yukon » qui s'étend sur une longueur de 3 218 km dans l'ouest du Canada et des États-Unis (Y2Y Conservation Initiative, n.d. a), pour un territoire totalisant 1,3 million de km². Le projet « Algonquin to Adirondack » cherche, quant à lui, à réunir les écosystèmes du parc Algonquin en Ontario à ceux du sud de l'État de New York sur un territoire de 104 000 km² (Algonquin to Adirondack Collaborative, n.d.). En Europe, des projets de conservation visent également à faire contribuer les communautés des aires d'adhésion en périphérie des zones « cœurs » des parcs à la mission de ces derniers, notamment dans le cas du parc national des Cévennes qui s'étend sur 2 973 km² en France où la nature et la culture sont au service l'une de l'autre (Parc national des Cévennes, 2017).

Au Québec, des initiatives tout aussi importantes ont vu le jour en vue de restaurer la connectivité des écosystèmes à l'échelle du paysage, comme la réserve naturelle des Montagnes vertes qui s'étend du mont Sutton au Québec jusqu'aux montagnes Vertes du Vermont sur 68 km² dans la chaîne des Appalaches (RNMV, n.d.), et le projet de Trame verte et bleue du Grand Montréal sur le territoire de la Communauté métropolitaine de Montréal, qui couvre un territoire de 4 360 km² (CMM, 2013).

Les communautés qui accueillent un parc national sur leur territoire bénéficient de nombreux services écologiques, particulièrement pour les zones périphériques les plus densément peuplées à proximité des parcs. Selon Limoges (2017), ces services rendus par les écosystèmes terrestres et aquatiques sont de nature très variée : purification de l'air et captage des poussières, régulation du climat local,

pollinisation des plantes sauvages et cultivées, amélioration de la qualité de la chasse, observation de la faune, contrôle de l'érosion hydrique et éolienne, approvisionnement en eau potable, etc. Ces milieux naturels offrent également des occasions de pratiquer des activités récréatives de plein air et de découverte, en plus de contribuer à une meilleure santé physique et mentale des visiteurs. Ils peuvent être associés à des valeurs culturelles et patrimoniales, ou encore à des paysages témoignant de l'évolution et de la richesse d'un territoire et de ses communautés. La présence des parcs peut représenter un intérêt économique pour les régions qui les accueillent en attirant des promoteurs immobiliers et commerciaux ainsi qu'une clientèle touristique susceptible de faire appel aux services offerts par les commerces de proximité (épiceries locales, hébergements, dépanneurs, restaurants, etc.).

Initiatives en zones périphériques des parcs

Depuis de nombreuses années, certains parcs nationaux mettent en place des projets visant à améliorer la valeur écologique des zones périphériques, en raison du rôle que ces dernières jouent dans l'atteinte des objectifs de conservation des parcs. En voici quelques-uns.

Parc national de la Gaspésie

La création du parc national de la Gaspésie en 1937 résulte, entre autres, d'une volonté de protéger le caribou de la Gaspésie (*Rangifer tarandus caribou*), qui fréquente les sommets du parc (Sépaq, 2017). En plus de la création du parc, différentes actions complémentaires ont été entreprises par les acteurs de la région afin de contribuer à rétablir l'espèce, notamment l'arrêt de la chasse sportive du caribou et la mise en place de modalités de gestion au niveau de l'exploitation des ressources naturelles (St-Laurent et collab., 2009). Déjà, en 1997, un comité constitué d'intervenants du ministère des Ressources naturelles et de la Faune (maintenant le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, ou MFFP) avait tenté d'identifier les aménagements forestiers qui devaient permettre de maintenir un habitat de qualité pour le caribou à l'extérieur du parc (St-Laurent et collab., 2009). Le territoire environnant fait l'objet depuis quelques années d'un plan d'aménagement forestier de l'aire de fréquentation du caribou de la Gaspésie (MRN, 2013), ainsi que de mesures de contrôle de ses prédateurs. Malgré ces efforts, la population du caribou de la Gaspésie ne cesse de décroître. Le constat qui se dégage de cette situation est que le parc national de la Gaspésie ne peut, à lui seul, protéger la harde de caribous à long terme dans un régime d'aménagement forestier intensif (St-Laurent et collab., 2009). Le parc continue de travailler en partenariat avec les intervenants de la zone périphérique pour préserver la population de caribous.

Parc national de Frontenac

Le parc national de Frontenac comprend une partie importante du Grand lac Saint-François et de ses rives (figure 2), dont le bassin versant couvre un territoire presque 8 fois plus grand que le parc. Les activités forestières et

agricoles et les développements urbains qui sont réalisés en amont du parc influencent la qualité de l'eau du lac. Depuis 2005, les gestionnaires du parc travaillent en partenariat avec les intervenants locaux et régionaux afin de protéger l'eau et les écosystèmes du Grand lac Saint-François. Six ans après sa création en 2006, le Regroupement pour la protection du Grand lac Saint-François rassemble 20 organismes, avec la mission d'améliorer la santé du lac et de son bassin versant. Un plan d'intervention en développement durable a permis d'identifier 57 actions à mettre en œuvre sur le territoire hors du parc, en lien avec le réseau routier, l'agriculture, la foresterie, l'amélioration des installations sanitaires, etc. (Charest et collab., 2012).

Parc national de la Yamaska

Le territoire de la municipalité régionale de comté (MRC) de la Haute-Yamaska, où se trouve le parc national de la Yamaska, a connu une importante déforestation de 1999 à 2009, en se voyant soustraire une superficie forestière équivalente à presque 2 fois celle du parc. Afin de freiner la fragmentation des habitats et de réduire l'effet de cette déforestation sur la qualité de l'eau du réservoir Choinière qui est entièrement inclus dans le parc national, l'initiative « La Ceinture verte du parc national de la Yamaska » a vu le jour en 2013. Réalisée en partenariat avec la Fondation pour la sauvegarde des écosystèmes du territoire de la Haute-Yamaska et Nature-Action Québec, elle a impliqué la collaboration, de 2013 à 2016, de 30 propriétaires fonciers, sensibilisés à l'importance de la connexion entre les milieux naturels de l'ensemble des propriétés (Mochon, 2014).

Parc national du Mont-Mégantic

Accueillant un centre de recherche en astronomie (Observatoire astronomique du Mont-Mégantic), un centre d'interprétation en astronomie (ASTROLab) ainsi qu'un observatoire ouvert au public, le parc national du Mont-Mégantic est tourné vers les étoiles. Comme la pollution lumineuse représentait un enjeu réel pour les activités du parc, ses gestionnaires ont dû faire appel à la collaboration de nombreux intervenants de la zone périphérique. En 2003, la Corporation de l'ASTROLab, épaulée par le parc national du Mont-Mégantic, l'Observatoire du Mont-Mégantic et de nombreux acteurs (instances locales, régionales, provinciales et fédérales), a été mandatée pour piloter un projet de lutte contre la pollution lumineuse, menant à la création de la première Réserve internationale de ciel étoilé au monde en 2007. Depuis les débuts du projet, grâce à l'implication de 35 municipalités, environ 700 intervenants ont été mobilisés sur le terrain, et 3 300 luminaires ont été remplacés. D'importantes économies d'énergie ont été réalisées (environ 1 820 000 kWh/an), et la pollution lumineuse a été réduite de 35 % (S. Giguère, parc national du Mont-Mégantic, comm. pers.). Les efforts de sensibilisation doivent toutefois être maintenus avec l'arrivée des dispositifs d'éclairage aux DEL blanches, qui polluent davantage le ciel étoilé. Cet aspect constitue l'une des 6 grandes priorités énoncées dans le plan d'action de la Réserve.

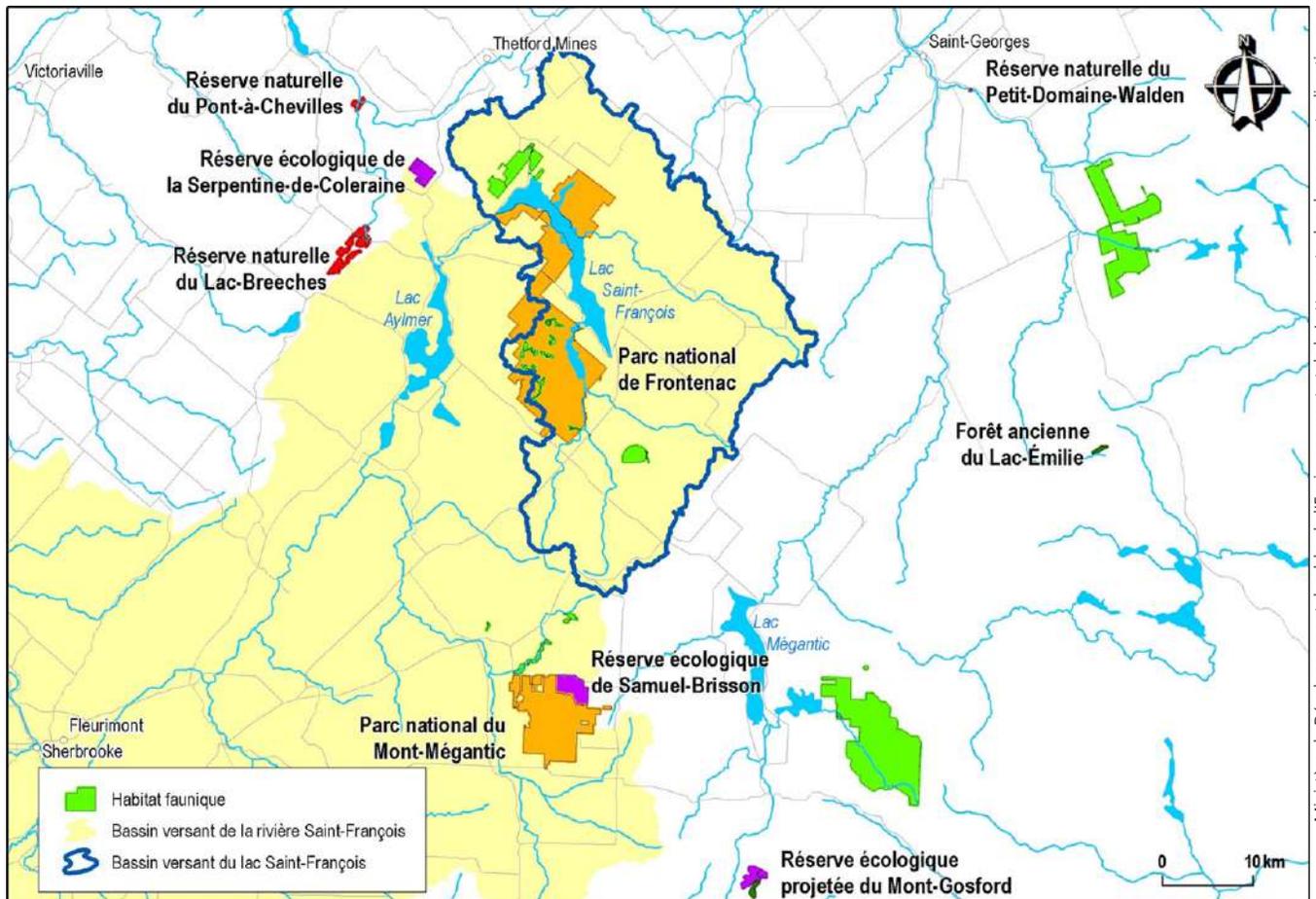


Figure 2. Emplacement du parc national de Frontenac sur le territoire du bassin versant du Grand lac Saint-François.

Des parcs intégrés à des projets de corridors écologiques

Certains parcs font actuellement partie de projets de corridors écologiques. C'est le cas notamment du parc national du Mont-Orford, que tente de relier l'organisme Corridor appalachien aux montagnes Vertes grâce à un réseau d'aires protégées interconnectées sur le territoire de la réserve naturelle des Montagnes-Vertes (RNMV, n.d.). Les parcs du Mont-Saint-Bruno, des Îles-de-Boucherville et d'Oka s'intègrent également dans un projet de corridor à l'échelle du paysage, soit la Trame verte et bleue du Grand Montréal, dont l'aire d'action couvre tout le territoire de la Communauté métropolitaine de Montréal (CMM, 2013). Le parc national d'Oka et le parc national du Mont-Tremblant sont également intégrés à un réseau d'éco-corridors et d'aires protégées interconnectées visant à relier les 2 parcs, grâce aux efforts de l'organisme Éco-corridors laurentiens (Éco-corridors laurentiens, 2016). Plus à l'est, les parcs des Grands-Jardins et des Hautes-Gorges-de-la-Rivière-Malbaie sont les 2 principales aires centrales (comprenant des écosystèmes protégés de manière stricte) identifiées sur le territoire de la Réserve de biosphère de Charlevoix (RMBC, n.d.).

La naissance d'un projet de zones périphériques à l'échelle du réseau

Le plan stratégique 2012-2017 de la Sépaq identifie l'importance que les intervenants des zones périphériques des parcs nationaux soient sensibilisés aux particularités de ces territoires et se mobilisent pour assurer leur protection (Sépaq, 2012). La mise en œuvre d'actions de conservation en périphérie des parcs repose sur un engagement volontaire de la part des intervenants locaux et régionaux à collaborer avec les gestionnaires des parcs aux objectifs de protection de la biodiversité à l'échelle régionale. Pour cette raison, la Sépaq a invité les communautés à prendre part à la conservation de leur territoire, notamment en « mobilisant les acteurs locaux et régionaux des zones périphériques des parcs nationaux afin de favoriser la réalisation de la mission de conservation des parcs nationaux » (Sépaq, 2012).

Un forum de réflexion

C'est dans ce contexte que la Sépaq a organisé, les 30 et 31 octobre 2014, un forum de réflexion sur les zones périphériques des parcs nationaux ayant pour titre « Agir ensemble pour conserver notre patrimoine ». Cet événement

a permis de réunir les directeurs des parcs nationaux, les présidents des tables d'harmonisation de chacun des parcs, qui sont souvent aussi des élus municipaux, les représentants des conseils régionaux de l'environnement, les ministères concernés, des organismes de conservation nationaux et régionaux, ainsi que des chercheurs universitaires. Au total, plus de 120 personnes ont pris part à l'événement. Deux conclusions en sont ressorties. D'abord, tous étaient d'avis de l'importance de poursuivre les efforts en matière de conservation des zones périphériques. Ensuite, tous ont convenu de l'importance de reprendre l'exercice qui venait d'être réalisé pour chacun des parcs nationaux à l'échelle de leur région.

À la suite du forum, la Sépaq s'est dotée d'un plan d'action comportant 4 orientations :

- 1) évaluer les enjeux de conservation;
- 2) sensibiliser et mobiliser les acteurs du milieu;
- 3) susciter la mise en place de mécanismes de concertation et de collaboration;
- 4) participer avec le milieu à la mise en œuvre d'actions.

Ce plan vise à mieux connaître les zones périphériques et à mobiliser les acteurs régionaux qui jouent un rôle dans la planification, la gestion ou l'utilisation de ces territoires. Ceux-ci pourront prendre en considération les enjeux de conservation du parc national et, dans certains cas, mettre en place des actions de conservation aux endroits qui en nécessitent. La Sépaq souhaite contribuer, lorsque pertinent, à la mise en place et à la réalisation de projets importants en partageant son expérience et ses expertises.

Considérant le potentiel d'intégration des projets de conservation à celui d'un parc national et de sa zone périphérique, la Fondation de la faune du Québec (FFQ) s'est associée à cette démarche. Grâce aux contributions financières de la FFQ, d'Environnement et Changement climatique Canada (Programme d'intendance de l'habitat pour les espèces en péril, ou PIH), et de plusieurs partenaires locaux et régionaux, un projet présentant 3 volets a été mis en œuvre :

- 1) caractériser la zone périphérique de chaque parc national afin de faire ressortir les enjeux de conservation et les sites ayant les plus grandes valeurs écologiques, et déterminer les actions qui pourraient contribuer à la protection du territoire;
- 2) tenir des journées de réflexion regroupant l'ensemble des acteurs locaux et régionaux qui jouent un rôle dans le devenir de la zone périphérique;
- 3) réaliser des actions concrètes afin de mieux conserver ces zones.

Les deux premiers volets ont été réalisés par la Sépaq, alors que le troisième a été réalisé par des organismes locaux ou régionaux. Ces derniers devaient développer des projets afin de sensibiliser les propriétaires terriens à proximité de certains parcs, d'évaluer la valeur écologique des terrains et d'identifier les habitats les plus fragiles ou particuliers. Ces efforts visaient à amener les propriétaires à s'engager envers la protection de leur territoire en signant des ententes de conservation volontaire et en prenant soin des écosystèmes de leur propriété.

Caractériser les zones périphériques

La caractérisation des zones périphériques des parcs nationaux visait à présenter le portrait des lieux, ainsi que les principales orientations pour l'utilisation et l'aménagement de ces territoires. L'analyse réalisée, dont la méthode est présentée ci-dessous, a permis d'identifier les secteurs qui présentent un intérêt écologique plus grand pour la préservation du parc national et de présenter des recommandations visant à inciter les acteurs locaux et régionaux à planifier l'aménagement de leur territoire en intégrant les enjeux de conservation des parcs ou à mettre en œuvre des actions de conservation.

Dans le texte qui suit, nous utiliserons le parc national de la Yamaska comme exemple pour présenter les éléments du processus de caractérisation qui ont été documentés pour l'ensemble des projets de zone périphérique.

Trois secteurs d'étude

Aux fins du projet, 3 secteurs d'étude ont été considérés en fonction de la gestion administrative du territoire (figure 3). Le secteur contigu correspond à une zone d'environ 1 km autour du parc englobant principalement les lots privés contigus au parc. Le secteur local correspond à un secteur d'environ 5 km de distance autour du parc qui intègre les municipalités ceinturant le parc. Le secteur régional correspond à une zone d'environ 15 km autour du parc et est abordé à l'échelle des MRC. Ses limites peuvent compter certaines portions supplémentaires de territoire afin d'inclure des éléments essentiels à la conservation des valeurs écologiques des parcs, par exemple, l'ensemble d'un bassin versant en amont de l'aire protégée. Ce dernier secteur correspond à la zone d'étude utilisée dans la caractérisation du territoire périphérique des parcs.

Un processus en 8 étapes

La caractérisation de la zone périphérique comprend 8 étapes successives (figure 4), dont la réalisation nécessite parfois la modification ou l'adaptation d'une étape antérieure. Plus précisément, le travail de caractérisation comprend :

- les enjeux de conservation du parc (p. ex., fragmentation du territoire, qualité de l'eau, qualité du paysage, espèces exotiques envahissantes, etc.) (étape 1);
- les secteurs d'étude (étape 2);
- un portrait administratif: tenure des terres, vocations du plan d'affectation du territoire public, affectations des terres, zonage agricole, titres miniers, titres de substances minérales de surface, permis de recherche de pétrole et gaz naturel, unités d'aménagement forestier, territoires fauniques structurés, etc. (étape 3);
- les usages actuels du territoire: couvert forestier, occupation du territoire, éléments récréotouristiques, chasse et piégeage, etc. (étape 4);
- les éléments d'intérêt écologique: territoires à vocation de conservation, habitats fauniques, milieux humides, vieilles forêts (figure 5), espèces à statut précaire, indice de qualité d'habitat pour certaines espèces d'intérêt, qualité des paysages (figure 6), etc. (étape 5);

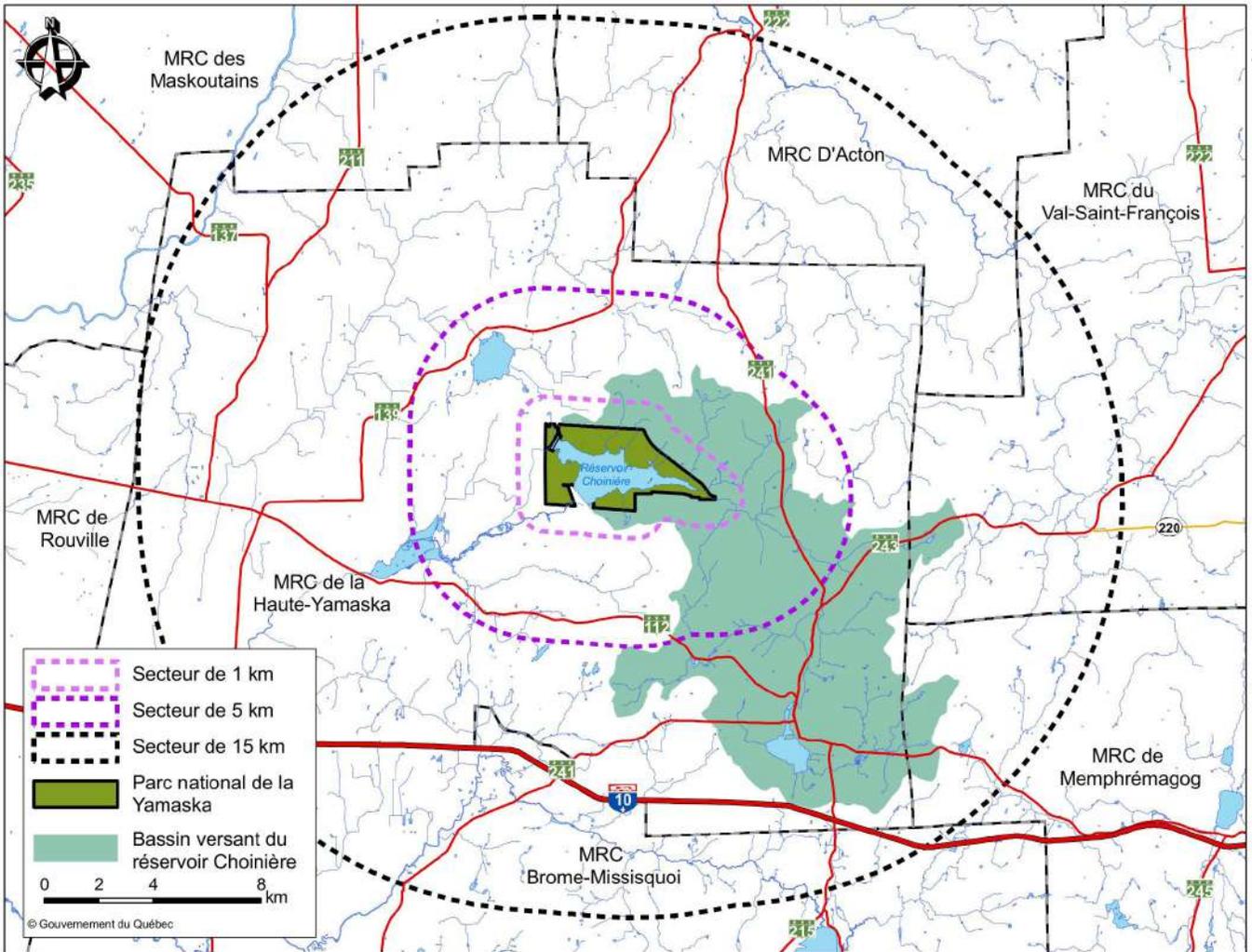


Figure 3. Délimitation des 3 secteurs d'étude (contigu : 1 km; local : 5 km; régional : 15 km) autour du parc national de la Yamaska.

- les enjeux spécifiques énoncés à l'étape 1, documentés pour la zone périphérique du parc (étape 6);
- les secteurs à haute valeur écologique pour la conservation de l'intégrité du parc (étape 7);
- les recommandations générales et spécifiques au parc (étape 8).

L'identification des secteurs à haute valeur écologique (étape 7) vise à faire ressortir les sites de la zone périphérique qui contribuent à la protection du parc national et pour lesquels une altération représenterait une perte importante sur le plan de la conservation (figure 7). L'identification de ces secteurs a pris en considération les enjeux de conservation du parc, les usages actuels du territoire, les éléments naturels d'intérêt (aires protégées, espèces à statut précaire, vieilles forêts, etc.) qui bénéficient d'écosystèmes en santé, les contraintes et les occasions de protéger les sites pertinents, ainsi que les liens de connectivité entre le parc, les noyaux de conservation (y compris les aires protégées autres que le parc et les territoires protégés qui ne sont pas reconnus comme aires protégées) et

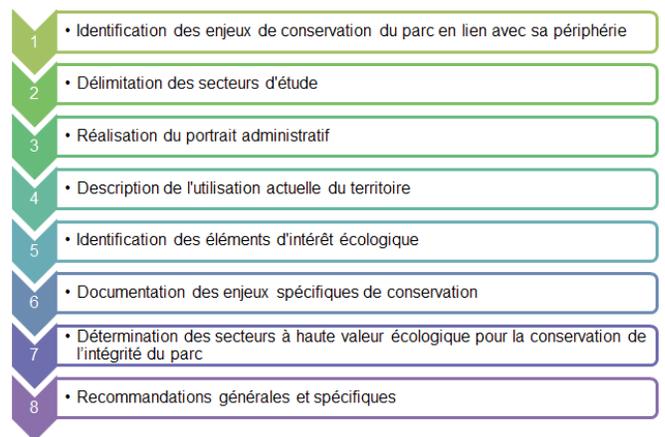


Figure 4. Les 8 étapes de la démarche de caractérisation des zones périphériques des parcs nationaux.

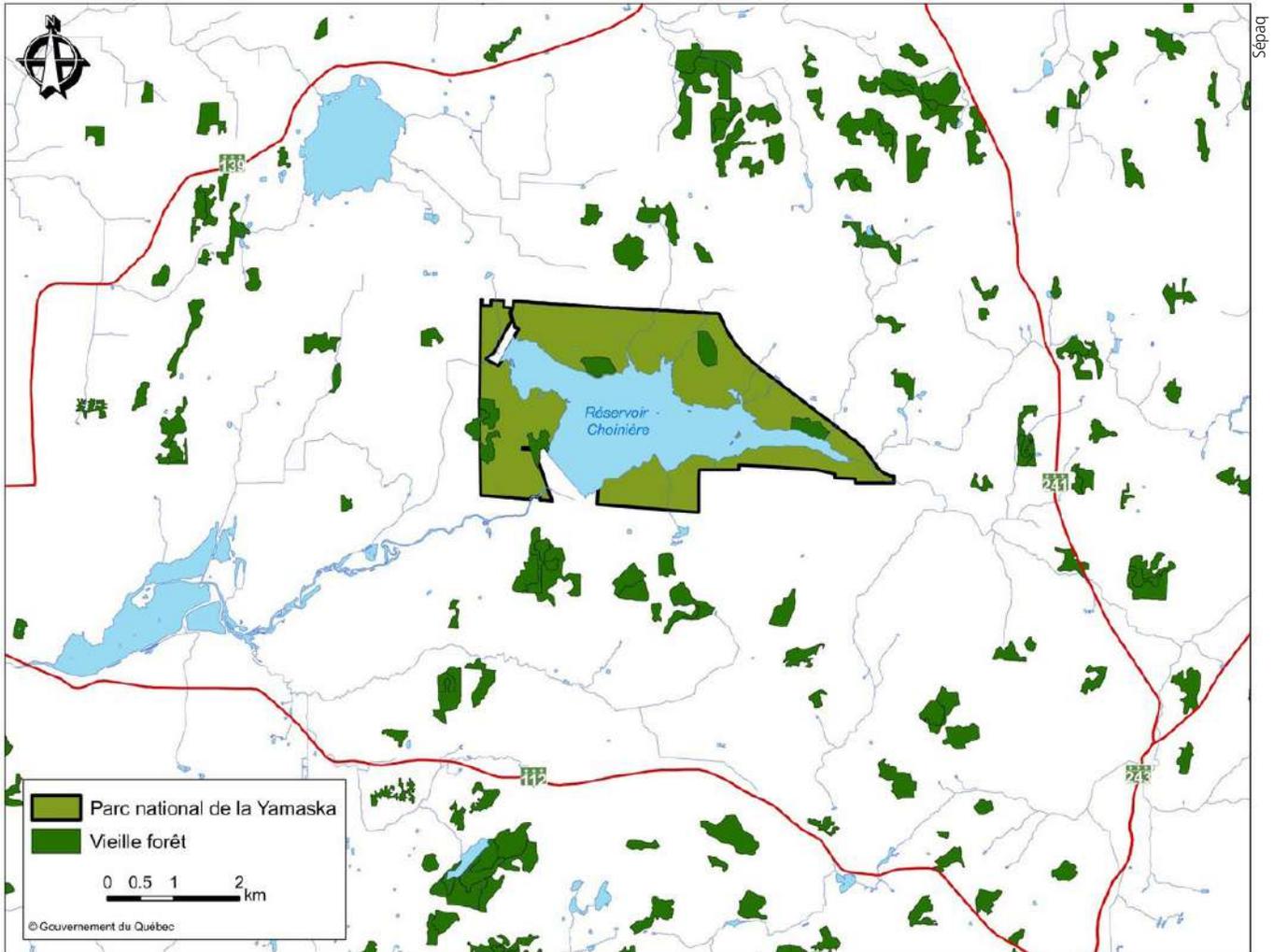


Figure 5. Vieilles forêts dans la zone périphérique du parc national de la Yamaska. Les vieilles forêts sont fragmentées et dispersées sur le territoire de la zone périphérique du parc. La connectivité entre les milieux naturels situés dans les territoires protégés et leur périphérie est essentielle aux déplacements des espèces à grand domaine vital.

les massifs forestiers importants. Le tableau 1 présente une synthèse de l'ensemble de la réflexion entourant le choix des secteurs pour le parc national de la Yamaska, en mettant l'accent sur l'importance accordée à chacun des enjeux de conservation pour ces secteurs.

L'exercice a également permis d'énoncer les recommandations visant à susciter une réflexion chez les décideurs locaux et régionaux afin qu'ils tiennent compte des enjeux de conservation propres à chacun des parcs et qu'ils puissent passer à l'action lorsque la situation le requiert. Certains partenaires ont été consultés afin de discuter des résultats et de préciser ou de bonifier les données, les analyses et les recommandations.

Des écosystèmes en santé pour le bénéfice de tous

L'aménagement du territoire réalisé dans une perspective de conservation profite à l'ensemble des communautés de la

zone périphérique des parcs. En effet, en plus de contribuer à la réalisation de la mission des parcs, le maintien d'écosystèmes en santé assure la production durable de leurs services écologiques. Ces services prennent différentes formes, soit en contrôlant les conditions de notre milieu de vie (services de régulation), en produisant des biens pour se nourrir, s'abriter, se soigner, etc. (services d'approvisionnement), en favorisant un développement psychosocial et du système immunitaire optimal (services ontogéniques) et en enrichissant notre vie sur les plans culturel, spirituel, récréatif et pédagogique (services socioculturels) (Limoges, 2009).

Les gestionnaires des parcs nationaux et les communautés des zones périphériques peuvent donc accroître la qualité des écosystèmes et de leur milieu de vie grâce à des collaborations concrètes pour la conservation des valeurs du territoire.

Tableau 1. Analyse de l'importance des enjeux de conservation du parc national de la Yamaska.

Secteurs	Importance des enjeux*			
	Principaux			Secondaire
	Connectivité du territoire	Effet de bordure	Qualité de l'eau du bassin versant du réservoir Choinière	Qualité du paysage
1. Pourtour du parc	•••	•••	•••	•••
2. Méandres Yamaska Nord	•••			
3. Bassin versant Sud-Est	•••		•••	•
4. Du mont Shefford	•••		•	•••
5. Bassin versant Nord	•••		•••	•
6. Bassin versant Nord-Est	•••		•••	•
7. Nord	•••			
8. Ouest	•••			
9. Mawcook	•••			

* ••• : majeur (en lien direct avec le maintien de la valeur écologique de l'ensemble du parc);
 •• : très important (peut avoir une influence considérable sur la valeur écologique de l'ensemble du parc);
 • : important (peut avoir une influence sur le parc, mais de manière moindre).

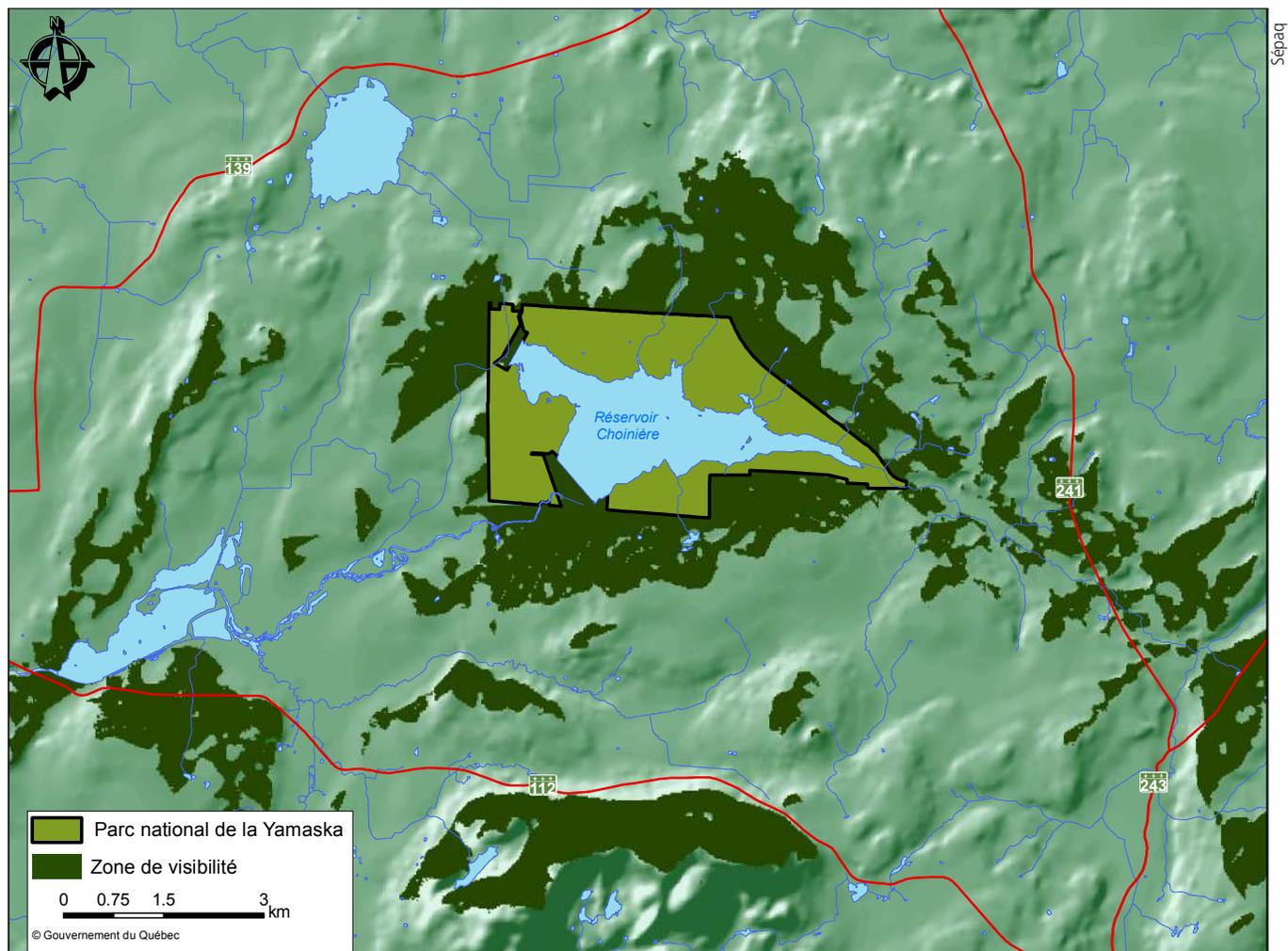


Figure 6. Zone de visibilité dans la zone périphérique du parc national de la Yamaska. Plusieurs endroits de la périphérie sont visibles à partir des points de vue du parc. La préservation de la qualité de ces paysages favorise une expérience mémorable du visiteur, tout en contribuant au potentiel récréotouristique du parc et de la région.

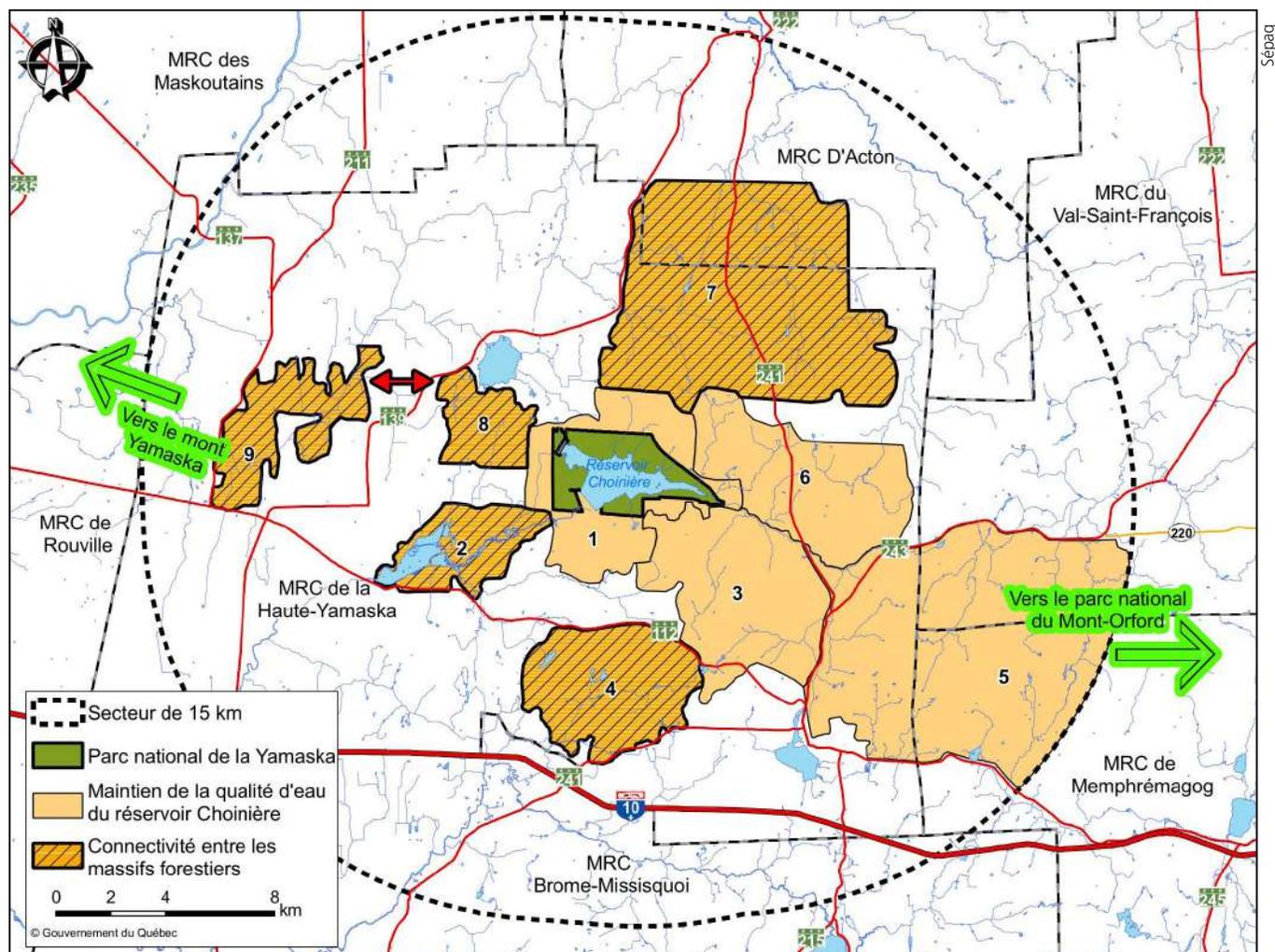


Figure 7. Secteurs à haute valeur écologique identifiés au parc national de la Yamaska. Les secteurs 1, 3, 5 et 6, situés en majorité ou en totalité dans le bassin versant du réservoir Choinière, sont importants pour le maintien de la qualité de l'eau du réservoir. Les secteurs 2, 4, 7, 8 et 9 présentent des massifs forestiers (superficie d'environ 5 à 20 km²) qui contribuent à la connectivité entre les milieux naturels du parc et de la périphérie.

Des journées de réflexion pour créer des liens

Faisant suite à la recommandation des participants du forum sur les zones périphériques, des journées de réflexion, à raison d'une par parc, ont été tenues dans la majorité des parcs nationaux du sud du Québec de novembre 2015 à mai 2017. Elles avaient pour but de rassembler l'ensemble des intervenants locaux et régionaux afin de les sensibiliser à l'importance de prendre en considération les enjeux de conservation au niveau de la planification, de la gestion et de l'utilisation du territoire en périphérie d'un parc national. La prise en compte des enjeux de conservation constitue une occasion de réduire les conséquences des activités humaines sur la conservation de la biodiversité et de l'environnement du parc, tout en permettant aux communautés voisines et à l'ensemble de la population de bénéficier de la poursuite des services écologiques rendus par les écosystèmes en santé du parc et de la zone périphérique.

Déroulement des journées de réflexion

Au total, 18 journées de réflexion ont eu lieu dans l'ensemble du réseau des parcs du Québec méridional. Ces journées ont permis de sensibiliser plus de 800 acteurs locaux et régionaux à l'importance des zones périphériques pour bien conserver les parcs nationaux. Elles ont mené à l'émergence de projets tangibles ou à la formation de comités de zone périphérique. Lors de ces journées, des présentations ont permis aux participants de mieux comprendre l'importance de la protection d'une aire protégée au-delà de ses frontières et de connaître les principaux enjeux de conservation du parc en lien avec les zones périphériques.

Lors d'un exercice de réflexion sous forme de *World Café* (figure 8), les participants devaient définir :

- les stress les plus importants sur le parc;
- les valeurs du parc les plus importantes;
- les actions à mettre en place en périphérie du parc par les acteurs locaux et régionaux afin de réduire les stress;



Figure 8. Atelier World Café.

- les meilleures manières de mobiliser les acteurs régionaux à la mission du parc.
La méthode du *World Café* vise à susciter des échanges entre les participants, qui sont invités à prendre part successivement à des discussions en petits groupes sur différentes questions et à compléter les idées les uns des autres afin de répondre aux questions énoncées. Il en émerge une série d'idées construites par les groupes. Après un vote des participants, celles-ci sont ensuite classées par ordre de priorité afin de faire ressortir celles qui font davantage consensus.

Bilan des échanges

À la suite des échanges, les propositions similaires ont été regroupées en catégories. Afin de faire ressortir l'importance relative de chaque catégorie, leur fréquence (en pourcentage) par rapport à l'ensemble des propositions a été calculée. Le tableau 2 présente le bilan des échanges des 18 parcs.

Tableau 2. Synthèse des enjeux, valeurs et actions considérés comme prioritaires par les participants aux journées de réflexion (*World Café*) tenues dans les 18 parcs nationaux du Québec méridional.

Questions posées	Catégories d'idées	Importance relative	Exemples d'idées énoncées
Enjeux (Quels sont les stress périphériques qui peuvent avoir un impact sur la conservation d'un parc national?)	Développement humain	42 %	Densification et étalement du territoire, développement urbain, routes, etc.
	Qualité de l'eau	25 %	Gestion par bassin versant, gestion de l'eau pluviale, gestion des eaux usées, barrage, érosion et sédimentation, berges
	Fragmentation et connectivité	16 %	Paysage, coupe forestière, perte d'habitats
	Espèces exotiques envahissantes	9 %	Roseau commun (<i>Phragmites australis</i>), renouée japonaise (<i>Fallopia japonica</i> var. <i>japonica</i>), berce du Caucase (<i>Heracleum mantegazzianum</i>)
	Qualité du paysage	8 %	Coupe forestière, éoliennes, développement immobilier
Valeurs (Quelle est la valeur du parc national pour la région du point de vue de la conservation et du développement local et régional?)	Développement économique	29 %	Emploi, occasion d'affaires, développement local et régional, attractivité, vitrine internationale, pôle d'attraction touristique
	Conservation de la biodiversité	24 %	Faune, flore, paysage, eau, services écologiques
	Éducation	18 %	Connaissances, sensibilisation, laboratoire à ciel ouvert
	Valeurs culturelles, patrimoniales et identitaires	18 %	Local, histoire du lieu, sentiment d'appartenance
	Santé et qualité de vie	11 %	Contact avec la nature, saines habitudes de vie, accès à la nature, plein air
Actions (Quelles sont les actions pouvant être mises en place en périphérie du parc national afin de favoriser sa conservation et le développement local et régional? Comment mobiliser les acteurs régionaux à la mission des parcs et à l'importance d'agir?)	S'organiser pour passer à l'action	30 %	Identifier un porteur de dossier, se mobiliser autour d'un projet porteur, charte, implication citoyenne, ambassadeur, forum d'échange, table des amis du parc
	Développer un sentiment d'appartenance et de fierté	25 %	Maillage avec le milieu, partenariat, certification, label, démontrer les retombées, favoriser l'accès aux voisins
	Faire connaître le parc à la région	25 %	Promotion dans les écoles et conseils municipaux, stratégie de communication, faire connaître les enjeux de conservation, partager les connaissances, médias
	Penser le territoire à l'échelle du paysage	11 %	Corridors biologiques, harmoniser les usages, rejoindre les gens, uniformiser la réglementation
	Préciser les enjeux de la zone périphérique	9 %	État de la zone périphérique, cibler des actions en lien avec les enjeux

Certains enjeux, propres à un ou à quelques parcs en particulier, sont moins ressortis dans l'analyse regroupant l'ensemble des parcs qui ont participé aux journées de réflexion. C'est le cas notamment de la pollution lumineuse, qui affecte plus particulièrement le parc national du Mont-Mégantic.

Quelques exemples de retombées concrètes

Les journées de réflexion se voulaient aussi une occasion d'amener les participants à se mettre en action pour développer de nouveaux projets ou former des groupes de travail.

Parc national du Mont-Orford

Lors de la journée de réflexion du parc national du Mont-Orford, les acteurs de la région ont reconnu les espèces exotiques envahissantes comme un des stress périphériques importants. À la suite de cette journée, les membres de la table d'harmonisation du parc ont décidé de former un sous-comité responsable de poursuivre la réflexion sur la zone périphérique, lequel comprend des gestionnaires du parc, des élus des municipalités des Cantons d'Orford et d'Austin, un professionnel du Conseil régional de l'environnement (CRE) de l'Estrie et un professeur de l'Université de Sherbrooke. Les membres du sous-comité ont choisi de travailler sur les espèces exotiques envahissantes, un enjeu à la fois rassembleur et mobilisateur. Une initiative de recherche, développée par le sous-comité et menée en collaboration avec l'Université de Sherbrooke dans le cadre d'un essai à la maîtrise, a permis de cibler 5 espèces exotiques envahissantes prioritaires grâce à une analyse multicritère : le roseau commun, le myriophylle à épi (*Myriophyllum spicatum*), la renouée du Japon, la berce du Caucase, le nerprun bourdaine (*Frangula alnus*) et le nerprun cathartique (*Rhamnus cathartica*). Chaque espèce a fait l'objet d'un plan d'action, qui appelle l'ensemble des acteurs à se mobiliser afin de réduire les risques de propagation de ces espèces dans le parc et dans la région, ainsi qu'à partager l'information pour diffuser les résultats des projets de contrôle et les bonnes pratiques.

Parc national de Plaisance

La journée de réflexion du parc national de Plaisance a permis aux acteurs locaux et régionaux de prendre connaissance de certains enjeux et d'observer que plusieurs d'entre eux étaient partagés par la région et le parc. Par exemple, la présence d'îlots de roseau commun a été observée en périphérie du parc pour la première fois en 2006, dans les fossés de la route 148. À partir de 2012, la situation a pris de l'ampleur, car des travaux réalisés le long de la route avaient mis le sol à nu et créé des conditions favorables à l'établissement de l'espèce. De plus, le retrait de sol contaminé par le roseau commun et son épandage dans des champs agricoles ont renforcé la menace de propagation pesant sur les herbiers du parc. Devant ce constat, le parc et le ministère des Transports (maintenant le ministère des Transports, de la Mobilité durable et de l'Électrification des Transports, ou MTMDET) ont réalisé des inventaires dans les fossés de

la route 148 en 2015 et ciblé des méthodes pour contrôler l'espèce. En 2016, une formation sur les impacts du roseau commun et les moyens de contrôle a été offerte, par le parc, aux employés municipaux de la MRC de Papineau, contribuant à la sensibilisation dans la région. Quelques mois après la journée de réflexion, au printemps 2017, le MTMDET annonçait sa volonté de contrôler le roseau commun exotique envahissant dans les fossés de la route 148, en amont du parc (sur environ 12 km) (J.-F. Houle, parc national de Plaisance, comm. pers.).

Une seconde situation problématique a également amené le parc national de Plaisance à faire appel à ses partenaires de la zone périphérique. Le territoire environnant faisant l'objet d'activités agricoles, la qualité de l'eau des ruisseaux exempts d'une bande riveraine adéquate s'en trouvait affectée depuis quelques années. Des épisodes de cyanobactéries témoignaient d'un apport important en nutriments en provenance des terres cultivées, entre autres vers les cours d'eau, puis dans la baie de la Pentecôte située plus en aval. Dans ce contexte, un comité de la baie de la Pentecôte a vu le jour, rassemblant la MRC de Papineau, les municipalités de Plaisance et de Papineauville, l'Organisme des bassins versants (OBV) des rivières Rouge, Petite Nation et Saumon (OBV RPNS), un agriculteur et le parc (J.-F. Houle, parc national de Plaisance, comm. pers.). Les citoyens ont été invités par les membres du comité à une conférence portant sur l'importance de conserver les bandes riveraines. Deux projets ont émergé des collaborations établies. L'OBV s'était d'abord mobilisé en 2015, en partenariat avec le parc, le gouvernement du Canada (dans le cadre du PIH) et les entreprises de consultants Terre et Habitats ainsi que WSP, pour stabiliser et végétaliser une centaine de mètres de berges et ainsi lutter contre l'érosion (Houle, 2015). Un panneau d'interprétation expliquant le projet a été installé près des berges afin de rappeler aux visiteurs l'importance de maintenir des bandes riveraines en santé. Puis, en 2016, en partenariat avec l'OBV et la MRC de Papineau, le parc a rencontré des producteurs agricoles afin de leur offrir de caractériser les ruisseaux sur leurs terres et d'en végétaliser les rives (OBV RPNS, 2017). En parallèle de cette initiative, le parc souhaite suivre pendant 3 ans les plus importants ruisseaux qui se jettent sur son territoire afin de déceler si des interventions plus soutenues pourraient contribuer à préserver la qualité de l'eau (J.-F. Houle, parc national de Plaisance, comm. pers.).

Parc national d'Oka

Dans le cas de la journée de réflexion du parc national d'Oka, les participants ont été à même de constater l'enjeu de la qualité de l'eau du ruisseau Rousse qui s'écoule vers la Grande Baie, un écosystème unique et fragile situé dans le parc où certaines espèces très rares y trouvent refuge. Initié par le Conseil des bassins versants des Mille-Îles (COBAMIL) et le club conseil Profit-eau-sol, en partenariat avec le parc, un projet de sensibilisation a vu le jour en 2017 : « Les causeries du ruisseau Rousse ». Ce projet visait à sensibiliser les citoyens, et plus particulièrement les producteurs agricoles du bassin versant du ruisseau Rousse, à l'importance de certaines

pratiques agricoles, dont la protection des bandes riveraines des ruisseaux agricoles, le travail minimal du sol, l'application d'herbicide par bandes et l'utilisation de végétaux couvre-sol (M. Lemay, parc national d'Oka, comm. pers.). Cette causerie a été ponctuée de diverses interventions : des représentants du parc ont présenté les enjeux de conservation de leur territoire; ceux du ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) ont abordé les résultats du suivi de la qualité d'eau aux stations du Réseau-rivières; ceux de clubs-conseils ont discuté de l'importance des bandes riveraines; et ceux du COBAMIL ont animé des discussions de groupe.

Parc national du Lac-Témiscouata

L'arrivée de la berce du Caucase en périphérie du parc national du Lac-Témiscouata a forcé ses gestionnaires à sensibiliser rapidement ses partenaires locaux afin d'entreprendre un projet de lutte contre cette espèce. Dès 2015, l'OBV du fleuve Saint-Jean a procédé à l'éradication d'une colonie de berce en amont du parc, la colonie de Squatec située près de la rivière Touladi qui se déverse dans le parc. Un plant avait aussi été identifié dans le parc, sur la rivière Touladi, lequel a été retiré. Depuis, aucun autre n'a été découvert dans le parc. Les colonies de Squatec et de Lac-à-l'Aigle présentent cependant de grands risques de propagation. L'équipe du parc réalise chaque année une inspection des rives de la rivière Touladi à l'intérieur du parc et collabore aux actions d'éradication de l'OBV en amont du parc. En 2016, un comité élargi composé des OBV, des MRC, du CRE et des parcs nationaux (Lac-Témiscouata et Bic) a été formé afin d'informer et de sensibiliser les différents acteurs régionaux au sujet cette espèce envahissante (S. Moreau, parc national du Lac-Témiscouata, comm. pers.).

Conservation de la biodiversité à l'échelle du paysage

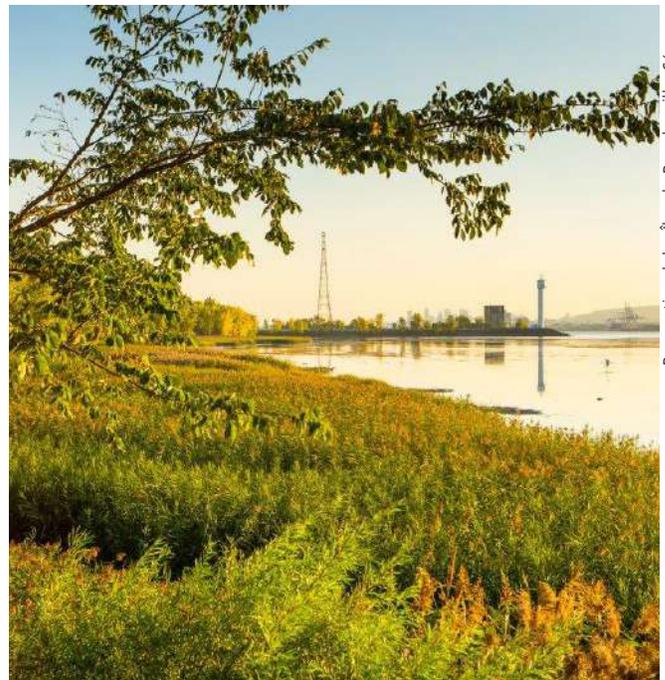
Finalement, certaines journées de réflexion ont permis de faire ressortir l'importance de considérer la conservation de la biodiversité des parcs nationaux à l'échelle du paysage et de mieux faire comprendre l'intérêt des corridors biologiques reliant les parcs nationaux avec les milieux naturels du territoire périphérique. Les journées de réflexion ont aussi fait ressortir des enjeux de connectivité importants, dont certains font déjà l'objet de projets pilotés par des partenaires.

Parcs nationaux d'Oka et du Mont-Tremblant

De concert avec les organismes, les institutions et les citoyens, Éco-corridors laurentiens travaille à mettre en œuvre une stratégie de conservation favorisant la connectivité entre le parc national d'Oka et le parc national du Mont-Tremblant par un réseau d'éco-corridors et d'aires protégées interconnectés traversant les Laurentides (Éco-corridors laurentiens, 2016). Jusqu'à présent, l'organisme a recensé les corridors biologiques structurels sur le territoire, organisé un Rendez-vous conservation Laurentides et réalisé plusieurs autres activités d'information et de sensibilisation.

Parc national du Mont-Saint-Bruno

Depuis 1996, le parc national du Mont-Saint-Bruno s'insère dans un projet de corridor développé par la Fondation du Mont-Saint-Bruno, en partenariat depuis 2004 avec Nature-Action Québec. Le Corridor forestier du Mont-Saint-Bruno a une longueur de plus de 40 km et une superficie de 184,65 km² (Nature-Action Québec, 2014). Depuis 2012, les efforts de conservation se concentrent sur le territoire en périphérie du mont Saint-Bruno, en raison des fortes pressions liées au développement et à l'urbanisation près de la montagne, responsables de la perte et de la fragmentation des habitats. Le projet de corridor vise, entre autres, à freiner la fragmentation et la disparition des habitats pour la faune et la flore, à créer une zone de transition autour du parc national du Mont-Saint-Bruno, à conserver et à restaurer les liens entre les milieux naturels et à promouvoir la collaboration entre les intervenants actifs sur le territoire. Pour y arriver, l'équipe du Corridor forestier se mobilise de différentes façons, en sensibilisant les propriétaires aux richesses écologiques que recèle leur terre ou en accompagnant ceux qui désirent pratiquer la foresterie durable ou protéger leur terrain à perpétuité. Elle œuvre également à la concertation des partenaires, organismes et municipalités et offre d'accompagner les municipalités dans leurs projets de mise en valeur et de conservation. Le Corridor forestier du Mont-Saint-Bruno a été reconnu comme un des 5 grands projets métropolitains contribuant à la mise en place de la Trame verte et bleue du Grand Montréal, déployée sur l'ensemble du territoire de la Communauté métropolitaine de Montréal et qui vise la mise en valeur intégrée des paysages, des milieux naturels et du patrimoine bâti (CMM, 2013). La trame inclut les parcs du Mont-Saint-Bruno, des Îles-de-Boucherville et d'Oka (figure 9).



Parc national des Îles-de-Boucherville, Sépaq

Figure 9. Zone périphérique du parc national des Îles-de-Boucherville.

Parc national de la Yamaska

Le parc national de la Yamaska est un îlot de terres publiques protégées ceinturé de terres privées, composées en partie de grands massifs forestiers essentiels pour la faune et la flore, parfois déconnectés les uns des autres. Une initiative, amorcée en 2013 et menée en partenariat par la Fondation pour la sauvegarde des écosystèmes du territoire de la Haute-Yamaska et Nature-Action Québec, a été déployée afin d'inviter les propriétaires privés à prendre part à la conservation de la biodiversité régionale et au maintien de la valeur écologique du parc, en favorisant des liens de connectivité entre les milieux naturels sur leur propriété (Mochon, 2014). Le document d'information « Une nature au-delà du parc » a été remis aux propriétaires, qui pouvaient ensuite bénéficier d'une expertise de caractérisation biologique de leur propriété afin de repérer les sites fragiles et les éléments vulnérables. Les propriétaires pouvaient enfin adopter de bonnes pratiques de gestion et d'exploitation compatibles avec les objectifs de conservation des milieux naturels. Ces mesures visent à mettre en place une ceinture verte autour du parc national.

Parc national de la Jacques-Cartier

Le réaménagement de la route 175, qui sépare le territoire du parc national de la Jacques-Cartier et la réserve faunique des Laurentides, a suscité un bon nombre de préoccupations, notamment sur la connectivité des habitats de part et d'autre de la route (Arsenault et Hovington, 2013). Doublant son nombre de voies, la route 175 a presque triplé sa largeur, passant de 35 à 100 m. Plusieurs mesures d'atténuation, telles que des clôtures et des passages fauniques pour la petite et moyenne faune (p. ex., la martre, *Martes americana*) de même que pour la grande faune (p. ex., l'orignal, *Alces alces*) ont été déployées afin de réduire la mortalité routière causée par la circulation de la faune sur les axes routiers. Elles visent aussi à favoriser la sécurité des automobilistes et l'accessibilité des habitats des 2 côtés de la route. Bien qu'utilisés avec succès par certaines espèces comme l'orignal (AECOM, 2011), ces passages doivent toujours être améliorés afin de satisfaire les besoins d'autres espèces comme la martre et le caribou forestier (Arsenault et Hovington, 2013).

Parc national du Lac-Témiscouata

Le sud du Québec connaît également un développement routier qui complexifie les déplacements de la grande faune. C'est le cas du projet d'élargissement de la route 185 reliant le Bas-Saint-Laurent et le Nouveau-Brunswick pour la faire passer de 2 à 4 voies, en cours depuis 2000. En effet, celle-ci forme une barrière nuisant à la circulation de certaines espèces. Un tronçon de l'autoroute 85 est situé à moins de 5 km à l'ouest du parc national du Lac-Témiscouata et constitue un obstacle potentiel majeur à la circulation des espèces entre les milieux naturels du parc et ceux plus à l'ouest. Depuis 2016, l'Université du Québec à Rimouski met au point une méthodologie pour guider l'établissement de passages et de corridors fauniques dans le cadre de projets routiers. L'objectif est de rétablir la connectivité entre les habitats fauniques tout

en réduisant le potentiel de collisions avec la faune (Bouchard, 2016). Ce projet est réalisé en collaboration avec le MTMDET, le MFFP et l'organisme Deux Pays, Une Forêt, et implique également l'Agence régionale de mise en valeur des forêts privées du Bas-Saint-Laurent, le CRE du Bas-Saint-Laurent et Conservation de la nature. Les résultats de cette étude sont attendus pour 2018.

Parc national du Mont-Orford

Depuis plus de 10 ans, Corridor appalachien s'est donné pour mission de constituer un réseau d'aires protégées entre les milieux naturels du parc national du Mont-Orford et ceux de la réserve naturelle des Montagnes-Vertes, dans et autour du massif des monts Sutton, afin de répondre aux besoins d'espèces à grands domaines vitaux. Reconnaissant l'obstacle aux déplacements des espèces fauniques que représente l'autoroute 10 entre le parc national du Mont-Orford et la réserve des Montagnes-Vertes, Corridor appalachien s'est engagé dans l'élaboration et la mise en œuvre d'un protocole d'identification des corridors naturels à protéger de part et d'autre de l'autoroute, en considérant des secteurs pouvant être aménagés pour faciliter le passage de la faune (Gratton, 2014). Le projet a réuni de nombreux partenaires, dont le MFFP, le MTMDET, le MDDELCC, les MRC, les municipalités et les universités.

Concertation et mobilisation

En terminant, un des éléments les plus importants de ces journées, bien que moins tangible, est le développement d'un sentiment d'appartenance aux parcs nationaux. Faire en sorte que tous comprennent les conséquences de leurs actions sur la conservation et souhaitent réduire les effets négatifs, et même devenir des acteurs positifs dans l'atteinte de cette mission : voilà une des clés importantes du succès de la conservation d'une aire protégée!

Passer à l'action maintenant

La réalisation des plans de conservation 2017-2022 a mené les gestionnaires des parcs nationaux à déterminer leurs 3 principaux enjeux de conservation. La majorité de ces enjeux est étroitement liée avec ce qui se passe à l'extérieur des limites des parcs. Par exemple, les enjeux touchant à la protection du caribou, des meutes de loups, des populations de poissons, à la surabondance du cerf de Virginie, aux espèces exotiques envahissantes, à l'érosion des berges, à la qualité de l'eau, à la pollution lumineuse et au maintien du couvert forestier requièrent tous des actions concertées entre de nombreux partenaires locaux et régionaux. Les actions souhaitées au cours des prochaines années visent à améliorer la situation de ces enjeux.

Conclusion

Les projets de protection ou de restauration des zones périphériques procurent d'importants bénéfices tant aux parcs qu'aux communautés. Une connaissance approfondie de l'utilisation du territoire de ces zones est essentielle pour

bien comprendre leur influence et tenter de minimiser les effets négatifs de certaines pratiques sur la conservation de la biodiversité et de la valeur écologique des parcs nationaux. En travaillant ensemble et en partageant leurs expériences, les acteurs locaux et régionaux sont prêts à passer à l'action et à réaliser de grandes choses. De nombreuses actions sont déjà en cours. Les 5 prochaines années seront l'occasion de rassembler à nouveau les différents acteurs afin de favoriser les échanges au sujet des bons et moins bons coups réalisés. Ainsi, les apprentissages des uns serviront aux autres et contribueront davantage à la protection des parcs nationaux et de leurs zones périphériques.

Remerciements

Nous tenons à remercier les responsables du Service de la conservation et de l'éducation des parcs nationaux du Québec de la Sépaq pour leur contribution ayant permis d'enrichir les exemples de projets de zones périphériques présentés, de même que Jean-François Provencher (Sépaq) pour sa participation au projet et Jessika Boulet (Sépaq) pour son appui en géomatique. Nous remercions également nos réviseurs pour leurs commentaires constructifs. Le projet sur les zones périphériques des parcs nationaux a été rendu possible grâce à la participation financière de la Fondation de la faune du Québec et d'Environnement et Changement climatique Canada. ◀

Références

- ALGONQUIN TO ADIRONDACK COLLABORATIVE, n.d. A2A Region. Algonquin to Adirondack Collaborative. Disponible en ligne à : <http://www.a2acollaborative.org/landscape.html>. [Visité le 20-07-17].
- AECOM, 2011. Bilan du suivi environnemental du projet d'amélioration de la route 175 à quatre voies divisées. Rapport final, 44 p. Disponible en ligne à : https://www.transports.gouv.qc.ca/fr/projets-infrastructures/projets/reseau-routier/projets-routiers/capitale-nationale/Axe-routier-73-175/Documents/Documentation/Suivi_Environnemental/Bilan_suivi_environnemental.pdf. [Visité le 20-07-17].
- ARSENAULT, J.-E. et É. HOVINGTON, 2013. Des passages à faune sous la route 175. Blogue Parcs Québec Conservation. Disponible en ligne à : <http://www.sepaq.com/parcs-quebec/blogue/article.dot?id=ce22d374-28ce-4cfe-8441-0c0f41bd2207>. [Visité le 20-07-17].
- BOUCHARD, J.F., 2016. Pour une meilleure cohabitation entre la faune et les réseaux routiers. Université du Québec à Rimouski. Disponible en ligne à : <http://www.uqar.ca/component/content/article?id=1306:pour-une-meilleure-cohabitation-entre-la-faune-et-les-reseaux-routiers>. [Visité le 20-07-17].
- CHAREST, R., C. GOSSELIN, J. MIGNAULT, et F. BRASSARD, 2012. La conservation d'un parc national à l'échelle du paysage. Bulletin de conservation de Parcs Québec, Sépaq, 2012-2013, p. 38-42. Disponible en ligne à : <http://www.sepaq.com/dotAsset/a1fd3146-8523-4cd5-801e-a73808b095a3.pdf>. [Visité le 07-09-17].
- CHAREST, R., 2015. Des zones périphériques au bénéfice de tous! Bulletin de conservation de Parcs Québec, Sépaq, 2015-2016, p. 55-57. Disponible en ligne à : https://www.sepaq.com/resources/docs/pq/pq_bulletin_2015.pdf. [Visité le 07-09-17].
- [CMM] COMMUNAUTÉ MÉTROPOLITAINE DE MONTRÉAL, 2013. La trame verte et bleue du Grand Montréal. Disponible en ligne à : http://cmm.qc.ca/fileadmin/user_upload/pmad2012/documentation/20130228_fascicule_trameVerteBleue.pdf. [Visité le 20-07-17] ISBN 978-2-924076-11-8 (PDF)
- ÉCO-CORRIDORS LAURENTIENS, 2016. Vision régionale. Disponible en ligne à : <http://www.ecocorridorslaurentiens.org/vision-r-gionale>. [Visité le 13-07-17].
- GRATTON, L., 2014. Protocole d'identification des corridors et passages fauniques. Étude de cas : l'autoroute 10 entre les km 68 et 143. Corridor Appalachienn, 45 p. + annexes. Disponible en ligne à : http://www.corridorappalachienn.ca/wp-content/uploads/2016/09/protocole_corridors_fauniques_aut10.pdf. [Visité le 09-07-17].
- HOULE, J.-F., 2015. Des îles et des presqu'îles aux pieds d'argile. Blogue Parcs Québec Conservation. Disponible en ligne à : <http://www.sepaq.com/parcs-quebec/blogue/article.dot?id=98a5d11c-ec78-4a32-a24d-d6d398f14774>. [Visité le 20-07-17].
- LIMOGES, B., 2009. Biodiversité, services écologiques et bien-être humain. Le Naturaliste canadien, 133 (2): 15-19.
- LIMOGES, B., 2017. Les valeurs socioculturelles et monétaires des services écologiques rendus par les parcs nationaux du Québec. Le Naturaliste canadien, 142 (1): 36-49.
- MOCHON, A., 2014. Voir la nature au-delà du parc. Bulletin de conservation de Parcs Québec, Sépaq, 2014-2015, p. 49-52. Disponible en ligne à : <https://www.sepaq.com/dotAsset/7062d8d3-1476-4fb9-8ccf-fe230257ec81.pdf>. [Visité le 07-09-17]. ISSN 1929-8722.
- [MRN] MINISTÈRE DES RESSOURCES NATURELLES, 2013. Plan d'aménagement forestier de l'aire de fréquentation du caribou de la Gaspésie, 3^e édition. Direction générale de la Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine, Direction générale du Bas-Saint-Laurent, 25 p. + annexes. Disponible en ligne à : <https://www.mern.gouv.qc.ca/publications/gaspesie-iles-de-la-madeleine/plan-amenagement-caribou-gaspesie-2013-2018.pdf>. [Visité le 20-07-17].
- NATURE-ACTION QUÉBEC, 2014. Synthèse des connaissances biologiques du Corridor forestier du Mont-Saint-Bruno. Rapport final, 76 p. Disponible en ligne à : http://cmsb.nature-action.qc.ca/sites/corridor/files/RapportBioDiffusion_2013-2014_PIH_FINAL.pdf. [Visité le 07-09-17].
- [OBV RPNS] ORGANISME DE BASSINS VERSANTS DES RIVIÈRES ROUGE, PETITE NATION ET SAUMON, 2017. Les agriculteurs s'investissent dans la santé de nos cours d'eau. Disponible en ligne à : http://www.rpns.ca/sites/www.rpns.ca/files/upload/volet_agricole/organisme_de_bassin_versant_des_riviere-panneau-final.pdf. [Visité le 20-07-17].
- PARC NATIONAL DES CÉVENNES, 2017. Un territoire reconnu. Disponible en ligne à : <http://www.cevennes-parcnational.fr/fr/le-parc-national-des-cevennes/un-territoire-reconnu>. [Visité le 20-07-17].
- [RNMV] RÉSERVE NATURELLE DES MONTAGNES-VERTES, n.d. La réserve en chiffres. Disponible en ligne à : http://www.rnmv.ca/fran/f1_2_chiffres.html. [Visité le 20-07-17].
- [RMBC] RÉSERVE MONDIALE DE LA BIOSPHERE DE CHARLEVOIX, n.d. Les aires protégées, pour voir comment la nature évolue. Disponible en ligne à : http://educharlevoix.ca/biosphere/07_objectifs/76.htm. [Visité le 21-07-17].
- [SÉPAQ] SOCIÉTÉ DES ÉTABLISSEMENTS DE PLEIN AIR DU QUÉBEC, 2012. Plan stratégique 2012-2017. Disponible en ligne à : https://www.sepaq.com/resources/docs/org/doc_corpo/org_plan_strategique_2012_2017.pdf ISBN-978-2-550-66024-8. [Visité le 08-09-17].
- [SÉPAQ] SOCIÉTÉ DES ÉTABLISSEMENTS DE PLEIN AIR DU QUÉBEC, 2017. Parc national de la Gaspésie. Disponible en ligne à : <http://www.sepaq.com/pq/gas/> [Visité le 05-09-17].
- ST-LAURENT, M.-H., J.-P. OUELLET, A. MOSNIER, D. BOISJOLY, et R. COURTOIS, 2009. Le parc national de la Gaspésie est-il un outil de conservation efficace pour maintenir une population menacée de caribou? Le Naturaliste canadien, 133 (3): 6-14.
- [Y2Y] YELLOWSTONE TO YUKON CONSERVATION INITIATIVE, n.d. a. Y2Y: The Geography of Hope. Disponible en ligne à : <https://y2y.net/vision/y2y-the-geography-of-hope>. [Visité le 20-07-17].
- [Y2Y] YELLOWSTONE TO YUKON CONSERVATION INITIATIVE, n.d. b. Where: By Region. Disponible en ligne à : <https://y2y.net/work/where-by-region>. [Visité le 20-07-17].

Extension du territoire connu de la fourmi *Myrmica lampra* au Québec (Formicides, Hyménoptères)

André Francoeur et Mathieu Bouchard

Résumé

Lors d'un projet de recherche en foresterie, une gyne (reine) de la fourmi parasite *Myrmica lampra* a été capturée dans la région du Lac-Saint-Jean, au Québec. Cette découverte agrandit le territoire connu de cette espèce, rarement observée jusqu'à présent.

MOTS CLÉS : coupe forestière, extension d'aire, fourmi parasite, *Myrmica lampra*, Québec

Abstract

A gyne (queen) of the parasitic ant *Myrmica lampra* was captured in the Lac-Saint-Jean region (Quebec, Canada) during a research project on forest insects. This discovery extends the known range of this rarely reported species.

KEYWORDS: logging operations, *Myrmica lampra*, parasitic ant, Quebec, range extension

Trois espèces de fourmis parasites sont présentes sur le territoire du Québec. Elles se reproduisent dans les colonies d'autres espèces dites hôtes, sans produire de femelles ergates de la caste des ouvrières (Francoeur et Pilon, 2011). Leur bioécologie demeure peu documentée. L'une d'elles, *Myrmica lampra* Francoeur, associée uniquement à l'espèce *Myrmica alaskensis* Wheeler, s'avère l'espèce dont on a trouvé le plus faible nombre de spécimens jusqu'à maintenant.

Un couple, qui constitue les types de l'espèce, a été découvert dans une colonie de *M. alaskensis* (= *kuschei* Wheeler) en 1966, près du lac Arthabaska dans le parc national des Grands-Jardins, autrefois inclus dans la réserve faunique des Laurentides. Le nid était creusé dans un tronc humide, jonchant le sol sablonneux d'une pessière à cladonie, un peuplement ouvert d'épinettes noires (*Picea mariana*) et de lichen à caribou (*Cladonia* sp.) (Francoeur, 1968).

Ultérieurement, un troisième spécimen, une gyne désailée (forme femelle reproductrice traditionnellement appelée reine), a été repéré dans une série nidicole d'ergates de *M. alaskensis*, collectées par René Bêique en août 1967, à Havre-Saint-Pierre, dans la région de la Côte-Nord (Québec). Le nid avait été repéré dans une pessière ouverte sur sol tourbeux (Francoeur, 2002).

Nous rapportons ici la découverte d'une troisième gyne désailée, tombée dans un piège à impact, placé dans un îlot forestier d'environ 40 m de diamètre et situé à l'intérieur d'une coupe totale ayant été effectuée 2 ou 3 ans auparavant. Cet îlot forestier était principalement constitué d'épinettes noires et de sapins baumiers (*Abies balsamea*) et se situait sur un dépôt de till imparfaitement drainé. Le site se trouve dans la municipalité régionale de comté (MRC) de Maria-Chapdelaine, dans la région du Saguenay-Lac-Saint-Jean (lat. 49,90° N., long. 71,58° O.). Cette nouvelle mention représente donc une extension de

l'aire de répartition de cette espèce de fourmi. Le fait que la gyne n'avait plus ses ailes indique qu'elle avait effectué un vol d'essaimage à partir d'une colonie située soit dans l'îlot, soit dans d'autres îlots ou peuplements adjacents, et suggère qu'elle a été capturée alors qu'elle était à la recherche d'une colonie-hôte de *M. alaskensis*. Les caractéristiques morphologiques de ce spécimen, déposé dans la collection Francoeur de l'Université du Québec à Chicoutimi, correspondent à ceux de la gyne holotype. Cette espèce se distingue des autres *Myrmica* par une série de traits caractéristiques des espèces de fourmis parasites inquilines (dépendant exclusivement de leur hôte) (Hölldobler et Wilson 1990, p. 467-468). Parmi ces traits, visibles sur la figure B, on remarque, entre autres, la rareté des sculptures sur la cuticule du thorax, expliquant son aspect luisant (*lampros* en grec), et la présence d'une protubérance marquée sous le pétiole.

Dans la plupart des collections, les spécimens de fourmis parasites sans ergate demeurent rares dans un contexte de collecte aléatoire. Lorsque le nombre de colonies d'une espèce hôte s'avère important dans un territoire, les probabilités de trouver son ou ses espèces parasites sont plus élevées. Généralement, l'hôte et ses parasites sont susceptibles d'être plus abondants lorsque les habitats restent stables et peu perturbés. Pour la capture de spécimens, encore faut-il se

André Francoeur, biologiste, est professeur émérite à l'Université du Québec à Chicoutimi. Il poursuit des travaux sur la biosystématique et l'écologie des fourmis de la région néarctique, ainsi que l'inventaire des espèces du Québec.

andre.francoeur@uqac.ca

Mathieu Bouchard, ingénieur forestier, est chercheur scientifique au ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec. Ses travaux touchent l'effet des pratiques d'aménagement et des perturbations naturelles sur la dynamique forestière et la biodiversité.

trouver au moment où les reproducteurs de l'espèce parasite habitent encore le nid de la colonie hôte ou sont revenus au sol juste après l'essaimage. On peut aussi obtenir de belles surprises en élevant des colonies de l'espèce hôte avec son couvain en laboratoire (Francoeur, 1981; Francoeur et Loisel, 1984).

Cette fourmi parasite a été capturée dans le cadre d'un projet de recherche visant à vérifier jusqu'à quel point la configuration et la taille des îlots de forêts résiduelles, laissées après une coupe rase, permettent de maintenir les espèces forestières (Bouchard et Hébert, 2016). Des colonies de l'espèce hôte, *M. alaskensis*, étaient bien présentes dans l'ensemble des stations échantillonnées, particulièrement dans les forêts boréales à couvert relativement fermé. Ces conditions sont généralement peu hospitalières pour les fourmis qui préfèrent habituellement les milieux ouverts et ensoleillés, mais *M. alaskensis* parvient cependant à se maintenir dans ces habitats, où elle subit peu de compétition de la part des autres espèces. Les nids de cette espèce sont le plus souvent rencontrés dans le sol ainsi que dans les troncs morts (Boucher et collab., 2015). Les fourmis parasites associées à cette espèce (*M. lampra*, *M. quebecensis* et *Formicoxenus quebecensis*; Francoeur et collab., 1985) ont été capturées dans le cadre de ce projet, mais très peu fréquemment, ce qui reflète probablement à la fois leurs habitudes cryptiques et leur faible abondance.

Le contexte de cette découverte illustre la nécessité, dans le cadre d'une coupe forestière totale, de laisser des îlots de forêt avec des troncs morts (debout ou couchés) et d'autres débris ligneux pour assurer le maintien de la biodiversité animale, en particulier de la faune entomologique et aviaire.

Remerciements

La gyne de la fourmi *Myrmica lampra* est illustrée par des photographies produites par Joseph Moisan-De Serres, M. Sc., biologiste-entomologiste au ministère de l'Agriculture des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ). ◀

Références

- BOUCHARD, M. et C. HÉBERT, 2016. Beetle community response to residual forest patch size in managed boreal forest landscapes: Feeding habits matter. *Forest Ecology and Management*, 368 : 63-70.
- BOUCHER, P., C. HÉBERT, A. FRANCOEUR et L. SIROIS, 2015. Postfire succession of ants (Hymenoptera: Formicidae) nesting in dead wood of northern boreal forest. *Environmental Entomology*, 44 (5) : 1316-1327.
- FRANCOEUR, A., 1968. Une nouvelle espèce du genre *Myrmica* au Québec. *Le Naturaliste canadien*, 95 : 727-730.
- FRANCOEUR, A., 1981. Le groupe néarctique *Myrmica lampra* (Formicidae, Hymenoptera). *Canadian Entomologist*, 113 : 755-759.
- FRANCOEUR, A., 2002. Deuxième mention de *Myrmica lampra* au Québec. *Fabriques*, 27 (2) : 156.
- FRANCOEUR, A. et R. LOISELLE, 1984. Description du mâle et notice sur la biologie de la fourmi parasite *Myrmica quebecensis* (Formicidae, Hymenoptera). *Revue d'entomologie du Québec*, 29 : 3-11.
- FRANCOEUR, A. et C. PILON, 2011. Découverte, au Québec, de la fourmi parasite *Anergates atratulus* (Formicidae, Hymenoptera). *Le Naturaliste canadien*, 135 (2) : 30-33.
- FRANCOEUR, A., R. LOISELLE et A. BUSCHINGER, 1985. Biosystématique de la tribu Leptothoracini (Formicidae, Hymenoptera). 1. Le genre *Formicoxenus* dans la région holarctique. *Le Naturaliste canadien*, 112 : 343-403.
- HÖLLDOBLER, B. et E.O. WILSON, 1990. *The Ants*. Harvard University Press, Cambridge, MA, 832 p.



Figures A à C. Gyne de *Myrmica lampra*. A. Tête vue de face (grossissement : 50×). B. Profil latéral du corps (grossissement : 20×). C. Œil composé avec poils dressés (grossissement : 150×).

J. Moisan-De Serres, MAPAQ

Les variations de niveau du lac Saint-Jean : effets sur la reproduction des poissons dans les habitats en milieux humides riverains

Patrick Plourde-Lavoie, Marc Archer, Karine Gagnon et Pascal Sirois

Résumé

Le lac Saint-Jean a vu son régime hydrologique considérablement modifié depuis sa transformation en réservoir en 1926. Cet article examine les effets de la gestion du niveau du lac pour la fraie de la perchaude (*Perca flavescens*) et du grand brochet (*Esox lucius*). Une analyse des niveaux des eaux des 100 dernières années a permis de mettre en évidence une réduction des écarts entre les niveaux printaniers et estivaux, qui contribue vraisemblablement à diminuer la taille et la qualité des sites de reproduction, et un retardement de l'atteinte du niveau maximal au printemps par rapport au régime naturel. L'utilisation de données historiques de températures du lac et des milieux humides riverains a permis d'estimer les périodes de fraie de 1991 à 2015 et de mettre en évidence les conséquences des bas niveaux au printemps sur l'accessibilité des milieux humides. À présent, ces habitats ne sont généralement que partiellement inondés lors de la fraie des 2 espèces. Nous recommandons d'adopter une gestion du lac Saint-Jean qui vise à devancer l'atteinte des hauts niveaux printaniers et à maximiser les écarts entre les niveaux printaniers et estivaux, tout en maintenant un niveau stable au printemps pour permettre l'éclosion des œufs de poissons et assurer la survie des jeunes stades de vie.

MOTS CLÉS : fluctuation des niveaux d'eau, grand brochet, lac Saint-Jean, milieux humides, perchaude

Abstract

The hydrological regime of Lac Saint-Jean (Québec, Canada) was drastically altered following the installation of dams along its drainage channels in 1926. This article examines the impact of water level management on the spawning success of yellow perch (*Perca flavescens*) and northern pike (*Esox lucius*). An analysis of water levels over the past 100 years shows a decrease in the amplitude of spring flooding since 1926, which has likely contributed to a reduction in the effective size and quality of spawning sites. It also highlights a delay in the time taken to reach the maximum spring high water level. Historical temperatures of the lake and associated wetlands allowed the spawning period between 1991 and 2015 to be estimated, and underlined the impact of low spring water levels on wetland accessibility. Presently, spawning sites for the study species are only partially flooded during the breeding season. It is recommended that a water level management plan be adopted that allows higher water levels to be reached earlier in the spring; that keeps the spring level stable to promote hatching and to ensure the survival of fry during early life stages; and that increases the difference between spring and summer water levels.

KEYWORDS: Lac Saint-Jean, northern pike, water level fluctuation, wetlands, yellow perch

Introduction

Les variations hydrologiques ont des effets majeurs sur le fonctionnement des écosystèmes aquatiques (Poff et collab., 1997; Leira et Cantonati, 2008; Evtimova et Donohue, 2016). Elles influent, entre autres, sur les processus d'érosion et de sédimentation des berges (Håkanson, 1977; Lorang et collab., 1993), les communautés benthiques (Aroviita et Hämäläinen, 2008; Baumgärtner et collab., 2008; Brauns et collab., 2008) et le développement des milieux humides riverains (Riis et Hawes, 2003; Wilcox et Nichols, 2008; Farrel et collab., 2010). Les poissons sont également affectés par ces variations : des niveaux d'eau appropriés aux bons moments peuvent être favorables aux populations (Bennett et collab., 1985) en influant sur le succès reproducteur (Martin et collab., 1981; Clark et collab., 2008), le recrutement (Johnson, 1957; Boxrucker et collab., 2005), la survie (Franklin et Smith, 1963), la croissance (Heisey et collab., 1980) et l'abondance (Kallemeyn, 1987; Dembkowski et collab., 2014). Par exemple,

l'élévation de la crue printanière module la superficie et la qualité des habitats disponibles pour la fraie de nombreuses espèces de poissons. Plusieurs études ont mis en évidence une relation positive entre les hauts niveaux d'eau au printemps et la force des cohortes (p. ex., Johnson, 1957; Hassler, 1969; Kallemeyn, 1987). Une crue importante, suivie d'un niveau

Patrick Plourde-Lavoie est biologiste dans le cadre d'un partenariat de recherche entre la Corporation de LACTivité Pêche Lac-Saint-Jean (CLAP) et la Chaire de recherche sur les espèces aquatiques exploitées (CREAE) de l'Université du Québec à Chicoutimi (UQAC).

patrick.plourde-lavoie@uqac.ca

Marc Archer est biologiste et directeur général de la CLAP. Karine Gagnon est biologiste au ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs.

Pascal Sirois est professeur au Département des sciences fondamentales de l'UQAC et titulaire de la CREAE.

pascal_sirois@uqac.ca

stable plusieurs semaines après le dépôt des œufs, assure souvent un meilleur succès reproducteur et un taux de survie plus élevé des jeunes stades de vie (Johnson, 1957; Casselman et Lewis, 1996; Hudon et collab., 2010). Inversement, une crue de trop courte durée peut causer l'assèchement des œufs et diminuer la survie des jeunes stades de vie (Franklin et Smith, 1963; Casselman et Lewis, 1996; Brodeur et collab., 2006).

Dans les réservoirs, la régularisation des niveaux aux fins d'optimisation de la production d'hydroélectricité et des activités récréatives (Astrade, 1998; Choquette et collab., 2010) modifie les variations naturelles du niveau du plan d'eau et peut engendrer des effets négatifs sur les espèces qui y sont adaptées (Wilcox et Meeker, 1992; McEwen et Butler, 2010). La régularisation à des fins hydroélectriques est souvent caractérisée par une augmentation de l'importance du marnage (variation du niveau de l'eau) hivernal, un retardement de la crue printanière et une stabilisation des niveaux estivaux (Kitchell et Koshinki, 1996; Astrade, 1998). La réduction des niveaux en hiver impose un stress à la zone littorale qui se trouve exposée à la dessiccation ainsi qu'au gel des sédiments et de la végétation (Sutela et collab., 2013). Les œufs déposés par les poissons qui fraient à l'automne, par exemple, ceux du grand corégone (*Coregonus clupeaformis*) et du touladi (*Salvelinus namaycush*), peuvent subir une forte mortalité (Havens et collab., 2014; Lycke, 2014). Le décalage de la crue peut réduire la disponibilité des habitats pour les espèces qui fraient au printemps telles que le grand brochet (*Esox lucius*) et la perchaude (*Perca flavescens*), et diminuer leur succès reproducteur (Gaboury et Patalas, 1984; Kitchell et Koshinsky, 1996; Houde-Fortin et Gibeault, 2007). La stabilisation des niveaux d'eau en saison estivale réduit le développement de la végétation en zone littorale (Wilcox et Meeker, 1991; Gertzen et collab., 2012; Krolová et collab., 2013). Les plantes riveraines sont adaptées à une inondation périodique et ne peuvent soutenir une immersion prolongée (Casanova et Brock, 2000; Hudon et collab., 2005; Krolová et collab., 2013). Dans ces conditions défavorables à leur développement, la diversité des communautés végétales laisse souvent place à des espèces plus résistantes, telles que les typhas (quenouilles; *Typha sp.*) qui peuvent dominer et envahir la zone riveraine (Boers et Zedler, 2008; Shay et collab., 1999). La qualité des habitats s'en trouve alors réduite, ce qui défavorise les espèces qui emploient ces milieux pour la fraie ou comme aire de croissance (Walburg, 1977; Fourt, 1978; Grubaugh et Anderson, 1988). Ainsi, la gestion du régime hydrologique d'un réservoir peut avoir des impacts sur la qualité, l'accessibilité et la connectivité des habitats de fraie et d'alevinage des poissons.

En 1926, le lac Saint-Jean est devenu un réservoir hydroélectrique, ce qui a considérablement modifié son régime hydrologique. L'élévation moyenne a alors augmenté d'approximativement 3 m, ce qui a provoqué une modification importante du rivage et l'inondation de plusieurs centaines d'hectares de terres agricoles, un évènement connu sous l'appellation de « La tragédie du lac Saint-Jean » (Tremblay, 1979). L'érosion des rives après la remontée des eaux a entraîné la disparition d'une grande partie des milieux humides riverains historiquement présents en bordure du lac Saint-Jean (André

Marsan et Associés, 1983). Pour contrer l'érosion, la compagnie Alcan (maintenant Rio Tinto), gestionnaire du niveau de l'eau, a lancé en 1986 le Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean (PSBLSJ). Un décret gouvernemental promulgué pour 10 ans et reconduit à 2 reprises est alors venu fixer les règles de gestion du niveau du réservoir et les modalités du PSBLSJ. Le programme a dû être resoumis au processus d'évaluation des impacts sur l'environnement en 2013 pour l'obtention d'un nouveau décret (Rio Tinto Alcan, 2014), ce qui a relancé le débat sur les enjeux de la gestion du niveau du lac Saint-Jean. Dans ce contexte, une revue de littérature portant sur les habitats de fraie préférentiels de plusieurs espèces de poissons au lac Saint-Jean a révélé que la gestion du niveau du lac est susceptible d'affecter principalement la perchaude et le grand brochet (Plourde-Lavoie et Sirois, 2016). Ces 2 espèces fraient principalement sur la végétation inondée lors de la crue printanière. La perchaude, peu exploitée au lac Saint-Jean, est considérée comme l'une des principales espèces fourragères de la zone littorale. Le grand brochet fait l'objet d'une pêche sportive marginale. D'autres espèces littorales susceptibles d'utiliser les milieux humides pour la reproduction pourraient également être favorisées par une meilleure gestion du réservoir (tableau 1).

L'objectif général de cet article est d'examiner les effets de la gestion du niveau du lac Saint-Jean sur les poissons qui fraient dans les milieux humides riverains en période printanière, plus spécifiquement la perchaude et le grand brochet, en s'appuyant sur l'analyse scientifique des données disponibles. Puisque les fluctuations du niveau de l'eau affectent l'ensemble des processus écologiques (p. ex., la distribution de la végétation, la nidification de la sauvagine) et physiques (p. ex., l'érosion des berges, la pénétration de la lumière) de l'écosystème (Bain et collab., 2008; Leira et Cantonati, 2008) de même que plusieurs aspects sociaux (Hanson et collab., 2002), nous présentons des éléments pertinents à considérer dans la gestion des niveaux du lac Saint-Jean en lien avec la production de poissons dans les réservoirs. Les objectifs spécifiques sont : a) de documenter et caractériser les changements survenus dans les habitats de fraie des poissons des milieux humides riverains et d'évaluer leur potentiel actuel, b) de comparer les fluctuations historiques du niveau du lac Saint-Jean pendant 3 différentes périodes de gestion et c) de mesurer les conséquences de la gestion du niveau de l'eau des 25 dernières années sur la disponibilité des habitats pour la perchaude et le grand brochet.

Méthodologie

Site à l'étude

Le lac Saint-Jean supporte une importante pêche récréative. L'effort de pêche annuel atteint environ 50 000 jours-pêcheurs (CLAP, 2015), ce qui a engendré des retombées économiques estimées entre 7,2 et 15,5 millions de dollars en 2015¹ (Verschelden, 2009). Vingt-sept espèces de poissons y ont été recensées (tableau 1; Lapointe, 2013). Le doré jaune (*Sander vitreus*), la ouananiche (*Salmo salar*),

1. Ces valeurs ont été calculées en 2009 et mises à jour selon le taux d'inflation pour 2015.

la lotte (*Lota lota*) et le grand brochet sont les plus recherchés par les pêcheurs sportifs.

Le lac s'étend sur une superficie de plus de 1 000 km² et compte plus de 200 km de rivage. Sa profondeur moyenne est de 11 m, tandis que le point le plus profond atteint 66 m. Un quart (25 %) de la superficie du lac a une profondeur de moins de 3 m et 40 % a une profondeur de moins de 6 m (Jones et collab., 1979). Ce lac est alimenté par un bassin hydrographique de 73 800 km² dont les principaux tributaires sont les rivières Ashuapmushuan, Mistassini et Péribonka. Le sous-bassin de la rivière Péribonka, dont les débits sont contrôlés depuis 1943 par plusieurs barrages, fournit à lui seul 25 % des apports d'eau. Aucun ouvrage de régularisation majeur ne retient les apports

des autres rivières. Le volume d'eau du lac Saint-Jean est renouvelé en moyenne 4,5 fois par année (Jones et collab., 1979). Le lac se déverse dans 2 émissaires (les rivières Petite et Grande Décharge), dans lesquels des barrages sont érigés (WSP, 2015).

Avant 1986, les règles qui régissaient la gestion du niveau indiquaient que le lac ne devait dépasser en aucun temps un niveau de 101,84 m (17,5 pi) par rapport au niveau de la mer². Depuis 1986, le même niveau maximal doit être respecté à l'automne, à l'hiver et au printemps, c'est-à-dire du 1^{er} septembre au 24 juin. Pendant la période estivale, le niveau doit être maintenu entre 101,39 m (16,0 pi) et 100,78 m (14,0 pi) lorsque les apports naturels sont suffisants. Depuis 1991, le gestionnaire des niveaux (Rio Tinto) a abaissé volontairement la hauteur maximale de 0,3 m, soit à 101,54 m (16,5 pi).

Tableau 1. Liste des espèces de poissons recensées dans le lac Saint-Jean (tirée de Lapointe, 2013) selon le rôle des milieux humides pour la reproduction.

Rôle des milieux humides	Nom latin	Nom commun
Habitat de fraie préférentiel		
	<i>Ameiurus nebulosus</i>	barbotte brune ¹
	<i>Esox lucius</i>	grand brochet ²
	<i>Perca flavescens</i>	perchaude ²
Habitat de fraie secondaire		
	<i>Catostomus catostomus</i>	meunier rouge ²
	<i>Catostomus commersoni</i>	meunier noir ²
	<i>Cottus bairdii</i>	chabot tacheté ²
	<i>Cottus cognatus</i>	chabot visqueux ^{2,3}
	<i>Culaea inconstans</i>	épinoche à cinq épines ²
	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	épinoche à trois épines ¹
	<i>Notropis hudsonius</i>	méné à tache noire ²
Habitat de fraie de faible importance		
	<i>Margariscus margarita</i>	mulet perlé ²
	<i>Notropis atherinoides</i>	méné émeraude ²
	<i>Percopsis omiscomaycus</i>	omisco ²
Habitat non utilisé pour la reproduction		
	<i>Luxilus cornutus</i>	méné à nageoires rouges ²
	<i>Couesius plumbeus</i>	mulet de lac ²
	<i>Rhinichthys cataractae</i>	naseux des rapides ²
	<i>Semotilus atromaculatus</i>	mulet à cornes ²
	<i>Semotilus corporalis</i>	ouitouche ²
	<i>Microgadus tomcod</i>	poulamon atlantique ¹
	<i>Lota lota</i>	lotte ²
	<i>Osmerus mordax</i>	éperlan arc-en-ciel ²
	<i>Percina caprodes</i>	fouille-roche zébré ²
	<i>Sander vitreus</i>	doré jaune ¹
	<i>Coregonus artedii</i>	cisco de lac ²
	<i>Coregonus clupeaformis</i>	grand corégone ²
	<i>Salmo salar</i>	ouananiche ¹
	<i>Salvelinus fontinalis</i>	omble de fontaine ¹

1. Utilisation de l'habitat selon Plourde-Lavoie et Sirois (2016).
2. Utilisation de l'habitat selon Scott et Crossman (1974).
3. Lapointe (2013) remet en doute la présence du chabot visqueux au lac Saint-Jean.

Les habitats de fraie potentiels des poissons dans les milieux humides riverains du lac Saint-Jean

Les changements survenus au cours des dernières années dans les habitats de fraie du grand brochet et de la perchaude ont été documentés et caractérisés. Les informations proviennent en partie des principaux rapports réalisés dans le cadre du PSBLSJ (André Marsan et Associés, 1983; Alcan, 1996; Alcan, 2007; WSP, 2015) et de visites de terrain effectuées au printemps 2016 par la CREA (Plourde-Lavoie et Sirois, 2017). L'accessibilité, la profondeur, le substrat et la végétation des habitats ont permis d'émettre une classification de leur potentiel pour la reproduction. La profondeur de la végétation riveraine, évaluée par rapport au niveau de l'eau du lac Saint-Jean, a été employée pour évaluer la disponibilité des sites de fraie.

Fluctuations historiques du niveau de l'eau

Les fluctuations annuelles du niveau du lac Saint-Jean sont présentées pour 3 périodes différentes: avant (1913-1925) et après (1926-1990) la transformation du lac en réservoir, et après l'abaissement du niveau maximal de 0,3 m (1991-2015). Les écarts entre le niveau maximal printanier et le niveau moyen du mois de juillet, d'une part, et la chronologie de la crue printanière, d'autre part, ont été comparés entre les 3 périodes de gestion à partir d'analyses de variance. Les écarts entre les niveaux printaniers et estivaux sont utilisés comme indicateur de la qualité des habitats, la zone soumise à des inondations périodiques étant généralement celle qui offre les meilleurs habitats de fraie. La chronologie de la crue a été comparée en utilisant comme valeur de référence la date d'atteinte du niveau maximal au printemps, soit le moment où la disponibilité des habitats est à son maximum. Les données journalières de niveau proviennent de relevés faits par Rio Tinto.

2. Le niveau du lac Saint-Jean est communément présenté en mesures impériales représentant le niveau d'eau au-dessus de la valeur zéro de l'échelle d'étiage du quai de Roberval.

La disponibilité des habitats de fraie de la perchaude et du grand brochet

Pour évaluer les effets des variations de niveau de l'eau sur la disponibilité des habitats, les périodes de fraie de la perchaude et du grand brochet ont d'abord été définies à partir de la température de l'eau, celle-ci étant reconnue comme l'un des principaux facteurs déclencheurs de la reproduction (Massé et collab., 1991; Dabrowski et collab., 1996). Des données de températures journalières du lac Saint-Jean étaient disponibles pour la période étudiée³. Néanmoins, l'utilisation brute de ces données aurait biaisé l'estimation des périodes de fraie, puisque les milieux humides en bordure du lac se réchauffent plus rapidement que ce dernier. Pour pallier ce biais, des données de température des milieux humides riverains mesurées lors d'études antérieures (St-Gelais et collab., 1990; 1991; Francoeur et Bouchard, 1992; Tremblay, 1992; Bouchard et Larose, 1995; Larose et collab., 1997; Royer et collab., 1997; Larose et Bouchard, 1998), de même que les données mesurées lors de la visite des habitats en 2016, ont été utilisées pour mettre en relation les températures des milieux humides et celles du lac Saint-Jean. À partir de cette relation, il a été possible de reconstituer une série de données temporelles de la température des milieux humides. Les températures de fraie des 2 espèces (de 8 à 14 °C pour la perchaude et de 6 à 13 °C pour le grand brochet; Vallières et Fortin, 1988; Farrel, 2001; Mingelbier et collab., 2005; Farrel et collab., 2006; Plourde-Lavoie et Sirois, 2016) ont ensuite été utilisées pour estimer les périodes de fraie de 1991 à 2015.

La disponibilité des habitats pendant la fraie a été évaluée pour cette même période. Pour chacune de ces années, le moment de la fraie a été comparé au moment où les premiers herbiers sont inondés (100,48 m ou 13,0 pi) et au moment où tous les herbiers sont inondés (niveau maximal atteint au printemps). Les dates annuelles du départ des glaces, évaluées à partir de survols aériens (Départ des glaces, 2016), ont été utilisées pour s'assurer que les périodes de fraie estimées débutaient après que le lac ait été libéré de ses glaces.

Résultats et discussion

Les habitats de fraie potentiels des poissons dans les milieux humides riverains du lac Saint-Jean

Alors que les écrits historiques rapportent que le lac Saint-Jean abritait jadis de vastes milieux humides riverains (André Marsan et Associés, 1983), les sites de fraie pour la perchaude et le grand brochet y sont aujourd'hui peu abondants (figures 1 et 2). L'érosion des berges qui a suivi la mise en eau du réservoir a contribué à la disparition de ces habitats (André Marsan et Associés, 1983). Même aujourd'hui, ceux-ci sont érodés : des marques évidentes d'érosion ont pu être observées lors d'une visite au printemps 2016, et les bilans décennaux du PSBLSJ indiquent que plusieurs milieux humides montrent des « signes d'érosion significatifs ponctuels

3. La température de l'eau a été mesurée quotidiennement à la prise d'eau de la ville de Roberval.

ou récurrents» (Alcan, 1996, 2007; WSP, 2015). Les milieux humides avec le meilleur potentiel pour la reproduction de la perchaude et du grand brochet sont aujourd'hui situés dans le nord-ouest du lac Saint-Jean, dans des secteurs souvent protégés de l'attaque des vagues (figure 1). Les habitats situés dans le secteur sud-est sont principalement des marais dominés par des herbiers denses de typhas, qui offrent un substrat peu intéressant pour la reproduction (Farrel, 2001; Mingelbier et collab., 2005).

Plusieurs milieux humides riverains ont été modifiés par les travaux de stabilisation réalisés au cours des 30 années du PSBLSJ. L'enrochement du pourtour de certains marais et la mise en place d'épis, des structures de pierres érigées perpendiculairement à la rive, à proximité de leur embouchure ont entraîné des changements dans la dynamique de l'émissaire de ces habitats. Dans certains cas, l'aménagement de seuils artificiels a été nécessaire afin d'assurer les échanges entre le lac Saint-Jean et l'habitat (WSP, 2015). Par exemple, le marais du golf de Saint-Prime a été considérablement transformé depuis l'enrochement de son pourtour en 1988 (figure 3A). Le perré a été installé dans le but de protéger le milieu humide contre l'action érosive des vagues du lac Saint-Jean. Depuis la réalisation des travaux, la végétation émergente à l'intérieur du marais s'est fortement développée, à un point tel qu'elle bloque totalement le passage des poissons (WSP, 2015; figure 3B). Les observations réalisées dans le cadre du PSBLSJ indiquent d'ailleurs que la superficie en eau libre de plusieurs marais du lac Saint-Jean a diminué peu à peu au fil des années, et que celle-ci est attribuable à l'envahissement par le typha (Alcan, 1996; Alcan, 2007; WSP, 2015).

Les habitats de fraie potentiels sont situés dans les secteurs peu profonds. La végétation aquatique est absente ou rare à des niveaux inférieurs à 100,17 m (12,0 pi). Les premiers herbiers deviennent accessibles pour les poissons lorsque l'élévation du lac atteint environ 100,48 m (13,0 pi). Plusieurs habitats de reproduction à fort potentiel, mais peu profonds (~45 cm), sont accessibles seulement lorsque l'élévation du lac se trouve près du maximum, soit 101,54 m (16,5 pi; Plourde-Lavoie et Sirois, 2017).

Fluctuations historiques du niveau de l'eau

Les fluctuations interannuelles du niveau du lac Saint-Jean ont été grandement modifiées depuis 1913 (figure 4). Avant sa transformation en réservoir en 1926, le lac Saint-Jean subissait une importante baisse de niveau en été d'une amplitude moyenne de 2,72 m. La hauteur maximale atteinte au printemps variait d'une année à l'autre, atteignant des niveaux variant de 100,43 m (12,8 pi) à 101,97 m (17,9 pi). Après la mise en eau du réservoir, l'écart entre le niveau printanier et estival a été réduit à 0,37 m en moyenne ($F = 33,43; p < 0,001$; figure 5). Le niveau maximal atteint lors de la crue a été stabilisé à environ 101,84 m (17,5 pi) de 1926 à 1990 et à environ 101,54 m (16,5 pi) après 1991. Le niveau présente peu de variabilité interannuelle depuis la mise en réservoir.

La faible diminution du niveau de l'eau en été du lac Saint-Jean est vraisemblablement défavorable à la création et au maintien des habitats de fraie de la perchaude et du grand brochet. En conditions naturelles, l'importante baisse du niveau en été favorisait le développement de la végétation riveraine sur son littoral (André Marsan et Associés, 1983). La zone riveraine soumise à des inondations annuelles offre une densité

et une diversité importante de plantes (Wilcox et Meeker, 1991), éléments favorables à la reproduction du grand brochet (McCraher et Thomas, 1972; Craig, 2008) et de la perchaude (Plourde-Lavoie et Sirois, 2016). Les herbiers trouvés en zone littorale dépendent grandement du moment, de la durée et de la profondeur de leur immersion : ils sont généralement adaptés à survivre dans des conditions de niveau variable et

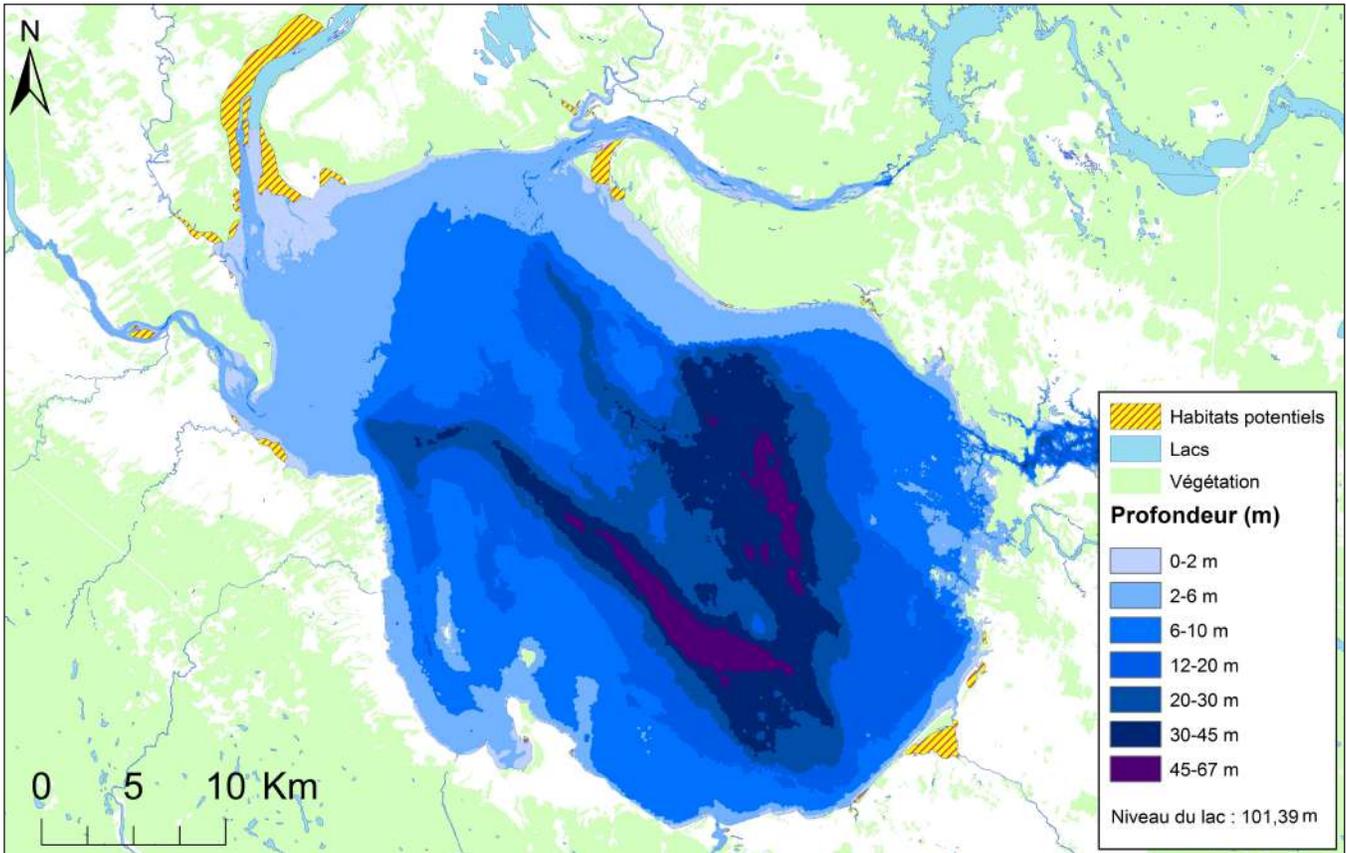


Figure 1. Carte de l'emplacement des principaux habitats de fraie potentiels de la perchaude et du grand brochet dans les milieux humides riverains du lac Saint-Jean. Les données bathymétriques ont été fournies par le Service hydrographique du Canada pour un niveau du lac à 101,39 m (16,0 pi).



Figure 2. Exemples d'habitats potentiels retrouvés au lac Saint-Jean : A) site de fraie du grand brochet près de l'embouchure d'une rivière, B) marais peu profond inondé lors de la crue printanière.

supportent souvent mal une inondation prolongée (Casanova et Brock, 2000; Hudon et collab., 2005; Krolová et collab., 2013). Des constats similaires ont été réalisés pour d'autres plans d'eau régularisés, pour lesquels la diminution de l'amplitude des variations hydrologiques limite le développement de la végétation riveraine (Wilcox et Meeker, 1991; Gertzen et collab., 2012; Krolová et collab., 2013) et est défavorable aux poissons qui utilisent ces habitats (p. ex., Kitchell et Koshinsky, 1996; Mingelbier et collab., 2008). La réduction de la hauteur de la crue printanière en 1991 n'a fait qu'empirer la situation. La partie supérieure des habitats humides riverains s'est asséchée: les observations du PSBLSJ révèlent une augmentation de la végétation arbustive et arborescente au détriment de la végétation herbacée (Alcan, 1996; 2007; WSP, 2015).

La régularisation des niveaux a aussi modifié significativement le moment de l'atteinte du niveau maximal en période printanière (ANOVA réalisée sur des jours juliens; $F = 8,77$; $p < 0,001$; figure 6). Ce phénomène est causé en partie par le laminage des crues printanières qui réduit la vitesse de remontée des eaux près du niveau maximal. La date moyenne à laquelle l'élévation maximale était atteinte était le 24 mai avant la mise en place des barrages et le 7 juin après, soit environ 2 semaines plus tard. Il semble y avoir un léger devancement de la date moyenne de l'atteinte du niveau maximal pour la période de 1991-2015 (4 juin) par rapport à celle de 1926-1990 (9 juin), bien que l'écart soit non significatif. Il en résulte tout de même un décalage de 11 jours aujourd'hui par rapport aux conditions d'avant 1926, un décalage possiblement sous-estimé étant donné le contexte de réchauffement climatique. En raison du réchauffement de la température survenu depuis 1926, on peut supposer qu'en conditions naturelles, le niveau maximal serait atteint plus tôt aujourd'hui qu'avant 1926. D'après les prévisions actuelles, les changements climatiques en cours entraîneront un devancement de la crue printanière d'environ 11,6 jours d'ici 2050 (WSP, 2015). La chronologie de la fraie des poissons étant une adaptation écologique aux conditions climatiques et hydrologiques naturelles (Shoup et Wahl, 2009), l'atteinte tardive des hauts niveaux d'eau au printemps peut limiter la disponibilité des habitats pendant la reproduction (Kitchell et Koshinki, 1996). Les poissons sont alors contraints de retarder le dépôt des œufs ou de déposer ceux-ci en dehors des habitats optimaux, ce qui pourrait entraîner une diminution du succès reproducteur.

La disponibilité des habitats de fraie de la perchaude et du grand brochet

Relation entre la température des habitats et celle du lac Saint-Jean

Il a été possible d'établir une relation linéaire entre la température des milieux humides et celle du lac Saint-Jean au printemps ($R^2 = 0,328$; $F = 65,52$; $p < 0,001$; figure 7). Les habitats de fraie se réchauffent généralement plus rapidement que le lac Saint-Jean (figure 7). Les habitats situés à l'intérieur ou à proximité des tributaires semblent se réchauffer plus

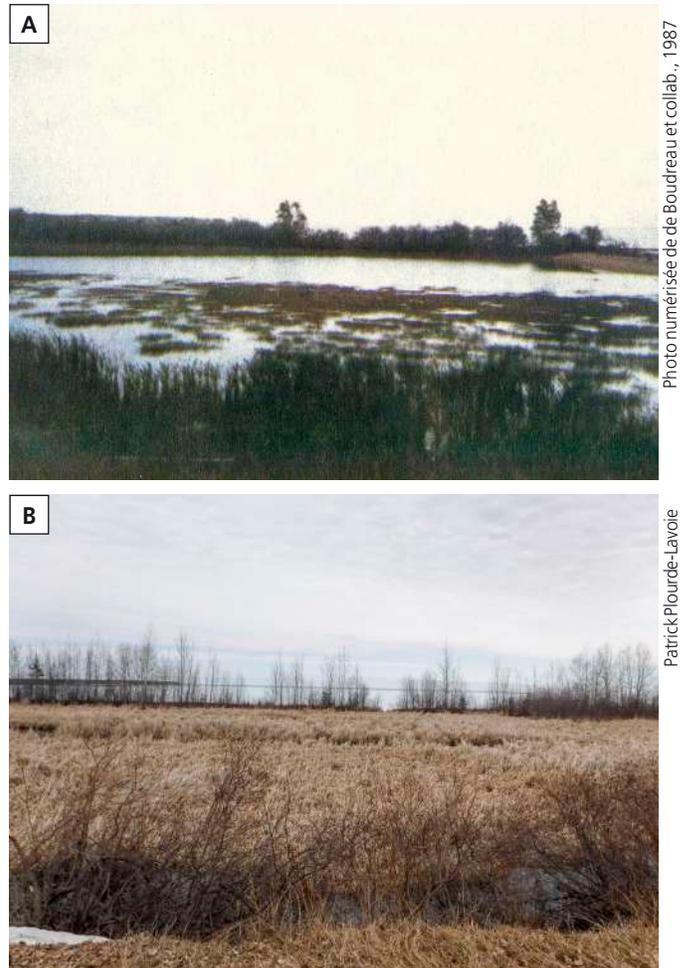


Figure 3. Exemple de la perte d'un habitat potentiel au cours des dernières années : A) marais du Golf de Saint-Prime avant l'enrochement de son cordon littoral dans le cadre du PSBLSJ en 1987; B) le même habitat en 2016.

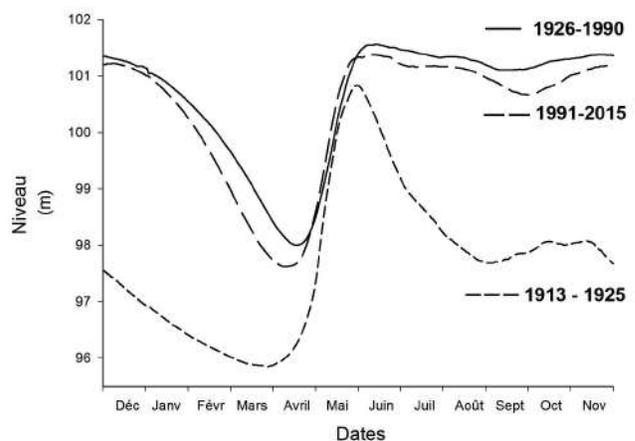


Figure 4. Niveau moyen journalier des eaux du lac Saint-Jean pendant 3 différentes périodes de gestion, soit en régime naturel (1913-1925), après la transformation du lac en réservoir (1926-1990) et après l'abaissement du niveau maximum printanier (1991-2015).

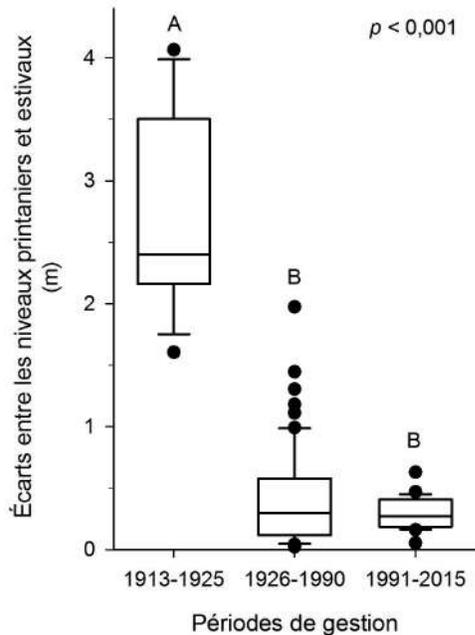


Figure 5. Écarts entre le niveau maximal atteint au printemps et le niveau moyen des eaux du lac Saint-Jean en juillet de 1913 à 2015, pendant 3 périodes de gestion. Les barres horizontales représentent les 10^e, 25^e, 50^e, 75^e et 90^e centiles. Les points représentent les valeurs extrêmes. Les lettres différentes indiquent une différence significative.

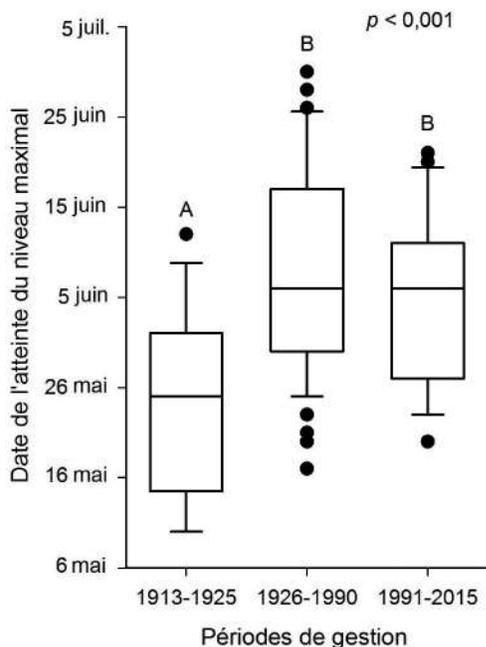


Figure 6. Date de l'atteinte du niveau maximal en période printanière, selon trois périodes de gestion. Les barres horizontales représentent les 10^e, 25^e, 50^e, 75^e et 90^e centiles. Les points représentent les valeurs extrêmes. Les lettres différentes indiquent une différence significative.

tardivement que les marais. À partir de cette relation, les températures printanières des milieux humides ont pu être rétrocalculées pour la période de 1991 à 2015. Nos estimations indiquent que dès le départ des glaces du lac Saint-Jean, la température des milieux humides est en moyenne de 9,9°C, tandis que celle du lac est de 5,0°C.

Chronologie de la fraie

Les températures printanières rétrocalculées des milieux humides ont permis d'estimer les périodes de reproduction du brochet et de la perchaude de 1991 à 2015. En moyenne, la reproduction théorique des 2 espèces a débuté le 8 mai, soit environ lorsque le lac se libère de ses glaces (figure 8). Il est possible cependant que la fraie s'amorce plus tôt que nos estimations dans certains secteurs du lac, notamment près des tributaires où la fonte des glaces est plus hâtive. En moyenne, la fraie de la perchaude a duré 15 jours et s'est terminée le 23 mai, tandis que celle du grand brochet s'est poursuivie pendant 10 jours pour finir le 18 mai (figure 8). Ces estimations concordent avec ce qu'on retrouve dans la littérature scientifique, soit que la reproduction de la perchaude dure de 1 à 3 semaines (Plourde-Lavoie et Sirois, 2016) et celle du brochet, de 10 à 20 jours (Farrel, 2001; Brodeur et collab., 2004a; Farrel et collab., 2006).

Même si la température est l'un des principaux facteurs qui influencent la chronologie de la fraie, plusieurs autres éléments (p. ex., l'augmentation du niveau, la photopériode, etc.) peuvent également avoir une incidence (Mingelbier et collab., 2005; Plourde-Lavoie et Sirois, 2016). Rappelons également que les températures utilisées pour estimer les périodes de fraie (de 8 à 14°C pour la perchaude et de 6 à 13°C

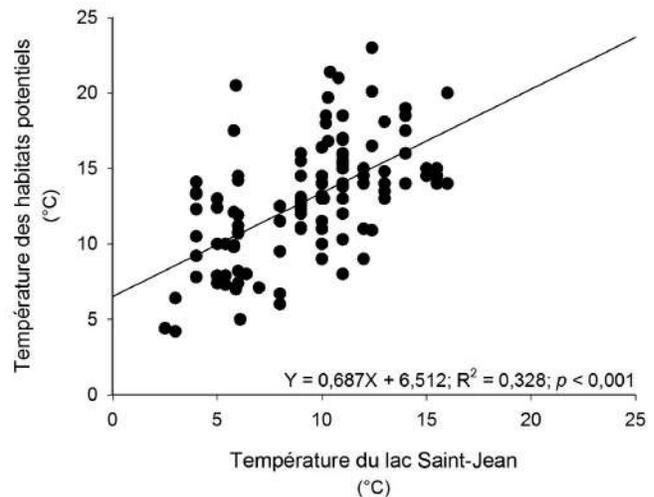


Figure 7. Relation entre la température des habitats de fraie potentiels de la perchaude et du grand brochet et la température des eaux du lac Saint-Jean au printemps suivant le départ des glaces.

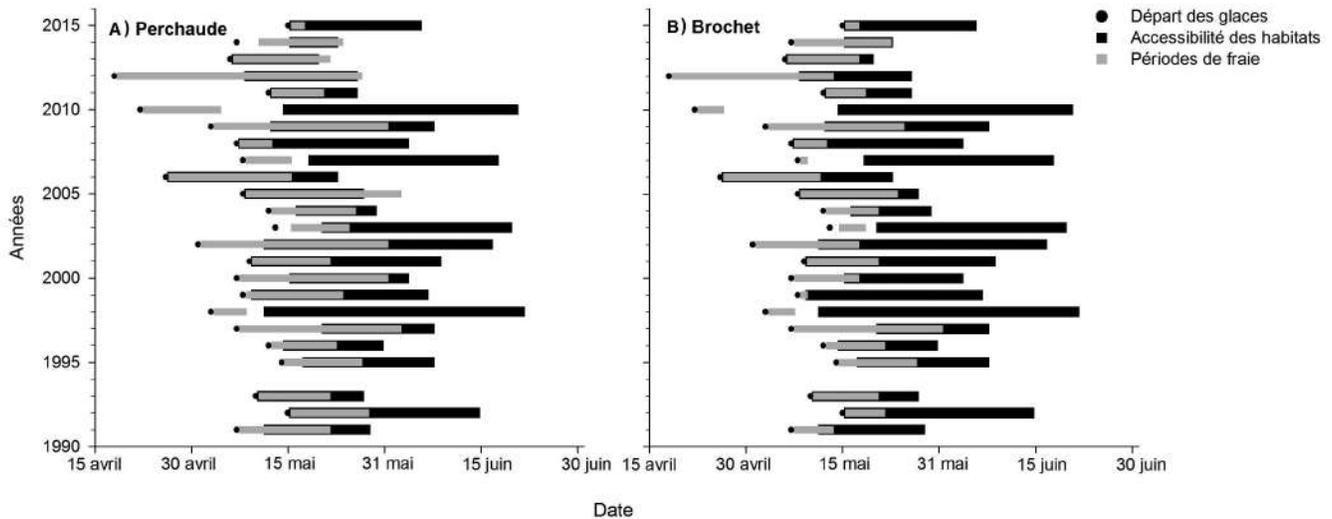


Figure 8. Dates estimées de la disponibilité des habitats potentiels selon les périodes de fraie de la perchaude (A) et du grand brochet (B) par année pour la période de 1991 à 2015. Les bandes grises représentent les périodes pour lesquelles la température des habitats est de 8 à 14 °C pour la perchaude et 6 à 13 °C pour le grand brochet. Les bandes noires représentent les périodes entre le début de la disponibilité des habitats et la disponibilité complète.

pour le grand brochet) correspondent aux températures de reproduction les plus fréquemment observées et rapportées dans la littérature scientifique, et que chaque espèce peut frayer à des températures inférieures et supérieures aux valeurs de référence. Par exemple, Sztramko et Teleki (1977) mentionnent que la perchaude se déplace vers les sites de reproduction lorsque la température augmente de 1,5 à 6,0 °C, tandis que la littérature scientifique rapporte des températures de fraie allant jusqu'à 15 °C (Plourde-Lavoie et Sirois, 2016). Pour le grand brochet, les adultes peuvent entamer leur migration vers les sites de fraie lorsque l'eau atteint à peine 1 ou 2 °C, et la reproduction peut se poursuivre jusqu'à 17 °C (Brodeur et collab., 2004b). Une baisse de la température peut par ailleurs entraîner l'arrêt temporaire de la fraie et prolonger sa durée (Fortin et collab., 1982). Nous considérons néanmoins que nos estimations offrent un portrait général représentatif des périodes de fraie réelles de la perchaude et du grand brochet au lac Saint-Jean.

Disponibilité des habitats

Le grand brochet et la perchaude se reproduisent sur la végétation inondée lors de la remontée printanière des eaux. La disponibilité des habitats dépend donc du niveau du lac Saint-Jean au moment de la reproduction. Afin d'optimiser la productivité des populations, les géniteurs doivent pouvoir accéder à des milieux de reproduction de qualité, tôt le printemps, lorsqu'ils sont physiologiquement prêts à frayer. Puisque les habitats au lac Saint-Jean sont situés principalement près des rives, à de faibles profondeurs, plus les hauts niveaux d'eau sont atteints rapidement au printemps et plus la superficie disponible pour la fraie est grande.

L'analyse de la disponibilité des habitats de 1991 à 2015 met en évidence un retard de la disponibilité des sites de reproduction en période de fraie (figure 8). En moyenne, les sites de reproduction situés aux plus basses altitudes sur la rive

(niveau du lac: 100,48 m ou 13 pi) ont été accessibles le 12 mai tandis que ceux situés sur la limite de la ligne des hautes eaux sont devenus disponibles le 4 juin (niveau du lac: 101,54 m ou 16,5 pi), soit 24 jours plus tard. Pour les 2 espèces, les résultats montrent qu'en moyenne, les habitats ont commencé à être disponibles 4 jours après le début de la reproduction. Ils étaient partiellement accessibles dès le début de la reproduction dans 38 % des cas. Ils sont devenus complètement accessibles respectivement 12 et 17 jours après la fin de la fraie pour la perchaude et le grand brochet. Les habitats sont devenus complètement disponibles avant la fin de la fraie dans 17 % des cas pour la perchaude et 4 % pour le grand brochet. Ils ont été totalement inaccessibles pendant la totalité de la reproduction dans 13 % des cas pour la perchaude et dans 17 % des cas pour le grand brochet. Ainsi, on peut supposer que pour les années 1998, 2003 (brochet seulement), 2007 et 2010, la reproduction de la perchaude et du grand brochet au lac Saint-Jean a été un échec, en raison de l'inaccessibilité des habitats de fraie. Cette situation est survenue lors des années où les apports d'eau au printemps étaient inférieurs à la normale.

Nos estimations du moment de la fraie et nos résultats concernant la disponibilité des habitats sont corroborés par différents suivis réalisés antérieurement au lac Saint-Jean, avec un décalage de 1 à 2 jours. Par exemple, en 1998, une étude réalisée dans l'émissaire du Petit marais de Saint-Gédéon indique la présence de grands brochets et de perchaudes 9 à 10 jours avant que l'habitat ne devienne accessible (Larose et Bouchard, 1998). Nos estimations de la période de fraie donnent un écart de 8 jours entre le début de la reproduction et le début de la disponibilité des habitats pour cette même année (figure 8). Dans ce marais, un seuil artificiel permet aux poissons d'accéder à l'habitat lorsque le niveau atteint de 100,30 m (12,4 pi) à 100,50 m (13,1 pi), selon le débit du marais,

soit environ le même niveau auquel les herbiers deviennent accessibles dans les autres habitats du lac Saint-Jean (100,48 m ou 13,0 pi). L'écart de 1 à 2 jours entre l'étude de Larose et Bouchard (1998) et nos estimations s'explique, en partie, par l'arrivée de géniteurs à l'embouchure du marais avant le départ des glaces. Lors d'une étude similaire réalisée dans le même marais en 2000 (Larose, 2001), des grands brochets et des perchaudes ont été observés dans l'émissaire du marais dès la première visite le 10 mai, tandis que nos estimations ont fixé le début de la reproduction au 8 mai pour cette même année. Les grands brochets ont pu pénétrer dans le marais à partir du 16 mai, alors que sa température était déjà de 11 °C. Nos estimations ont fixé la fin de la fraie au 17 mai pour cette année, ce qui semble concorder avec les données de température mesurées. D'ailleurs, lors de cette étude, des brochets morts coincés en aval du seuil artificiel ont été observés.

Ainsi, l'inondation retardée des habitats de fraie par rapport aux conditions naturelles s'avère défavorable à la reproduction du grand brochet et de la perchaude qui, lorsque l'accessibilité aux habitats est restreinte, sont contraints de frayer dans des conditions sous-optimales (absence de végétation, température inadéquate, etc.). Plusieurs sites à fort potentiel pour la fraie, mais qui sont situés à des niveaux plus élevés, sont probablement inutilisés par les poissons en raison de l'atteinte tardive des hauts niveaux. L'étude d'impact et le rapport du BAPE qui ont précédé le début du PSBLSJ en 1986 avaient tiré la même conclusion :

[...] Il est possible, au lac Saint-Jean, que le brochet et la perchaude soient prêts à frayer avant qu'il n'y ait un habitat adéquat de plantes submergées, ce qui contribuerait à limiter la production de ces espèces. (André Marsan et Associés, 1983)

[...] Tous les organismes qui se sont prononcés sur cette question sont d'accord pour affirmer que la gestion historique a été néfaste en retardant la pointe de la crue et en allongeant sa durée. Il en résulte [...] un décalage de la période de la fraie des poissons d'eau chaude (perchaude, brochet), événements préjudiciables à la reproduction de ces espèces. (BAPE, 1985)

La présente analyse permet de mieux démontrer et de quantifier cette problématique.

Effets de la gestion du niveau du lac Saint-Jean sur les populations de poissons : bilan et recommandations

La gestion actuelle du niveau du lac Saint-Jean s'avère défavorable aux poissons qui se reproduisent dans les milieux humides riverains en raison d'un faible abaissement du niveau en été et de l'atteinte tardive des hauts niveaux nécessaires à la fraie au printemps. Une gestion qui maximiserait l'écart entre le niveau d'eau au printemps et celui en été tout en minimisant l'érosion des berges et des milieux humides optimiserait le développement de la végétation riveraine et, par le fait même, la superficie des habitats disponibles pour la fraie des poissons. En outre, l'atteinte des hauts niveaux en période printanière

devrait être devancée, de façon à ce que la chronologie de la crue s'apparente le plus possible à celle qui prévalait en conditions naturelles, avant la mise en place des barrages.

Il est également essentiel de maintenir des niveaux élevés et stables pendant l'incubation des œufs et les premiers jours de croissance des larves de perchaude (Henderson, 1985; Kallemeyn, 1987; Mingelbier et collab., 2005) et de grand brochet (Johnson, 1957; Casselman et Lewis, 1996; Mingelbier et collab., 2005). À partir de la littérature scientifique, on peut estimer que la période qui couvre le dépôt et l'incubation des œufs ainsi que l'utilisation des milieux humides par les larves dure approximativement 3 à 5 semaines, selon les années et les milieux (Brodeur et collab., 2006; Mingelbier et collab., 2008; Plourde-Lavoie et Sirois, 2016). Pour le Saint-Laurent par exemple, Brodeur et collab. (2006) recommandent de maintenir une crue printanière de 35 à 40 jours.

Finalement, la gestion du niveau devrait tenir compte de la variabilité intra et interannuelle naturelle du cycle hydrologique (Poff et collab., 1997), car les perturbations d'importance moyenne favorisent généralement la biodiversité d'un écosystème (Wilcox et Meeker, 1991; Pollock et collab., 1998; White et collab., 2008). La stabilisation des niveaux a souvent comme résultante la dominance d'une seule espèce végétale, notamment le typha qui prolifère dans les endroits où la hauteur de l'eau est constante, un phénomène fréquent lorsque les apports en éléments nutritifs sont importants (Boers et Zedler, 2008; Shay et collab., 1999; Farrel et collab., 2010). En milieu naturel, la flore riveraine profite généralement des années de faible hydraulicité pour croître à des niveaux inférieurs sur la berge, tandis que les hauts niveaux inondent cette végétation, offrant par le fait même une plus grande surface de fraie (Hudon, 1997; Mingelbier et collab., 2008). Deux années de hauts niveaux, espacées de quelques années de niveaux moindres, peuvent augmenter la productivité des populations (Martin et collab., 1981). Les données historiques de l'élévation du lac Saint-Jean montrent que les variations interannuelles de niveau étaient plus importantes avant la mise en place des barrages qu'aujourd'hui : toute la variabilité de l'écosystème est maintenant restreinte par un scénario de gestion fixe des niveaux d'une année à l'autre. Un scénario de gestion qui tendrait à imiter le régime naturel du lac (c'est-à-dire l'ampleur, la fréquence, la durée et la chronologie des niveaux) favoriserait la diversité des plantes riveraines, la productivité des milieux humides riverains et celle de la faune aquatique qui utilise ces milieux.

Conclusion

La transformation du lac Saint-Jean en réservoir hydroélectrique a modifié considérablement les fluctuations naturelles du niveau de l'eau : l'abaissement du niveau de l'eau en période estivale a été réduit, et l'atteinte du niveau maximal survient plus tard en saison. Le maintien des hauts niveaux pendant la période de croissance de la végétation nuit vraisemblablement au développement des milieux humides riverains. Ces habitats sont essentiels pour la fraie de plusieurs

espèces de poissons, notamment le grand brochet et la perchaude. De plus, l'atteinte tardive des hauts niveaux entraîne un important problème de disponibilité des habitats de reproduction au printemps. Afin de favoriser les populations de poissons qui utilisent les milieux humides riverains, nous estimons que la gestion du lac Saint-Jean devrait viser à maximiser les écarts entre les niveaux printaniers et estivaux et devancer l'atteinte des hauts niveaux, pour permettre aux poissons d'accéder au bon moment à des sites de fraie de qualité. Nous considérons néanmoins que les effets directs de la gestion actuelle du lac Saint-Jean sur l'ensemble des populations de poissons demeurent largement inconnus. Des séries temporelles de l'abondance et de la croissance des principales espèces susceptibles d'être affectées permettraient de mesurer les répercussions réelles de la gestion du lac Saint-Jean sur les poissons.

Remerciements

Nous remercions Marc Mingelbier et Philippe Brodeur du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs pour le partage de leur expertise scientifique aux premières étapes du projet. Merci également à Stéphane Gagnon-Harvey et Stevens Gagné pour leur collaboration sur le terrain. Un merci tout spécial à Sonya Lévesque pour la révision d'une version préliminaire de ce document. Nous remercions aussi Marc-Antoine Couillard, Yves Paradis, Denise Tousignant et Pierre Périnet pour leurs commentaires lors de l'édition de l'article. Ce projet a été financé par la Corporation L'Activité Pêche Lac-Saint-Jean, la Chaire de recherche sur les espèces aquatiques exploitées de l'UQAC, la MRC de Lac-Saint-Jean-Est, la MRC de Maria-Chapdelaine et la MRC du Domaine-du-Roy. ◀

Références

- ALCAN, 1996. Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean. Rapport synthèse 1986-1996. Aluminium du Canada Ltée (Alcan).
- ALCAN, 2007. Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean. Rétrospective 1996-2006. 108 p. Disponible en ligne à : <http://synapse.uqac.ca/wp-content/uploads/2014/03/Version-finale-R%3%A9trospective1996-2006.pdf>
- ANDRÉ MARSAN ET ASSOCIÉS, 1983. Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean. Étude d'impact sur l'environnement et le milieu social. Rapport synthèse. Aluminium du Canada Ltée (Alcan).
- AROVIITA, J. et H. HÄMÄLÄINEN, 2008. The impact of water-level regulation on littoral macroinvertebrate assemblages in boreal lakes. *Hydrobiologia*, 613 (1): 45-56. doi:10.1007/s10750-008-9471-4.
- ASTRADE, L., 1998. La gestion des barrages-réservoirs au Québec : exemples d'enjeux environnementaux. *Annales de Géographie*, 604: 590-609. doi:10.3406/geo.1998.20878.
- BAIN, M.B., N. SINGKRAN et K.E. MILLS, 2008. Integrated ecosystem assessment: Lake Ontario water management. *PLoS One*, 3: e3806. doi:10.1371/journal.pone.0003806.
- BAPE, 1985. Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean. Rapport d'enquête et d'audience publique, Gouvernement du Québec, Bureau d'audiences publiques sur l'environnement.
- BAUMGÄRTNER, D., M. MÖRTL et K.-O. ROTHHAUPT, 2008. Effects of water-depth and water-level fluctuations on the macroinvertebrate community structure in the littoral zone of Lake Constance. *Hydrobiologia*, 613 (1): 97-107. doi:10.1007/s10750-008-9475-0.
- BENNETT, D.H., O.E. MAUGHAN et D.B. JESTER, 1985. Generalized model for predicting spawning success of fish in reservoirs with fluctuating water levels. *North American Journal of Fisheries Management*, 5 (1): 12-20. doi:10.1577/1548-8659(1985)5<12:GMFPSS>2.0.CO;2.
- BOERS, A.M. et J.B. ZEDLER, 2008. Stabilized water levels and *Typha* invasiveness. *Wetlands*, 28 (3): 676-685. doi:10.1672/07-223.1.
- BOUCHARD, L. et M. LAROSE, 1995. Suivi de l'impact des ouvrages de stabilisation au marais du Golf de Saint-Prime. Centre Écologique du Lac St-Jean Inc., 38 p.
- BOUDREAU, M., D. FABER, G. ST-GELAIS et N. VILLENEUVE, 1987. Reconnaissance annuelle de 29 habitats ripariens du lac Saint-Jean (1987). *Écologues pour le programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean*, Société d'électrolyse et de chimie Alcan Ltée, 118 p.
- BOXRUCKER, J.C., G.L. SUMMERS et E.R. GILLILAND, 2005. Effects of the extent and duration of seasonal flood pool inundation on recruitment of threadfin shad, white crappies, and largemouth bass in Hugo Reservoir, Oklahoma. *North American Journal of Fisheries Management*, 25 (2): 709-716. doi: 10.1577/M03-248.1.
- BRAUNS, M., X.-F. GARCIA et M.T. PUSCH, 2008. Potential effects of water-level fluctuations on littoral invertebrates in lowland lakes. *Hydrobiologia*, 613 (5): 5-12. doi:10.1007/s10750-008-9467-0.
- BRODEUR, P., M. MINGELBIER et J. MORIN, 2004a. Impact des variations hydrologiques sur les poissons des marais aménagés du Saint-Laurent fluvial. *Le Naturaliste Canadien*, 128 (2): 66-77.
- BRODEUR, P., M. MINGELBIER et J. MORIN, 2004b. Impact des variations hydrologiques sur les poissons des marais aménagés le long du Saint-Laurent fluvial. *Société de la faune et des parcs du Québec*, Direction de la recherche sur la faune, Québec, 63 p.
- 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 (2): 60-68.
- CASANOVA, M.T. et M.A. BROCK, 2000. How do depth, duration and frequency of flooding influence the establishment of wetland plant communities? *Plant Ecology*, 147 (2): 237-250. doi:10.1023/A:1009875226637.
- CASSELMAN, J.M. et C.A. LEWIS, 1996. Habitat requirements of northern pike (*Esox lucius*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 53: 161-174.
- CHOQUETTE, C., É. GUILHERMONT et M.-P. GOYETTE NOËL, 2010. La gestion du niveau d'eau des barrages-réservoirs au Québec : aspects juridiques et environnementaux. *Les Cahiers de droit*, 51 (3-4): 827-857.
- CLAP, 2015. La pêche sportive dans l'aire faunique communautaire du lac Saint-Jean. Corporation L'Activité Pêche Lac Saint-Jean, 27 p.
- CLARK, M.E., K.A. ROSE, J.A. CHANDLER, T.J. RICHTER, D.J. ORTH et W. VAN WINKLE, 2008. Water-level fluctuation effects on centrarchid reproductive success in reservoirs: A modeling analysis. *North American Journal of Fisheries Management*, 28 (4): 1138-1156. doi: 10.1577/M07-106.1.
- CRAIG, J.F., 2008. A short review of pike ecology. *Hydrobiologia*, 601 (1): 5-16. doi:10.1007/s10750-007-9262-3.
- DABROWSKI, K., R.E. CIERESZKO, A. CIERESZKO, G.P. TOTH, S.A. CHRIST, D. EL-SAYD et J.S. OTTOBRE, 1996. Reproductive physiology of yellow perch (*Perca flavescens*): Environmental and endocrinological cues. *Journal of Applied Ichthyology*, 12: 139-148. doi:10.1111/j.1439-0426.1996.tb00079.x.
- DEMBKOWSKI, D.J., S.R. CHIPPS et B.G. BLACKWELL, 2014. Response of walleye and yellow perch to water-level fluctuations in glacial lakes. *Fisheries Management and Ecology*, 21 (2): 89-95. doi:10.1111/fme.12047.
- DÉPART DES GLACES, 2016. Disponible en ligne à : <http://www.departdesglaces.org/> [Visité le 10-07-16].
- EVTIMOVA, V.V. et I. DONOHUE, 2016. Water-level fluctuations regulate the structure and functioning of natural lakes. *Freshwater Biology*, 61: 251-264. doi:10.1111/fwb.12699.

- FARRELL, J.M., 2001. Reproductive success of sympatric northern pike and muskellunge in an upper St. Lawrence River bay. *Transactions of the American Fisheries Society*, 130 (5): 796-808. doi:10.1577/1548-8659(2001)130<0796:RSOSNP>2.0.CO;2.
- FARRELL, J.M., J.V. MEAD et B.A. MURRY, 2006. Protracted spawning of St. Lawrence River northern pike (*Esox lucius*): simulated effects on survival, growth, and production. *Ecology of Freshwater Fish*, 15 (2): 169-179. doi:10.1111/j.1600-0633.2006.00135.x.
- FARRELL, J.M., B.A. MURRY, D.J. LEOPOLD, A. HALPERN, M.B. RIPPKE, K.S. GODWIN et S.D. HAFNER, 2010. Water-level regulation and coastal wetland vegetation in the upper St. Lawrence River: inferences from historical aerial imagery, seed banks, and *Typha* dynamics. *Hydrobiologia*, 647 (1): 127-144. doi:10.1007/s10750-009-0035-z.
- FORTIN, R., P. DUMONT, H. FOURNIER, C. CADIEUX et D. VILLENEUVE, 1982. Reproduction et force des classes d'âge du grand brochet (*Esox lucius* L.) dans le Haut-Richelieu et la baie Missisquoi. *Canadian Journal of Zoology*, 60 (2): 227-240. doi:10.1139/z82-031.
- FOURT, R.A., 1978. The effects of a two-year water-level management plan on the production of sport fish in Beaver Reservoir. *Arkansas Game and Fish Commission*, Little Rock, 15 p.
- FRANCOEUR, N. et L. BOUCHARD, 1992. Reconnaissances annuelles des habitats ripariens du lac Saint-Jean. Rapport du Centre Écologique du Lac St-Jean Inc. pour la Société d'électrolyse et de Chimie Alcan Ltée, Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean, 104 p.
- FRANKLIN, D.R. et L.L. SMITH, 1963. Early life history of the northern pike, *Esox lucius* L., with special reference to the factors influencing the numerical strength of year classes. *Transactions of the American Fisheries Society*, 92 (2): 91-110. doi:10.1577/1548-8659(1963)92[91:ELHOTN]2.0.CO;2.
- GABOURY, M.N. et J.W. PATALAS, 1984. Influence of water level drawdown on the fish populations of Cross Lake, Manitoba. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 41 (1): 118-125. doi:10.1139/f84-011.
- GERTZEN, E., S. DOKA, C. MINNS, J. MOORE et C. BAKELAAR, 2012. Effects of water levels and water level regulation on the supply of suitable spawning habitat for eight fish guilds in the Bay of Quinte, Lake Ontario. *Aquatic Ecosystem Health and Management*, 15 (4): 397-409.
- GRUBAUGH, J.W. et R.V. ANDERSON, 1988. Spatial and temporal availability of floodplain habitat: long-term changes at pool 19, Mississippi River. *The American Midland Naturalist*, 119 (2): 402-411. doi:10.2307/2425823.
- HÅKANSON, L., 1977. The influence of wind, fetch, and water depth on the distribution of sediments in Lake Vänern, Sweden. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 14 (3): 397-412. doi:10.1139/e77-040.
- HANSON, T.R., L.U. HATCH et H.C. CLONTS, 2002. Reservoir water level impacts on recreation, property, and nonuser values. *Journal of the American Water Resources Association*, 38 (4): 1007-1018.
- HASSLER, T.J., 1969. Biology of the northern pike in Oahe Reservoir, 1959 through 1965. U.S. Bureau of Sport Fisheries, Wildlife Technical Paper, 29: 1-13.
- HAVENS, S., M. RENNIE, P. BLANCHFIELD, M. PATERSON et S. HIGGINS, 2014. Evaluation of eutrophication and water level drawdown on Lake Whitefish (*Coregonus clupeaformis*) productivity: Fish habitat assessment. *Canadian technical report of fisheries and aquatic sciences*, 45 p.
- HEISEY, P.G., D. MATHUR et N.C. MAGNUSON, 1980. Accelerated growth of smallmouth bass in a pumped storage system. *Transactions of the American Fisheries Society*, 109 (4): 371-377. doi:10.1577/1548-8659(1980)109<371:AGOSBI>2.0.CO;2.
- HENDERSON, B.A., 1985. Factors affecting growth and recruitment of yellow perch, *Perca flavescens* Mitchell, in South Bay, Lake Huron. *Journal of Fish Biology*, 26 (4): 449-458. doi:10.1111/j.1095-8649.1985.tb04284.x.
- HOUE-FORTIN, M.-A. et F.C. GIBEAULT, 2007. Revue de littérature sur les composantes écologiques du Grand lac Saint-François – Impacts du marnage. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec, Direction de l'aménagement de la faune de la Capitale-Nationale et de la Chaudière-Appalaches, 33 p.
- HUDON, C., 1997. Impact of water level fluctuations on St. Lawrence River aquatic vegetation. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 54 (12): 2853-2865. doi:10.1139/f97-201.
- HUDON, C., P. GAGNON, J.-P. AMYOT, G. LÉTOURNEAU, M. JEAN, C. PLANTE, D. RIOUX et M. DESCHÊNES, 2005. Historical changes in herbaceous wetland distribution induced by hydrological conditions in Lake Saint-Pierre (St. Lawrence River, Quebec, Canada). *Hydrobiologia*, 539 (1): 205-224. doi:10.1007/s10750-004-4872-5.
- 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 (1): 145-161. doi:10.1007/s10750-009-9922-6.
- JOHNSON, F.H., 1957. Northern pike year-class strength and spring water levels. *Transactions of the American Fisheries Society*, 86 (1): 285-293. doi:10.1577/1548-8659(1956)86[285:NPYSAS]2.0.CO;2.
- JONES, H.G., M. LECLERC, M. OUELLET, L. POTVIN, P. COUTURE, D. CLUIS, W. SOCHANSKA et J. SOCHANSKI, 1979. Productivité biologique des eaux du lac Saint-Jean, synthèse. INRS-eau, Québec, 46 p.
- KALLEMEYN, L.W., 1987. Correlations of regulated lake levels and climatic factors with abundance of young-of-the-year walleye and yellow perch in four lakes in Voyageurs National Park. *North American Journal of Fisheries Management*, 7 (4): 513-521. dx.doi.org:10.1577/1548-8659(1987)7<513:CORLLA>2.0.CO;2.
- KITCHELL, J.F. et G.D. KOSHINSKY, 1996. Review of proposed changes in water level regulation for Rainy and Namakan Lakes: Their consequent ecological effects on fisheries and related aquatic resources. *International Joint Commission*, 125 p.
- KROLOVÁ, M., H. IŽKOVÁ, J. HEJZLAR et S. POLÁKOVÁ, 2013. Response of littoral macrophytes to water level fluctuations in a storage reservoir. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, 408 (7): 1-21. doi:10.1051/kmae/2013042.
- LAPOINTE, A., 2013. Distribution connue des espèces de poissons de certains lacs, rivières et ruisseaux du bassin hydrographique du lac Saint-Jean. Ministère des Ressources naturelles, Direction de l'expertise Énergie-Faune-Forêts-Mines-Territoire du Saguenay-Lac-Saint-Jean. 107 p.
- LAROSE, M., 2001. Suivi environnemental et faunique 2000. Suivi des conditions de la montaison et dynamique de l'embouchure au Petit marais de Saint-Gédéon en 2000. Rapport du Centre Écologique du Lac St-Jean Inc. pour Alcan Métal primaire, Énergie électrique, Programme de stabilisation des berges, 16 p.
- LAROSE, M. et L. BOUCHARD, 1998. Suivi environnemental et faunique 1998. Suivi des conditions de la montaison aux structures de maintien du niveau de l'eau au marais Le Rigolet de Métabetchouan et au Petit marais de Saint-Gédéon en 1998. Rapport du Centre Écologique du Lac St-Jean Inc. pour la Société d'électrolyse et de chimie Alcan Ltée, Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean, 39 p.
- LAROSE, M., L. BOUCHARD, H. ROYER et Y. PLOURDE, 1997. Suivi biophysique 1996. Suivi de l'impact des structures de gestion du niveau d'eau dans l'émissaire du marais Le Rigolet de Métabetchouan. Rapport du Centre Écologique du Lac St-Jean Inc. pour la Société d'électrolyse et de chimie Alcan Ltée, Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean, 36 p.
- LEIRA, M. et M. CANTONATI, 2008. Effects of water-level fluctuations on lakes: an annotated bibliography. *Hydrobiologia*, 613 (1): 171-184. doi:10.1007/s10750-008-9465-2.
- LORANG, M.S., P.D. KOMAR et J.A. STANFORD, 1993. Lake level regulation and shoreline erosion on Flathead Lake, Montana: A response to the redistribution of annual wave energy. *Journal of Coastal Research*, 9 (2): 494-508.
- LYCKE, A., 2014. La population de touladi (*Salvelinus namaycush*) au réservoir Kipawa et la gestion du marnage. Synthèse des informations actuelles, analyse de la première année d'essai du Centre d'expertise hydrique du Québec (CEHQ) et perspectives d'évaluation pour les prochaines années. Direction de la gestion de la faune de l'Abitibi-Témiscamingue – Secteur de la faune et des Parcs, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Rouyn-Noranda, 33 p.

- MARTIN, D.B., L.J. MENGEL, J.F. NOVOTNY et C.H. WALBURG, 1981. Spring and summer water levels in a Missouri river reservoir: Effects on age-0 fish and zooplankton. *Transactions of the American Fisheries Society*, 110 (3): 370-381. doi:10.1577/1548-8659(1981)110<370:SASWLI>2.0.CO;2.
- MASSÉ, G., P. DUMONT, J. FERRARIS et R. FORTIN, 1991. Influence des régimes hydrologique et thermique de la rivière aux Pins (Québec) sur les migrations de fraie du grand brochet et sur l'avalaison des jeunes brochets de l'année. *Aquatic Living Resources*, 4 (4): 275-287.
- MCCARRAHER, D.B. et R.E. THOMAS, 1972. Ecological significance of vegetation to northern pike, *Esox lucius*, spawning. *Transactions of the American Fisheries Society*, 101 (3): 560-563. doi: 10.1577/1548-8659(1972)101<560:ESOVTN>2.0.CO;2.
- MCEWEN, D.C. et M.G. BUTLER, 2010. The effects of water-level manipulation on the benthic invertebrates of a managed reservoir. *Freshwater Biology*, 55 (5): 1086-1101. doi:10.1111/j.1365-2427.2009.02382.x.
- 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 (1): 55-69. doi:10.1007/s10750-007-9266-z.
- PLOURDE-LAVOIE, P. et P. SIROIS, 2016. Revue et synthèse de la littérature scientifique sur la reproduction et les habitats des poissons fourrages de la zone littorale du lac Saint-Jean. Chaire de recherche sur les espèces aquatiques exploitées, Université du Québec à Chicoutimi, Saguenay, 126 p. Disponible en ligne à : <http://constellation.uqac.ca/3953/>
- PLOURDE-LAVOIE, P. et P. SIROIS, 2017. Portrait du potentiel des milieux humides riverains pour la fraie des poissons. Chaire de recherche sur les espèces aquatiques exploitées, Université du Québec à Chicoutimi, Saguenay, 71 p. Disponible en ligne à : <http://constellation.uqac.ca/4161/>
- POFF, N.L., J.D. ALLAN, M.B. BAIN, J.R. KARR, K.L. PRESTEGAARD, B.D. RICHTER, R.E. SPARKS et J.C. STROMBERG, 1997. The Natural Flow Regime. *BioScience*, 47 (11): 769-784.
- POLLOCK, M.M., R.J. NAIMAN et T.A. HANLEY, 1998. Plant species richness in riparian wetlands-a test of biodiversity theory. *Ecology*, 79 (1): 94-105. doi:10.1890/0012-9658(1998)079[0094:PSRIRW]2.0.CO;2.
- RIIS, T. et I.A.N. HAWES, 2003. Effect of wave exposure on vegetation abundance, richness and depth distribution of shallow water plants in a New Zealand lake. *Freshwater Biology*, 48 (1): 75-87. doi:10.1046/j.1365-2427.2003.00974.x.
- RIO TINTO ALCAN, 2014. Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean 2016-2026. Avis de projet. Présenté à la Direction générale de l'évaluation environnementale, 12 p.
- ROYER, H., M. LAROSE et L. BOUCHARD, 1997. Suivi biophysique 1997. Suivi de l'impact des structures de gestion du niveau d'eau dans l'émissaire du marais Le Rigolet de Métabetchouan. Rapport du Centre Écologique du Lac St-Jean Inc. pour la Société d'électrolyse et de chimie Alcan Ltée, Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean, 47 p.
- SCOTT, W.B. et E.J. CROSSMAN, 1974. Poissons d'eau douce du Canada. Bulletin 184, Office des recherches sur les pêcheries du Canada, 1026 p.
- SHAY, J.M., P.M.J. DE GEUS et M.R.M. KAPINGA, 1999. Changes in shoreline vegetation over a 50-year period in the Delta Marsh, Manitoba in response to water levels. *Wetlands*, 19 (2): 413-425. doi:10.1007/bf03161773.
- SHOUP, D.E. et D.H. WAHL, 2009. Fish diversity and abundance in relation to interannual and lake-specific variation in abiotic characteristics of floodplain lakes of the lower Kaskaskia River, Illinois. *Transactions of the American Fisheries Society*, 138 (5): 1076-1092. doi:10.1577/T07-272.1.
- ST-GELAIS, G., H. TREMBLAY, D. FABER, Y. MEUNIER et C. MASSON, 1990. Reconnaissances annuelles des habitats ripariens du lac Saint-Jean 1990. Rapport d'Écologex Inc. pour la Société d'électrolyse et de chimie Alcan Ltée, Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean, 110 p.
- ST-GELAIS, G., D. FABER, M. MURDOCK et Y. MEUNIER, 1991. Reconnaissances annuelles des habitats ripariens du lac Saint-Jean, 1991. Rapport d'Écologex Inc. pour la Société d'électrolyse et de chimie Alcan Ltée, Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean, 118 p.
- SUTELA, T., J. AROVITA et A. KETO, 2013. Assessing ecological status of regulated lakes with littoral macrophyte, macroinvertebrate and fish assemblages. *Ecological Indicators*, 24: 185-192. doi:10.1016/j.ecolind.2012.06.015.
- SZTRAMKO, L. et G.C. TELEKI, 1977. Annual variations in the fecundity of yellow perch from Long Point Bay, Lake Erie. *Transactions of the American Fisheries Society*, 106 (6): 578-582. doi:10.1577/1548-8659(1977)106<578:AVITFO>2.0.CO;2.
- TREMBLAY, H., 1992. Effets des variations du niveau d'eau du lac Saint-Jean (P.Q.) sur la migration saisonnière de quelques espèces de poissons, en particulier de la perchaude (*Perca flavescens*) dans le petit marais de Saint-Gédéon. Mémoire de maîtrise, Université du Québec à Chicoutimi, 61 p.
- TREMBLAY, V., 1979. La tragédie du lac Saint-Jean. Société historique du Saguenay, Chicoutimi, 231 p.
- VALLIÈRES, L. et R. FORTIN, 1988. Le Grand Brochet (*Esox lucius*) au Québec: biologie et gestion. Université du Québec à Montréal, pour le ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche du Québec, Direction de la gestion des espèces et des habitats, Québec, 298 p.
- VERSCHELDEN, M.-C., 2009. Estimation des retombées économiques de la pêche sportive au lac Saint-Jean et dans l'aire faunique communautaire du lac Saint-Jean en 2008. Atouts Conseils inc., pour la Corporation L'Activité Pêche Lac-Saint-Jean, 22 p.
- WALBURG, C.H., 1977. Lake Francis Case, a Missouri River reservoir: Changes in the fish population in 1954-75, and suggestions for management. U.S. Fish and Wildlife Service, 12 p.
- WHITE, M.S., M.A. XENOPOULOS, K. HOGSDEN, R.A. METCALFE et P.J. DILLON, 2008. Natural lake level fluctuation and associated concordance with water quality and aquatic communities within small lakes of the Laurentian Great Lakes region. *Hydrobiologia*, 613 (1): 21-31. doi:10.1007/s10750-008-9469-y.
- WILCOX, D.A. et J.E. MEEKER, 1991. Disturbance effects on aquatic vegetation in regulated and unregulated lakes in northern Minnesota. *Canadian Journal of Botany*, 69 (7): 1542-1551. doi:10.1139/b91-198.
- WILCOX, D.A. et J.E. MEEKER, 1992. Implications for faunal habitat related to altered macrophyte structure in regulated lakes in northern Minnesota. *Wetlands*, 12 (3): 192-203. doi:10.1007/bf03160609.
- WILCOX, D.A. et S.J. NICHOLS, 2008. The effects of water-level fluctuations on vegetation in a Lake Huron wetland. *Wetlands*, 28 (2): 487-501. doi:10.1672/07-129.1.
- WSP, 2015. Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean 2017-2026. Étude d'impact sur l'environnement. Rapport produit pour Rio Tinto Alcan. 86 p. + annexe.

PARTENAIRE DE VOS PROJETS!



- 1638, rue Notre-Dame
L'Ancienne-Lorette QC
G2E 3B6
- 1095, boulevard Pie-XI Nord
Québec QC G3K 2S7

UN SEUL NUMÉRO :
418 872-1445 | 1 866 972-1445

[www.desjardins.com/
caisse-piemont-laurentien](http://www.desjardins.com/caisse-piemont-laurentien)
Visitez notre page facebook! 

Effets du réseau routier sur la connectivité des frayères du grand brochet (*Esox lucius*) au lac Saint-Pierre (fleuve Saint-Laurent, Canada)

Céline Le Pichon¹, Marc Mingelbier^{2*}, Maëlle Legros¹, Aline Foubert^{2, 3} et Philippe Brodeur⁴

Résumé

Afin de compléter le portrait des pressions agissant sur les habitats aquatiques de la plaine d'inondation du lac Saint-Pierre, une analyse géomatique avancée évalue les effets du réseau routier sur la connectivité des frayères et des nourriceries du grand brochet (*Esox lucius*). Les résultats révèlent des effets négatifs sur les habitats à fort potentiel lorsque le débit à Sorel dépasse $12\,000\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ (récurrence : de 1 à 2 ans), créant des pertes directes au niveau des emprises (maximum : 142 ha) et de la fragmentation entre les habitats situés de part et d'autre des routes (maximum : 39 ha). Ces effets, principalement circonscrits dans la région nord-ouest du lac, dépendent largement des conditions hydrologiques entre la période de fraie et la première semaine de vie des larves. Les mesures de connectivité soulignent l'importance des ponceaux fonctionnels et du réseau hydrographique de la zone littorale, éléments essentiels à l'interconnexion des habitats. Il apparaît que les répercussions du réseau routier, bien qu'elles soient moindres que celles provoquées par les pratiques agricoles intensives ou encore par la régularisation du débit, demeurent non négligeables. La présente étude identifie les habitats à fort potentiel et des corridors de connectivité constituant des milieux prioritaires à protéger ou à restaurer.

MOTS CLÉS : connectivité, fraie, nourricerie, ponceau, réseau routier

Abstract

To help complete the picture of the pressures affecting the diverse aquatic habitats of the Lake St-Pierre floodplain (Québec, Canada), an advanced geomatics analysis was used to assess the effects of the adjacent road network on the connectivity of spawning and nursery grounds of the northern pike (*Esox lucius*). The results revealed adverse effects on high potential habitat when the water flow at Sorel exceeded $12\,000\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ (recurrence interval of 1 to 2 years). Once this flow rate was reached, there was a direct habitat loss along roads (maximum: 142 ha) and fragmentation of habitat transected by roads (maximum: 39 ha). These effects, which were most marked around the northwestern part of the lake, depended largely on the hydrological conditions between spawning and the first week of larval life. Connectivity measurements highlighted the importance of functional culverts and of the hydrologic network of the littoral zone as being essential for habitat connectivity. The effects of the road network, although smaller than those caused by intensive agricultural practices or by the regulation of water flow, remained non-negligible. This study identified high-potential habitats and connectivity corridors as priority areas for protection or restoration.

KEYWORDS: connectivity, culvert, nursery, road network, spawning

Introduction

Intégrité et fonction de la plaine d'inondation du lac Saint-Pierre

Les fonctions écologiques associées aux plaines inondables sont essentielles à la santé et à l'intégrité des écosystèmes, à la qualité de l'eau, à la productivité des populations fauniques, à la conservation de la biodiversité

ainsi qu'à la pérennité des usages associés aux ressources en eau (Wilcox et Murphy, 1985). Le lac Saint-Pierre est le plus grand lac fluvial du fleuve Saint-Laurent et représente la plus grande plaine inondable d'eau douce du Québec, reconnu au niveau international comme site protégé par la Convention de Ramsar en 1998 et désigné Réserve mondiale de la Biosphère par l'UNESCO en 2000. Une partie de cette plaine inondable

1. Institut national de Recherche en Sciences et Technologies pour l'Environnement et l'Agriculture, 1, rue Pierre-Gilles de Gennes, CS10030, 92761 Antony cedex, France.
2. Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction de l'expertise sur la faune aquatique, 880, chemin Sainte-Foy, Québec (Québec) G1S 4X4, Canada.
3. Université du Québec à Chicoutimi, 555, boul. de l'Université, Chicoutimi (Québec) G7H 2B1, Canada.
4. Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction de la gestion de la faune de la Mauricie et du Centre-du-Québec, 100, rue Lavolette, bureau 207, Trois-Rivières (Québec) G9A 5S9, Canada.

Céline Le Pichon est hydro-écologue, chercheuse à l'IRSTEA d'Antony, France.

Marc Mingelbier est biologiste, chercheur en écologie aquatique à la Direction de l'expertise sur la faune aquatique du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec.

Maëlle Legros a réalisé un stage à l'IRSTEA en 2016 sous la supervision de Céline Le Pichon. Aline Foubert est étudiante au doctorat à l'Université du Québec à Chicoutimi. Philippe Brodeur est biologiste à la Direction de la gestion de la faune de la Mauricie et du Centre-du-Québec du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec.

marc.mingelbier@mffp.gouv.qc.ca

est caractérisée par la présence de milieux humides (marais, marécages et prairies humides) qui profitent à de nombreuses espèces. En particulier, on y trouve environ 70 % des espèces de poissons d'eau douce du Québec, dont la moitié utilise les milieux humides pour se reproduire et s'alimenter au printemps (Dauphin et Jobin, 2016; MDDEFP, 2013).

Les espèces de poissons qui utilisent la plaine d'inondation pour se reproduire sont exposées à divers effets anthropiques exercés dans ces habitats temporaires, situés à l'interface entre les milieux terrestres et aquatiques. Parmi ces espèces, on trouve le grand brochet (*Esox lucius*), une espèce qui a connu une baisse d'abondance au lac Saint-Pierre (Magnan et collab., 2017). Le grand brochet a souvent été sélectionné comme espèce modèle (par ex. Mingelbier et collab., 2008), car il est le premier à frayer au printemps dans la végétation de la plaine d'inondation, généralement très productive et où l'eau se réchauffe rapidement. Une fois les œufs éclos, les larves se dispersent vers des habitats de nourricerie (équivalant ici aux « aires d'alevinage ») qui présentent des conditions favorables à l'alimentation et à la survie des jeunes larves (présence de végétation, faible courant, faible profondeur; Foubert et collab., 2017a). Dans le fleuve Saint-Laurent, les meilleurs succès de reproduction du grand brochet surviennent lorsque le niveau d'eau est élevé et stable durant l'incubation des œufs (Armellin, 2004) et lorsque les niveaux d'eau élevés sont combinés à de fortes températures en période de croissance des jeunes stades, au mois de juin (Hudon et collab., 2009). Ces connaissances soulignent l'importance pour le grand brochet d'avoir accès à de vastes habitats lors de la reproduction et du développement des premiers stades de vie.

Le lac Saint-Pierre sous de multiples pressions

Du fait du climat tempéré, de la fertilité des sols et de la proximité de la voie navigable du fleuve Saint-Laurent, le sud du Québec est devenu la zone où se concentrent la majeure partie de la population québécoise ainsi que les activités économiques et industrielles (Latendresse et collab., 2008). Bien que le lac Saint-Pierre jouisse de plusieurs reconnaissances internationales en matière de conservation de ses milieux humides (Convention de Ramsar en 1998) et qu'il ait été reconnu par l'UNESCO en 2000 comme zone modèle conciliant la conservation de la biodiversité et le développement durable, il reste soumis à de multiples pressions associées aux activités humaines, qui s'accumulent avec le temps.

Au cours des derniers siècles, le paysage et l'utilisation du sol ont profondément changé avec la disparition des forêts décidues et mélangées au profit des systèmes agroforestiers. La plaine d'inondation du lac Saint-Pierre a été progressivement occupée par l'agriculture. On a assisté, entre les années 1960 et 1990, au remplacement des cultures pérennes par de grandes monocultures annuelles et après les années 1990, à l'intensification des pratiques (Richard et collab., 2011; TCRLSP, 2017). Les labours associés aux cultures annuelles font disparaître la végétation propice pour la fraie et créent au printemps des champs dénudés, sans support pour déposer

les œufs. Ces pratiques agricoles ont donc entraîné la perte directe de plusieurs milliers d'hectares d'habitats propices à la reproduction des poissons (p. ex., le brochet et la perchaude, *Perca flavescens*) et la détérioration de la qualité de l'eau en lien avec la dispersion des pesticides, des fertilisants et des matières en suspension (Latendresse et collab., 2008). Cette situation requiert aujourd'hui le déploiement d'efforts importants de restauration (de la Chenelière et collab., 2014; Foubert et collab., 2017a).

Les habitats aquatiques du lac Saint-Pierre (et le fleuve Saint-Laurent dans son ensemble) ont aussi subi de nombreuses transformations reliées aux besoins de la navigation, avec l'aménagement par dragage d'un chenal large (~250 m) et profond (~11,3 m), déplaçant dans d'autres habitats aquatiques des volumes importants de sédiments dragués, et aussi la construction de barrages de pierres dans l'archipel de Sorel pour relever le niveau d'eau jusqu'au port de Montréal (Morin et Côté, 2003; Villeneuve, 2001). La construction de nombreux ouvrages de génie civil le long du fleuve Saint-Laurent (ponts, tunnels, métro, îles de l'Expo 1967), ainsi que l'artificialisation des rives ont entraîné des changements profonds dans le paysage fluvial et sa dynamique d'écoulement.

Bien que le climat influence de manière prépondérante le régime hydrologique du système Saint-Laurent, la régularisation de son débit (qui vise à réduire le débit au printemps et à l'augmenter en automne afin de limiter les inondations printanières dans la grande région de Montréal, faciliter le passage des bateaux en été et favoriser la production d'hydroélectricité) a modifié significativement la disponibilité des habitats de reproduction des poissons au lac Saint-Pierre (Foubert et collab., 2017a; Mingelbier et collab., 2008). Cette régularisation a débuté dès 1911 avec le premier d'une série de barrages importants dans la rivière des Outaouais, et au début des années 1960 dans le fleuve Saint-Laurent avec le barrage Moses-Saunders. Il faut savoir que les effets de la régularisation du débit de la rivière des Outaouais ressentis au lac Saint-Pierre sont 10 fois plus grands que ceux de la régularisation du débit des Grands Lacs (Morin et Bouchard, 2000).

Enfin, le développement urbain et celui des infrastructures de transport ont entraîné des pressions supplémentaires sur l'environnement sous forme de rejets ou de modifications physiques du territoire et des milieux. Celles-ci peuvent alors engendrer une fragmentation des habitats ou encore la perte d'habitats naturels par leur conversion en surfaces imperméables (Jobin et collab., 2007).

Fragmentation des habitats par les infrastructures routières

Le développement des activités humaines et l'intensification des usages du sol sont les principales causes de la fragmentation du paysage. Celle-ci se traduit par la perte d'habitats naturels, la dégradation de la qualité ainsi que l'isolement accru des parcelles d'habitat (« patchs », Andren, 1994; Fahrig, 2003). Les infrastructures de transport contribuent fortement à la perte et à la dégradation des habitats naturels (Geneletti, 2003). Les routes sont une des sources principales

de la fragmentation anthropique et sont associées à des pertes de connectivité (Pépino et collab., 2012). Une étude globale aux États-Unis a montré que la présence de routes et de voies ferrées dans les plaines alluviales modifie, à court terme, le régime des crues et à long terme, l'alluvionnement (Blanton et Marcus, 2009). En particulier, la présence des infrastructures de transport dans les plaines alluviales peut avoir des effets directs ou indirects sur les habitats et les espèces aquatiques.

En effet, l'emprise des infrastructures de transport remplace les lieux potentiels d'habitats favorables à diverses espèces (effet direct) et peut aussi avoir un effet sur les habitats adjacents. Ainsi, des travaux effectués à proximité ou sur des zones humides peuvent avoir des conséquences irréversibles en modifiant l'hydraulique du secteur (p. ex., la baisse de la nappe phréatique, l'assèchement de certaines zones humides adjacentes). Au printemps, elles perturbent aussi la connectivité des habitats aquatiques situés entre le fleuve et son littoral (effet indirect; Brodeur et Dumas, 2006; Brodeur et collab., 2004). Le passage d'une route au croisement d'un cours d'eau agit comme une digue ou un barrage, en interrompant les crues et les échanges d'eau, de sédiments et d'organismes vivants (Blanton et Marcus, 2013; Januchowski-Hartley et collab., 2013). La présence de ponceaux de drainage et des infrastructures de traverses de cours d'eau peut rétablir ponctuellement des connexions et faciliter le déplacement des organismes aquatiques. Cependant, s'ils sont mal conçus, en mauvais état ou bloqués, ils nuisent à l'habitat aquatique et à sa productivité (Bourgeois et collab., 2005). Certains ponceaux peuvent créer une chute empêchant le déplacement du poisson ou de la larve (Bouska et Paukert, 2010; Jackson, 2004; Pépino et collab., 2012).

Sur la rive nord du lac Saint-Pierre, l'autoroute 40 et diverses routes régionales et municipales ont été construites directement dans la plaine d'inondation. Pour des raisons d'empiètement important, le secteur de Maskinongé a fait l'objet d'une attention particulière dans la présente étude. La superficie de toutes les emprises routières dans la zone en eau de récurrence 0-100 ans représente 16 km² (figure 1). La construction de l'autoroute 40 a aussi nécessité l'aménagement de 300 ponceaux dans le littoral du lac, dont 102 donnent accès à des zones de reproduction de la perchaude (de la Chenelière et collab., 2014). Les habitats situés au nord de l'autoroute 40, notamment dans des bancs d'emprunts et des fossés, sont des sites privilégiés pour la reproduction, l'alevinage, l'alimentation et le repos de nombreuses espèces de poissons, à condition qu'ils soient connectés au fleuve (Bélangier, 1981; Brodeur et collab., 2014). En 2014, un inventaire préliminaire de ces 102 conduites a révélé qu'au moins 14 ponceaux présentaient une entrave à la libre circulation du poisson (p. ex., la présence d'une chute infranchissable en aval, l'obstruction du ponceau par des débris, un faible diamètre de l'ouvrage; P. Brodeur, comm. pers.). Aux ponceaux de l'autoroute s'ajoutent au moins 350 conduites supplémentaires, situées sur des réseaux routiers municipaux et à l'intérieur de champs agricoles, affichant fréquemment des caractéristiques limitatives pour la libre circulation des poissons.

Objectifs

Afin de compléter le portrait des pressions agissant sur les habitats aquatiques de la plaine d'inondation du lac Saint-Pierre, qui couvrait l'agriculture et la régularisation du débit du fleuve Saint-Laurent, la présente étude évalue et met en perspective les effets du réseau routier sur la connectivité des frayères et des nourriceries du grand brochet. Le premier objectif de ce projet était de cartographier et de quantifier les effets du réseau routier, en particulier ceux de l'autoroute 40, sur la connectivité des frayères et des nourriceries au lac Saint-Pierre. Le deuxième objectif était d'évaluer si le nombre de ponceaux et de ponts est suffisant pour assurer une connectivité optimale entre le lac et la zone littorale de la rive nord.

Les objectifs spécifiques suivants ont été formulés pour comprendre l'influence du réseau routier: a) quantifier les pertes directes d'habitats liées aux infrastructures de transport, b) cartographier et quantifier les habitats de fraie et de nourricerie les plus susceptibles d'être déconnectés par les infrastructures de transport, et c) localiser les zones de la plaine inondable où il serait bénéfique de rétablir la connectivité.

Aire d'étude et méthodes

Cette étude fait partie d'un programme de recherche plus large. Les analyses géomatiques ont été réalisées en utilisant les résultats de plusieurs modélisations spatiales à haute définition des habitats de fraie et de nourriceries (Foubert et collab., 2017a; Mingelbier et collab., 2008). Ces modélisations ont aussi été couplées à des bases de données complémentaires permettant d'analyser spécifiquement l'effet des infrastructures routières sur les habitats des jeunes stades de vie du grand brochet. L'étendue de la zone d'étude pour le lac Saint-Pierre est délimitée par la zone en eau de récurrence 0-100 ans, correspondant à un débit maximal de 20 000 m³.s⁻¹ à Sorel (figure 1).

Modélisation des habitats

Les habitats potentiels de fraie et de nourricerie du brochet ont été simulés pour chaque année de la période 1965-2013. Ces habitats modélisés correspondent à un scénario de plaine d'inondation naturelle appelée ici « plaine d'inondation vierge », car on a exclu volontairement les pertes reliées à l'agriculture et au réseau routier, afin d'en connaître le plein potentiel. Pour les mêmes raisons, les marais aménagés présents dans l'aire d'étude ont aussi été considérés comme milieux naturels. Les potentiels de frayères (Mingelbier et collab., 2008) et de nourriceries (Foubert et collab., 2017a) ont été estimés à l'aide d'indices de qualité d'habitat (IQH) combinant les variables suivantes: le type de végétation, la profondeur, la vitesse du courant et la température. Ces variables sont issues de modèles hydrodynamiques et biologiques, dont les résultats sont exportés sur une grille carrée régulière de mailles de 40 m × 40 m (Mingelbier et collab., 2005). Les valeurs des IQH ont été classées en 4 catégories (0, 1, 2 et 3), reflétant la qualité des habitats. Dans le cadre de cette étude, seules les valeurs d'IQH maximales égales à 3 au moins une fois au cours de la période 1965-2013 ont été conservées, afin de ne considérer que

les meilleurs potentiels d'habitats prioritaires pour la protection et la restauration de l'écosystème. Afin d'établir un lien entre les frayères disponibles et l'accès aux nourriceries, la période étudiée couvrait les 5 premières semaines entre le maximum de fraie (semaine 0; date variable dépendant de la température et calculée selon Mingelbier et collab., 2008) et le début de la période de nourricerie, une semaine après l'éclosion des œufs (semaine 5).

Variabilité hydrologique

Une analyse détaillée des niveaux d'eau (débits) journaliers durant chaque printemps de la période 1965-2013 a permis d'identifier 4 profils hydrologiques représentatifs de la variabilité du fleuve Saint-Laurent, survenus en 1965, 1973, 1983 et 1998, entre la semaine 0 et la semaine 5 (figure 2). L'année 1965 correspond à un niveau d'eau stable (variation $< 1000 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ entre les semaines 0 et 5) et bas durant ces 5 semaines. L'année 1973 correspond à un niveau d'eau stable et haut (la fréquence relative combinée des profils hydrologiques stables hauts et bas correspond à 47 % des années durant la période 1965-2013). Le niveau d'eau de l'année 1983 est moyen au début et augmente ensuite (fréquence relative: 11 %); enfin, celui de 1998 est élevé au début et diminue ensuite (fréquence relative: 42 %).

Sources de données

Infrastructures routières

Les données linéaires et surfaciques d'emprise des routes et de l'autoroute 40 considérées dans l'analyse proviennent du ministère des Transports, de la Mobilité durable et de l'Électrification et d'Adresses Québec (<http://adressesquebec.gouv.qc.ca>) pour une zone dans les limites d'une inondation de $20000 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ à Sorel. À partir d'un débit de $12000 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, les étendues inondées sont visibles au-delà de l'autoroute 40 (figure 3). Pour les routes nationales et locales, une largeur de 10 m a été attribuée permettant les calculs de pertes directes de frayères et de nourriceries modélisées dans le scénario « plaine d'inondation vierge ». Pour les années à fort débit durant la 5^e semaine (1973 et 1983), seules les routes exondées ont été considérées comme barrières au déplacement des larves. Le contour précis des zones inondées a été obtenu

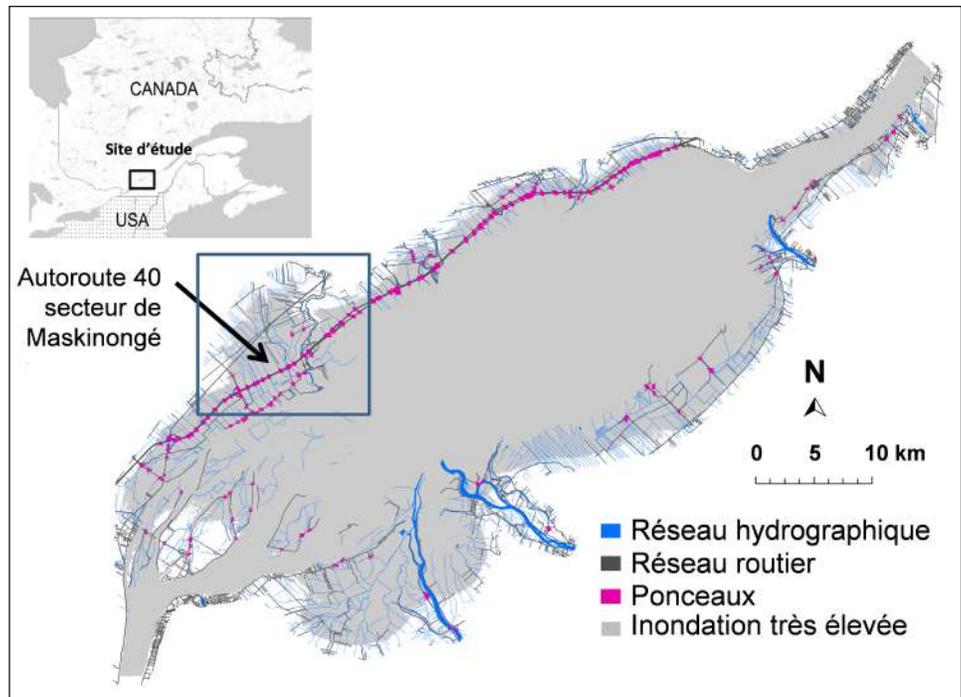


Figure 1. Le lac Saint-Pierre, reconnu internationalement pour ses milieux humides, sa biodiversité et sa productivité, est le plus grand des 3 lacs fluviaux du fleuve Saint-Laurent. La vaste plaine du lac est illustrée ici en gris par une inondation très élevée ($20000 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ à Sorel), correspondant à une période de récurrence supérieure à 1/100 ans (Morin et Bouchard, 2000). Les réseaux hydrographique et routier ainsi que les ponceaux sont représentés. Sur la rive nord, l'autoroute 40 a été construite dans la plaine d'inondation, avec un empiètement particulièrement important dans le secteur de Maskinongé.

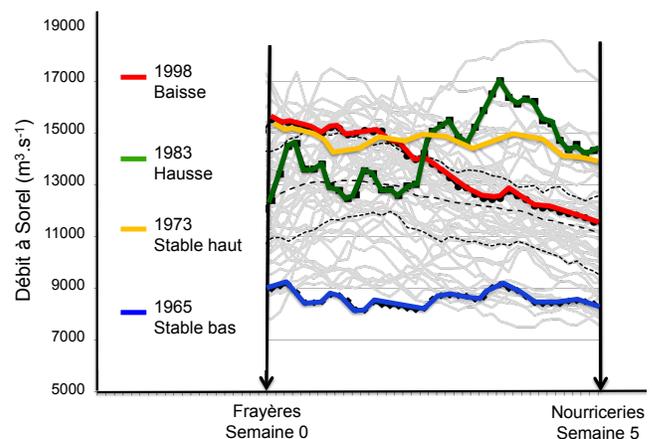


Figure 2. Profils hydrologiques entre les périodes de fraie et de nourricerie (1965-2013, lignes en gris). En pointillé sont représentés la moyenne et les quartiles 25 et 75 %. Quatre profils hydrologiques typiques ont été identifiés en couleur entre le maximum de fraie (semaine 0) et le début de la période de nourricerie (semaine 5) : stable bas et haut (1965 et 1973; fréquence de 47 %), en hausse (1983; 11 %) et en baisse (1998; 42 %). Les fréquences d'apparition (%) de ces profils correspondant à la période contemporaine (1962-2016) incluent la régularisation de la rivière des Outaouais et du fleuve Saint-Laurent. Avant ces régularisations (1883-1910), on n'observait que des situations de hausse (61 %) ou de niveau stable (39 %) entre les semaines 0 et 5.

en utilisant des données complémentaires LIDAR décrivant l'élévation de la plaine d'inondation à une résolution élevée (pixel de 5 m de côté) (Ouellet et collab., 2003).

Réseau hydrographique

La base de données vectorielles du réseau hydrographique provient du Cadre de référence hydrologique du Québec (CRHQ, 2015). Elle référence en particulier les ponceaux, dont 110 ont été sélectionnés parce qu'ils sont inclus dans la limite de l'inondation de $20\,000\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ à Sorel. Nous avons aussi ajouté des connexions vraisemblables sous forme de ponceaux à chaque croisement du réseau hydrographique et des routes, dont certains correspondent à des ponts (P. Brodeur, comm. pers.). Au niveau de l'archipel, le réseau hydrographique a été complété avec des éléments linéaires correspondant au type « ruisseau » dans Richard et collab. (2011). Une largeur fixe de 20 m a été attribuée à chacun des ponceaux, signifiant que l'analyse n'a pas considéré des effets potentiels liés aux caractéristiques des ponceaux (p. ex., le diamètre, la longueur, le type, la pente et l'élévation). Tous les ponceaux ont été considérés comme pleinement opérationnels et non obstrués par des débris ou des sédiments.

Analyse des données

Analyse fréquentielle des habitats du brochet (1965-2013)

Pour chaque maille du modèle, la fréquence annuelle relative (% des années) des valeurs d'IQH = 3 a été calculée sur la période 1965-2013; les valeurs ont ensuite été réparties en 4 classes (< 5%; 5-25%; 25-50%; > 50%) afin d'en visualiser la répartition spatiale des milieux les plus propices pour les poissons et d'en quantifier la proportion. Cette analyse, réalisée séparément pour les frayères et les nourriceries dans une plaine d'inondation « vierge », identifie clairement les milieux possédant les plus forts potentiels.

Évaluation de la connectivité des habitats selon divers scénarios

Le logiciel Anaqualand 2.0 permet d'évaluer la connectivité dans les cours d'eau entre les différentes parcelles d'habitats selon le principe de la modélisation du moindre coût (Le Pichon et collab., 2006; Le Pichon et collab., 2007). Les « distances fonctionnelles » calculées correspondent aux chemins de moindre coût, multipliant pas à pas la « distance géographique » (distance minimale dans les limites du cours d'eau) et la « résistance du milieu » pour laquelle on détermine une valeur dans chaque pixel de l'aire d'étude. Dans la présente étude, ce sont la vitesse du courant (qui peut freiner ou faciliter le déplacement des jeunes larves) et la mortalité des larves par exondation (lorsque le niveau d'eau baisse entre les périodes de fraie et de nourricerie) qui ont servi à générer la carte des résistances (figure 4). En considérant l'ensemble des habitats de l'aire d'étude, il devient possible de calculer la résistance cumulée minimale (RCM) pour atteindre l'habitat cible le plus

proche et de cartographier les probabilités d'atteindre ceux-ci. La probabilité calculée dépend de la mobilité des larves après l'éclosion des œufs, qui a été fixée à 3 000 m dans la plupart des analyses pour obtenir une image du plein potentiel de connectivité dans le lac Saint-Pierre. Cette mobilité tient compte de la distance maximale parcourue pendant la 5^e semaine par une larve entraînée passivement par un faible courant (Foubert et collab., 2017a). Dans le cas particulier des corridors de connectivité (voir la page suivante), ce coefficient de mobilité a été diminué à 150 et 600 m afin de cibler les régions prioritaires à restaurer, permettant de restreindre la largeur des corridors et de connaître plus précisément leurs formes et leur orientation.

Le calcul de connectivité peut se faire des frayères vers les nourriceries et inversement (voir le schéma conceptuel; figure 5). En se posant la question « D'où doit partir une larve pour atteindre une nourricerie? », on détermine une enveloppe spatiale représentant les frayères qui sont connectées, appelées « frayères effectives ». La question complémentaire suivante, « À partir d'une frayère, jusqu'où une larve peut-elle aller? », permet de déterminer l'enveloppe spatiale représentant les nourriceries qui sont connectées, appelées « nourriceries effectives ». Ces deux questions permettent de mieux cibler sur le terrain si ce sont des frayères ou bien des nourriceries qui sont limitantes et qu'on doit restaurer. On peut aller plus loin lorsqu'on considère l'intersection entre ces deux enveloppes spatiales, qui fournit les zones où la connectivité est possible dans les deux sens et qu'on appelle « corridors de connectivité ». Ces corridors représentent des accès privilégiés pour les larves et donc, des priorités de conservation.

Le scénario « plaine d'inondation vierge » correspond au plein potentiel d'habitat sans les effets de l'agriculture, du réseau hydrographique et du réseau routier. Les mesures de connectivité ont été calculées entre les frayères et les nourriceries pour les 4 profils hydrologiques types : stable (1965, 1973), en hausse (1983) et en baisse (1998). La carte de résistance/facilitation du milieu au déplacement des larves lors de la 5^e semaine a été définie en fonction des vitesses de courant correspondant à cette période, ainsi que les zones asséchées entre le maximum de fraie et la période de nourricerie. Les valeurs de résistance vers l'amont et vers l'aval ont été attribuées selon la méthode de Foubert et collab. (2017a). Une résistance maximale a été attribuée pour les vitesses du courant > $12\text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$ (mortelle pour les larves; Peake, 2004) et pour les habitats asséchés au cours des 5 semaines étudiées. Les vitesses d'écoulement inférieures à $12\text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$ facilitent les déplacements vers l'aval; les mouvements potentiels des larves vers l'amont ont été autorisés seulement pour la classe $0\text{-}2\text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$ comme sur la figure 4.

Le scénario « réseau routier seul » vise à estimer les pertes directes des emprises routières ainsi que la fragmentation reliée aux routes. Ce scénario utilise les habitats modélisés pour le scénario « plaine d'inondation vierge » moins ceux qui se trouvent sur l'emprise des routes. La carte de résistance est comparable et intègre les routes, qui prennent une valeur de résistance élevée (10 000) induisant une barrière physique infranchissable. Lorsque les routes étaient inondées

à la 5^e semaine, elles n'ont pas été considérées comme une barrière à la connectivité.

Le scénario « ponceaux et réseau hydrographique » est une variante du scénario « réseau routier seul » qui inclut le réseau hydrographique et les ponceaux dans la carte des résistances (figure 4). Le réseau hydrographique est considéré comme neutre vis-à-vis des déplacements amont et aval (valeur = 1). Alors que les déplacements dans les ponceaux sont 2 fois plus difficiles (valeur = 2).

Pertes directes par les routes, frayères et nourriceries effectives et corridors de connectivité

Les infrastructures routières ont été superposées aux habitats modélisés permettant l'analyse des superficies d'habitats potentiels remplacés par des routes. L'analyse des pertes directes liées au réseau routier porte sur les 4 années particulières étudiées. Les cartes montrant d'où doivent partir les larves pour atteindre une nourricerie ont été combinées aux frayères pour identifier les frayères effectives (figure 5) pour les 3 scénarios. De la même façon, les cartes montrant où les larves peuvent aller en partant d'une frayère ont été combinées aux nourriceries pour identifier les nourriceries effectives pour les 3 scénarios. Celles-ci ont été comparées, pour évaluer spatialement et quantitativement l'effet des divers scénarios sur la connectivité. Enfin, des corridors de connectivité ont été calculés en superposant les cartes d'où doivent partir les larves pour atteindre une nourricerie et les cartes où les larves peuvent aller en partant d'une frayère.

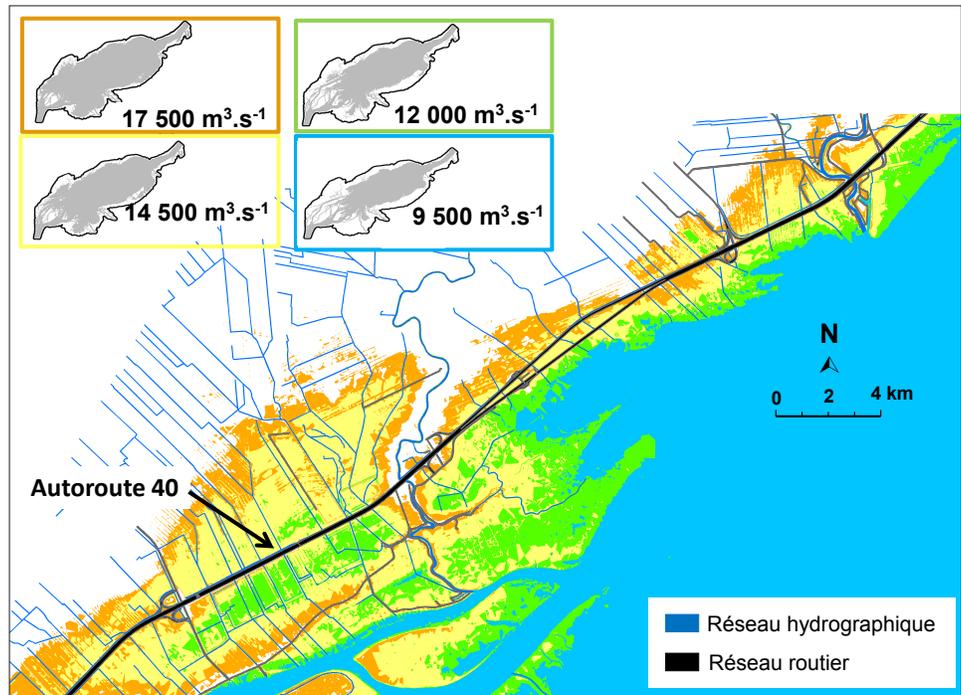


Figure 3. Étendue de l'inondation au lac Saint-Pierre en fonction du débit variant de 9 500 à 17 500 m³.s⁻¹, avec un détail du secteur de Maskinongé (figure 1). Les couleurs associées à chaque débit correspondent à celles de la carte détaillée. Les effets du réseau routier sont perceptibles lorsque le débit à Sorel dépasse 12 000 m³.s⁻¹. Les réseaux hydrographique et routier sont représentés.

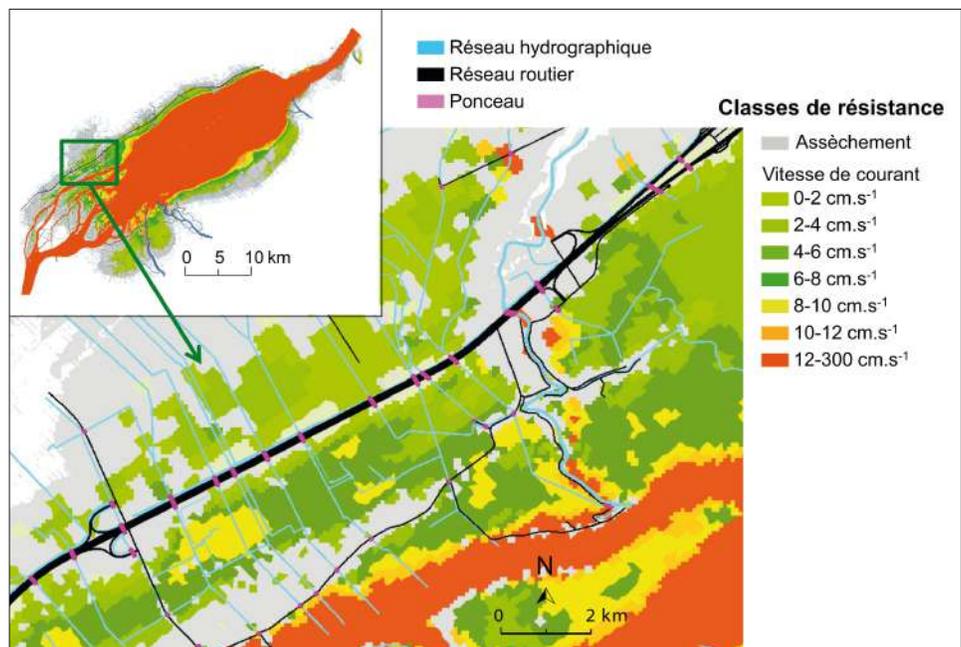


Figure 4. Carte des classes de résistance au cours des 5 semaines de développement des larves du grand brochet, exemple de l'année 1983. L'assèchement pendant cette période correspond à une valeur maximale de résistance, car il entraîne la mort des larves. La vitesse du courant pendant la 5^e semaine (les larves deviennent mobiles) est répartie en plusieurs classes: les faibles valeurs facilitent le déplacement des larves (0-12 cm.s⁻¹), et les plus élevées entraînent leur mortalité (>12 cm.s⁻¹). Les réseaux hydrographique et routier ainsi que les ponceaux sont représentés.

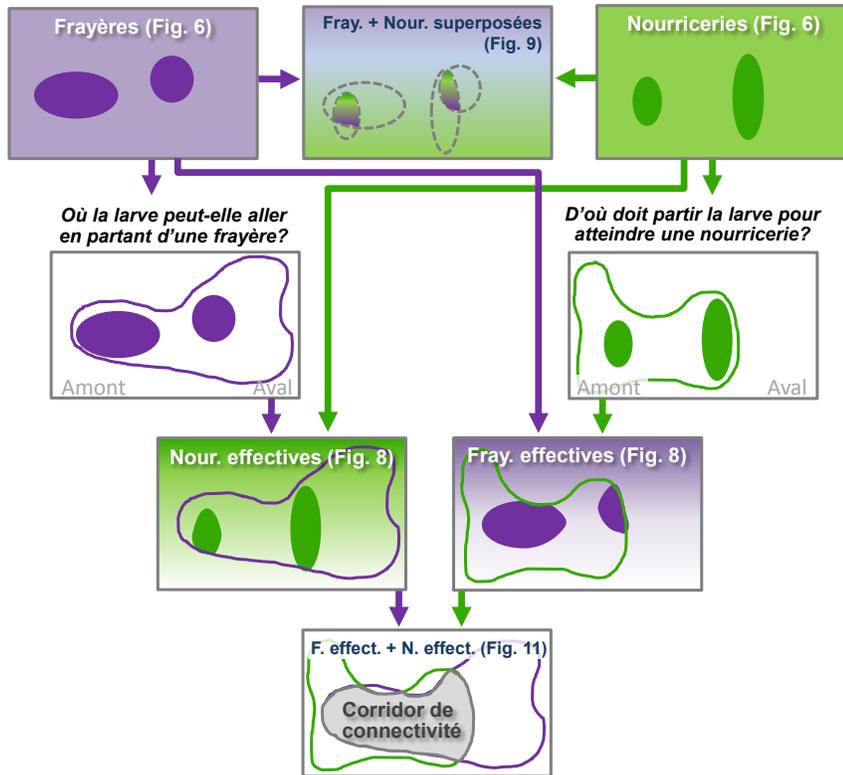


Figure 5. Schéma conceptuel présentant les étapes des analyses de connectivité, produisant les cartes des frayères et nourriceries superposées, des frayères effectives, des nourriceries effectives et des corridors de connectivité.

Résultats et discussion

Détermination des meilleurs habitats de fraie et de nourricerie

Les cartes des meilleures frayères potentielles et des meilleures nourriceries potentielles pour chaque année de la période 1965-2013 constituent les données de bases de l'étude. Les analyses fréquentielles effectuées séparément sur les 2 types d'habitats ont identifié les secteurs qui sont le plus souvent favorables à la fraie ou à la nourricerie compte tenu de la topographie du lac et de la variabilité hydrologique observée durant la période d'étude (figure 6). On constate que les frayères et les nourriceries les plus fréquentes sont réparties de façon variable autour du lac et qu'elles sont présentes de part et d'autre de l'autoroute 40. On voit aussi que les deux types d'habitats ne sont pas concentrés aux mêmes lieux et qu'ils ne présentent pas la même stabilité temporelle : les frayères apparaissent plus fréquemment aux mêmes endroits (25 % de la superficie potentielle des frayères sont situées plus d'une année sur deux aux mêmes endroits), alors que les surfaces couvertes par les nourriceries sont un peu plus étendues mais avec des fréquences plus faibles que les frayères (tous les habitats de nourriceries sont situés moins d'une année sur deux aux mêmes lieux). Ces cartes, représentant la fréquence des meilleurs habitats, pourraient être très utiles pour guider les priorités de conservation, de restauration ou d'aménagement faunique.

Pertes directes reliées au réseau routier

La superficie totale des emprises routières dans la plaine inondable du lac Saint-Pierre (récurrence 0-100 ans; figure 1) est de 1 607 ha. Pour les 4 années étudiées, les superficies perdues à cause des emprises routières varient de 2 à 143 ha, selon le régime hydrologique (tableau 1). Les pertes d'habitats potentiels sont faibles les années où le débit est faible, car les emprises routières commencent à être inondées lorsque le débit à Sorel dépasse $12\,000\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$, ce qui correspond à une récurrence comprise entre 1 et 2 ans (Morin et Bouchard, 2000). Plus précisément, lorsque l'on considère l'ensemble des profils hydrologiques de la période 1965-2013, des frayères ou des nourriceries peuvent être perdues à cause de l'emprise du réseau routier pour les trois quarts des années.

À ces pertes directes liées aux emprises du réseau routier peuvent s'ajouter des pertes non quantifiées dans cette étude sur les habitats potentiels adjacents. En particulier, lors de la phase de chantier, le surcreusement et la déstructuration des sols causés par

le passage des engins transforment les bords de route et modifient l'hydrologie du secteur. Ces modifications favorisent l'implantation des espèces envahissantes, à laquelle s'ajoute la perturbation du couvert végétal lors des fauches. À ces effets pérennes s'ajoutent des nuisances découlant de l'utilisation du réseau routier, en particulier les émissions polluantes (p. ex., les particules, les huiles, le sel) qui peuvent influencer la qualité des habitats adjacents.

Tableau 1. Superficie des meilleurs habitats (IQH = 3) perdus directement à cause des emprises routières pour les 4 profils hydrologiques typiques. Les débits à Sorel ($\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$) sont documentés pour décrire la dynamique hydrologique des 4 années types.

Profils hydrologiques	Frayères perdues		Nourriceries perdues	
	Débit ($\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$)	Superficie (ha)	Débit ($\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$)	Superficie (ha)
1965: stable basse	8 315	2	8 455	7
1973: stable haute	14 853	118	14 920	103
1983: hausse	12 021	13	14 905	143
1998: baisse	15 296	142	11 532	6

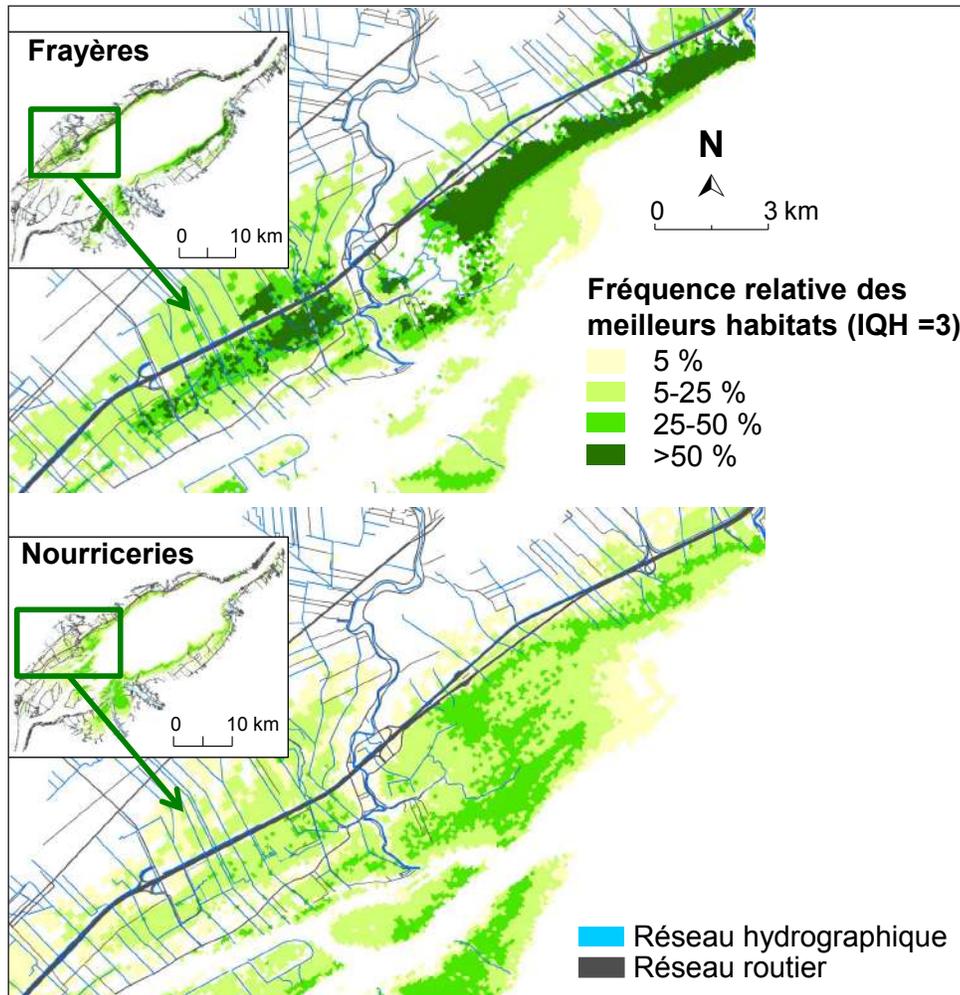


Figure 6. Carte de la fréquence relative des frayères et des nourriceries de bonne qualité (IQH = 3) pour la période 1965-2013. Les meilleures frayères apparaissent fréquemment aux mêmes lieux, contrairement aux meilleures nourriceries qui sont réparties sur un plus large territoire. Les réseaux hydrographique et routier sont représentés.

Connectivité des habitats

Les superficies de frayères et de nourriceries effectives varient en fonction des profils hydrologiques et des scénarios (figure 7). De plus, la proportion des habitats effectifs par rapport aux superficies des habitats potentiels varie selon les années. Les années où le niveau d'eau est stable, plus de 80 % des habitats potentiels sont connectés alors que les années instables, l'un ou les deux habitats potentiels sont connectés à moins de 80 % (seulement 30 % pour les frayères en 1998). La situation la plus favorable pour la reproduction du brochet dans le lac Saint-Pierre est représentée par l'année de niveau d'eau haut et stable (1973) avec une proportion importante de frayères et de nourriceries effectives par rapport aux frayères et aux nourriceries potentielles. L'année de niveau d'eau bas et stable (1965) est la seule qui présente plus de nourriceries effectives. Les hausses et les baisses de débit durant la période critique provoquent des situations contrastées : en situation de hausse (1983), les surfaces de frayères effectives sont majoritaires,

alors qu'on observe l'inverse en situation de baisse (1998). L'analyse de sensibilité de Foubert et collab. (2017a) a montré que l'augmentation de la mobilité des larves améliore la connectivité, qui atteint un plateau à 3 000 mètres fonctionnels; en dessous de 600 mètres fonctionnels, la connectivité des habitats diminue fortement. Cette analyse met l'accent sur l'importance de la dispersion des larves par de faibles courants dans la connexion des frayères et des nourriceries dans ce vaste lac fluvial. À titre indicatif et sans disposer d'une base de comparaison calibrée et validée sur le terrain, les résultats de la présente étude suggèrent que la mobilité potentielle des larves dans le lac Saint-Pierre pourrait être 5 fois plus grande que celle des larves provenant de lacs non fluviaux (Cucherousset et collab., 2009; Skov et collab., 2011). Cette différence est vraisemblablement attribuable au courant.

Les routes seules affectent surtout les nourriceries effectives en situation de fort débit (hausse : 1983 ou stabilité : 1973) (figure 7), en lien avec l'emplacement des habitats et des routes à ces débits dans la plaine alluviale (figure 3). Les

frayères subissent des effets légers lors des années de niveau d'eau stable (1965 et 1973); dans le premier cas, c'est le réseau routier secondaire qui est concerné; dans le second, ce sont principalement des pertes directes (tableau 1). L'effet des routes sur la déconnexion des nourriceries en 1983 est surtout marqué sur la rive nord du lac, en particulier tout le long de l'autoroute 40, alors que la rive sud n'est que très peu concernée (figure 8). Sur cette figure, on remarque les frayères et les nourriceries qui sont effectives et qui correspondent à des secteurs prioritaires à conserver ou à restaurer. De manière plus générale, l'effet des routes peut être plus important lorsque le régime hydrologique génère des frayères et des nourriceries situées de part et d'autre de l'autoroute 40, c'est-à-dire lorsque le débit à l'une des 2 périodes est supérieur à $12\,000\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$.

La comparaison des 3 scénarios pour les 4 années types permet d'évaluer les facteurs influençant la connectivité des frayères et des nourriceries et d'identifier plusieurs catégories d'habitats (figure 9). Certains habitats ne sont jamais connectés, quel que soit le scénario, et correspondent donc à des habitats

asséchés ou qui se retrouvent isolés du réseau hydrographique. La quantité de nourriceries toujours isolées est comparable pour les années de niveau d'eau stable (730-760 ha), d'une part, et pour les années de niveau d'eau instable (1 120-1 480 ha), d'autre part. Concernant les frayères toujours isolées, l'amplitude de variation est forte: de 107 ha (4%) pour l'année de niveau d'eau stable (1965) à 4 700 ha (70%) l'année de débit décroissant (1998). À l'opposé, d'autres habitats sont toujours connectés, parmi lesquels on trouve les régions où les frayères et les nourriceries sont superposées. Cette superposition des frayères et des nourriceries est maximale pour les années de niveau d'eau stable (1 500 ha). Lors des années de niveau d'eau instable, selon le sens et l'ampleur de la variation du débit, on a pu en observer de 0,9 ha en 1983 à 480 ha en 1998. Ces zones de superposition favorisent la survie et la croissance des larves et contribuent au succès de reproduction des espèces qui exploitent le haut des plaines inondables (Schiemer et collab., 2001). Ainsi, ces habitats superposés et connectés pour tous les scénarios sont ceux qu'il faudrait préserver en priorité.

Pour toutes les années, on note un effet positif du réseau hydrographique permanent et des ponceaux, permettant la reconnexion des habitats qui étaient isolés par l'assèchement de la plaine alluviale au cours des premières semaines (de 10 à 870 ha, en bleu sur la figure 9). Cet effet positif est surtout observé en 1983 pour les nourriceries, car la hausse du débit distribue les frayères en deçà de l'autoroute 40 alors que les nourriceries sont au-delà de celle-ci. Cela est d'autant plus crucial que c'est une année où quasiment aucun des habitats ne se superposait. De même, on observe un gain de 500 ha de frayères effectives en 1998, année pour laquelle de nombreux habitats se trouvaient déconnectés du fait de la baisse de débit et de l'assèchement de la plaine alluviale. Des pêches réalisées en amont de certains ponceaux situés dans la plaine inondable du lac Saint-Pierre, notamment sous l'autoroute 40, démontrent que les poissons comme le grand brochet utilisent ces structures pour accéder aux habitats de reproduction et d'alimentation (Brodeur et collab., 2014; Brodeur et Auclair, 2016). Cette observation confirme l'importance d'un réseau hydrographique fonctionnel dans les divers types de paysages agricoles pour connecter les habitats et soutenir la biodiversité (Clarke, 2015; Herzon et Helenius, 2008; Washitani, 2007). Dans quelques secteurs le long de l'autoroute et de routes secondaires (surfaces en rouge, figure 10), la déconnexion des nourriceries persiste même en présence du réseau hydrographique et des ponceaux. Une étude plus locale permettrait d'identifier les possibilités d'ajouter des ponceaux et de restaurer ainsi leur connexion à des frayères. Il faut aussi rappeler que dans cette étude, on présume que tous les ponceaux existants et théoriques sont parfaitement opérationnels. Or, une inspection sur le terrain faite en 2015 pour la perchaude indiquait qu'environ 10 % des ponceaux limitaient totalement ou partiellement la libre circulation des poissons (P. Brodeur, comm. pers.). Cela signifie que les résultats de la présente étude surestiment la connectivité, et qu'avant d'installer de nouveaux ponceaux, il serait nécessaire de remettre en fonction ceux qui sont actuellement défectueux.

La carte des corridors de connectivité est présentée pour l'année 1983 (débit en hausse) pour le scénario « ponceaux et réseau hydrographique » (figure 11). Dans cet exemple, on peut visualiser les secteurs qui permettent de connecter les frayères et les nourriceries en fonction de deux coefficients de mobilité, soit 150 et 600 mètres fonctionnels. Le secteur détaillé de la rive nord permet de visualiser l'effet direct du réseau hydrographique (cours d'eau et fossés) et des ponceaux qui contribuent à former des corridors linéaires essentiels à la connectivité des habitats. Compte tenu de l'influence de l'hydrologie sur ces corridors de connectivité, il serait très utile, dans des études futures, de produire des cartes représentant la fréquence d'apparition de ces corridors et d'identifier les secteurs prioritaires à conserver ou à restaurer.

Comparaison avec d'autres pressions et pistes de solutions

En terminant, il nous apparaît pertinent de comparer les effets du réseau routier sur les habitats de reproduction des poissons utilisant la plaine d'inondation du lac Saint-Pierre au regard des pratiques agricoles intensives et de la régularisation du débit du système Saint-Laurent. Nous proposons des pistes de solutions afin d'alléger les pressions reliées au réseau routier et au régime hydrologique. Les pistes concrètes de restauration des habitats, soit par des aménagements fauniques, soit par le développement de pratiques agricoles compatibles avec les besoins des poissons, sont présentées dans Foubert et collab. (2017b) et dans la fiche synthèse produite par la Table de concertation régionale du lac Saint-Pierre (TCRLSP, 2017).

La présente étude a mis en évidence que le réseau routier engendre des effets négatifs sur l'habitat de reproduction du grand brochet lorsque le débit à Sorel dépasse $12\,000\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$, ce qui arrive très souvent au printemps (1-2 ans; Morin et Bouchard, 2000). Ces effets sont presque exclusivement confinés à la portion nord-ouest du lac Saint-Pierre et se traduisent par des pertes directes d'habitats atteignant des superficies maximales de l'ordre de 143 ha (pour les 4 années étudiées). Il en résulte des pertes de connectivité entre les frayères et les nourriceries, particulièrement lorsque celles-ci se trouvent de part et d'autre des routes (superficie maximale de 39 ha pour les 4 années étudiées). Dans une étude sur la reproduction du grand brochet au lac Saint-Pierre, on indique qu'en débit stable haut (1973; 1 des 4 années étudiées ici), environ 1 400 ha de frayères connectées aux nourriceries ont été perdus à cause des pratiques agricoles dans la plaine d'inondation; ces fortes pertes d'habitats surviennent principalement lorsque le débit à Sorel est supérieur à $14\,000\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ (Foubert et collab., 2017a). Récemment, dans une étude concernant l'habitat de reproduction de la perchaude, une autre espèce indicatrice utilisant la plaine d'inondation, de la Chenelière et collab. (2014) ont estimé que 5 000 ha des meilleurs habitats printaniers de la perchaude étaient inutilisables pour la reproduction, principalement à cause des pratiques agricoles. Pour mettre ces chiffres en perspective, il s'agit donc de pertes d'habitats dont les superficies sont de 10 à 35 fois plus grandes

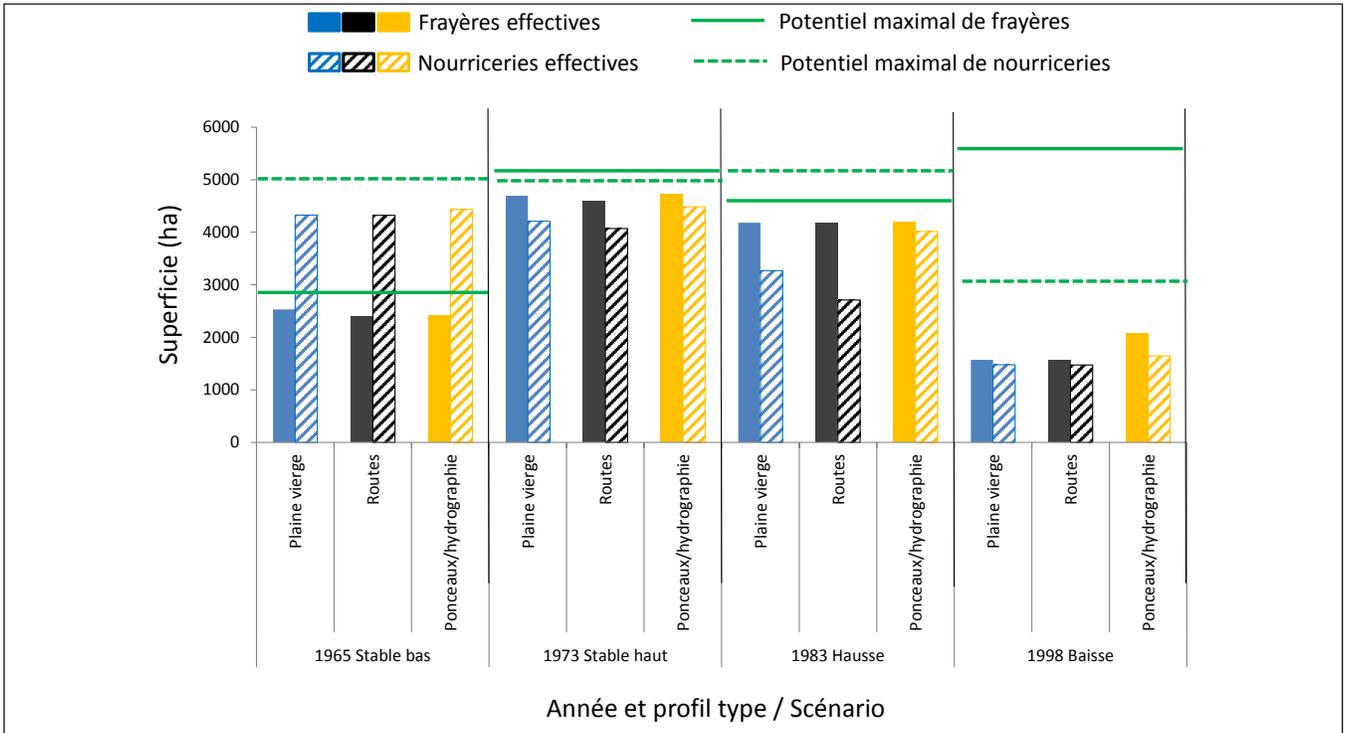


Figure 7. Superficie des frayères effectives et des nurseries effectives en fonction des 3 scénarios: « plaine d'inondation vierge » (dans la figure: plaine vierge), « réseau routier seul » (routes) et « ponceaux et réseau hydrographique » (ponceaux/hydrographie). La dynamique hydrologique est décrite pour les 4 profils types. Les superficies potentielles maximales des frayères (trait plein vert) et des nurseries (trait pointillé vert) sont représentées pour chaque année, donnant une base de comparaison pour les 3 scénarios.

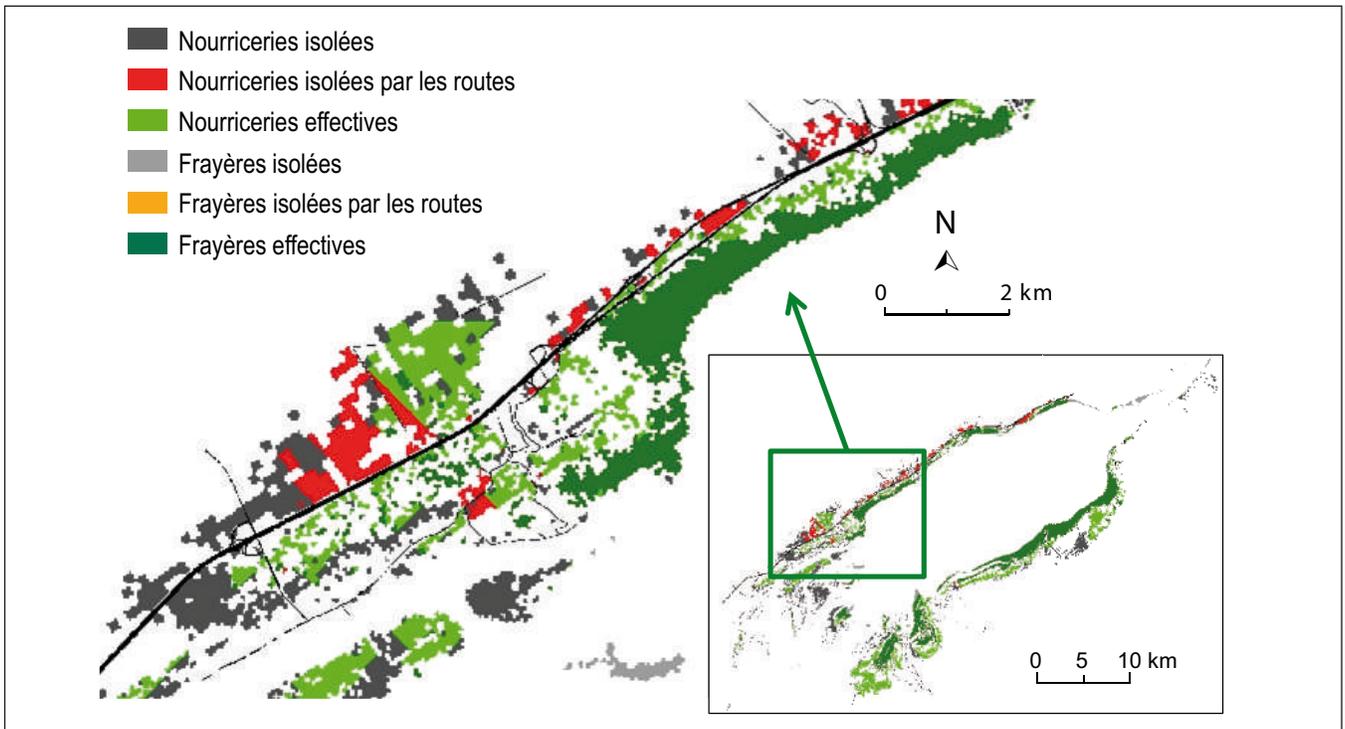


Figure 8. Illustration du scénario « réseau routier seul » pour l'année 1983 (débit en hausse). Les habitats isolés dans le scénario « plaine d'inondation vierge », les habitats isolés par les routes et les habitats effectifs sont représentés. N. B. À cette échelle de représentation et pour cette année en particulier, la carte ne montre aucune frayère isolée par les routes.

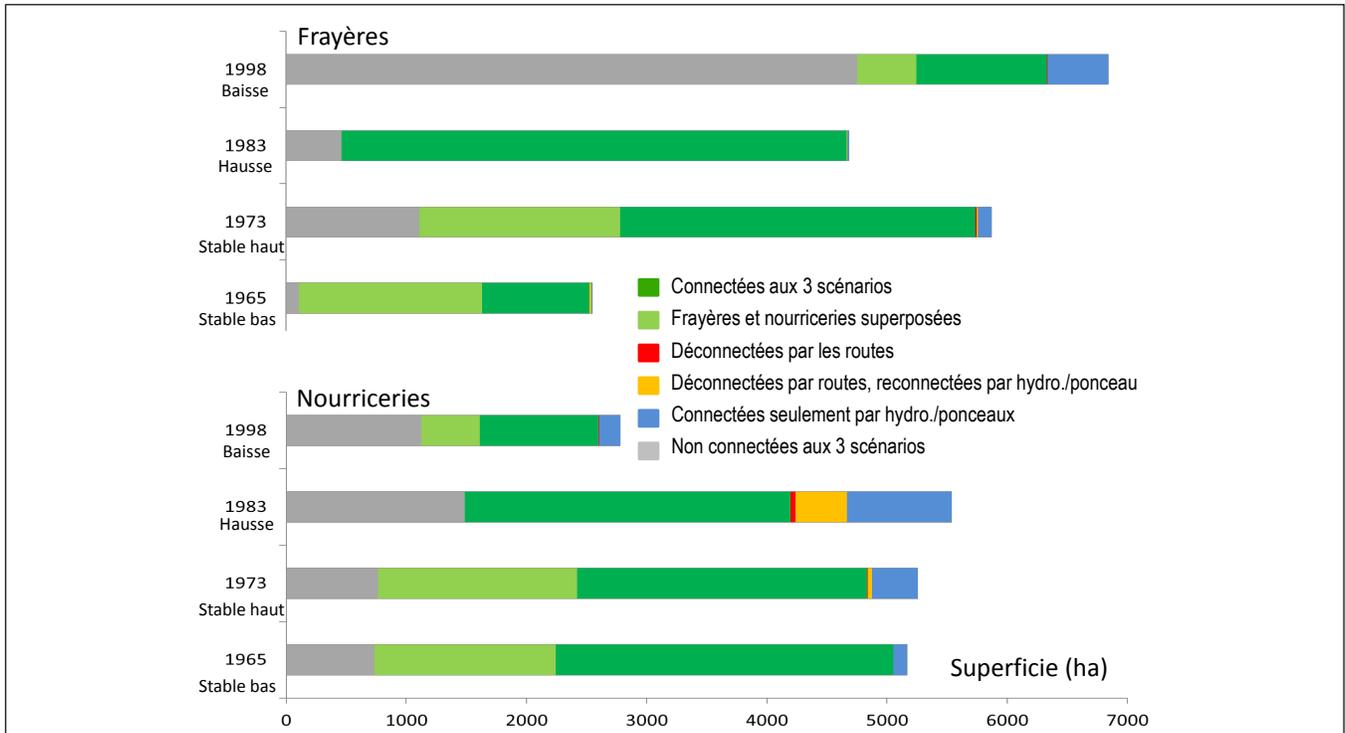


Figure 9. Superficie des frayères et des nourriceries effectives intégrant les 3 scénarios « plaine d'inondation vierge », « réseau routier seul » et « ponceaux et réseau hydrographique » pour chacun des 4 profils hydrologiques types.

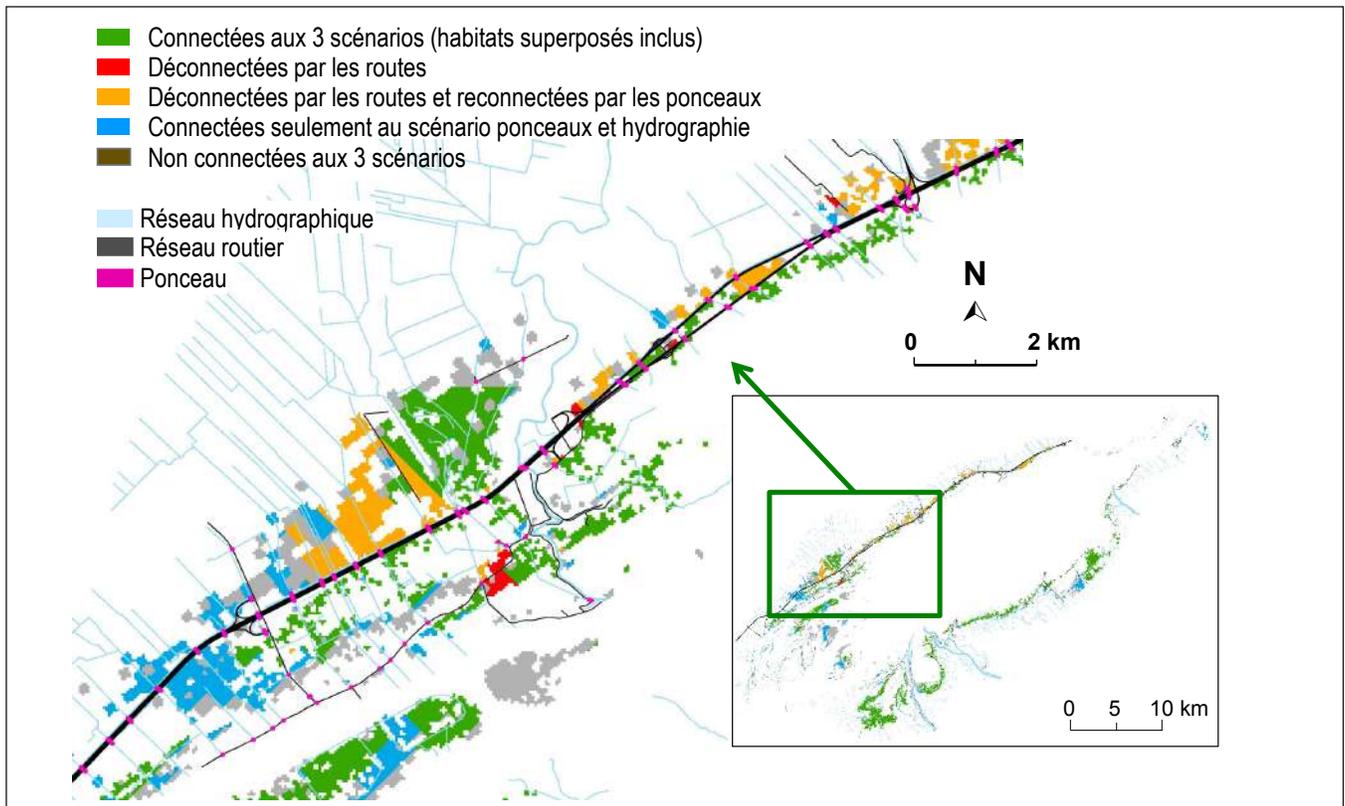


Figure 10. Carte des nourriceries effectives en 1983 (débit en hausse) intégrant les 3 scénarios « plaine d'inondation vierge », « réseau routier seul » et « ponceaux et réseau hydrographique ». Les réseaux hydrographique et routier ainsi que les ponceaux sont représentés.

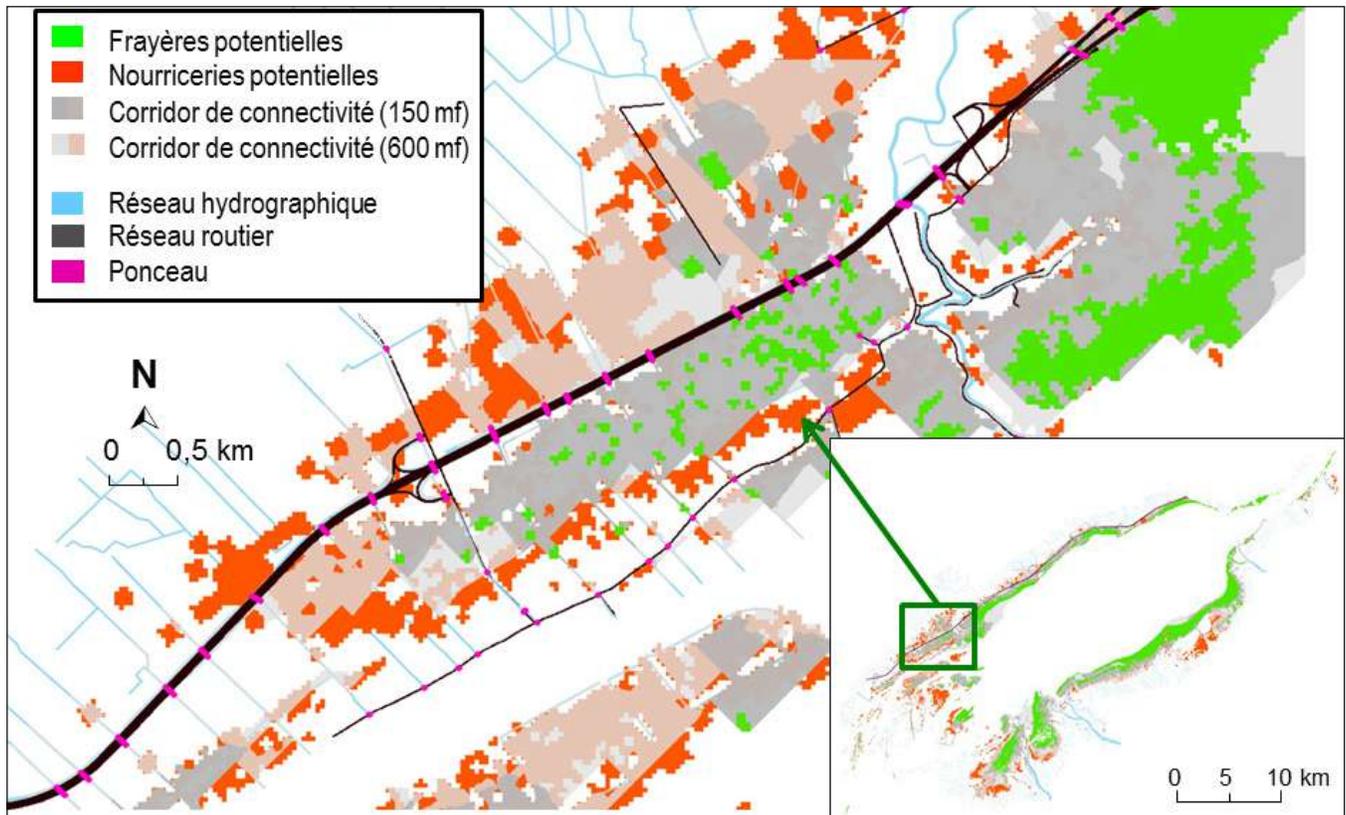


Figure 11. Exemple de corridors de connectivité en 1983 (débit en hausse) pour le scénario «ponceaux et réseau hydrographique». Le gris foncé représente les zones de corridors pour une mobilité de 150 mètres fonctionnels; le gris clair et l'orange clair (superposition du gris clair sur l'orange) représentent les corridors pour une mobilité de 600 mètres fonctionnels. Le réseau routier et les ponceaux sont aussi représentés.

que celles occasionnées par le réseau routier. Bien que les effets du réseau routier apparaissent relativement faibles, il faut se rappeler que ces milieux aquatiques cumulent déjà de nombreuses pressions. Les surfaces d'habitats perdus estimées dans cette étude représentent les meilleurs potentiels pour la reproduction (valeur maximale des IQH), et la connectivité des habitats des premiers stades de vie est cruciale. Toute action visant leur restauration ne peut avoir que des effets bénéfiques sur les espèces qui utilisent la plaine d'inondation. Les fortes productions observées dans les marais aménagés pour les poissons en témoignent (Tardif et collab., 2005).

L'entretien et le remplacement de ponceaux afin d'assurer leur bon fonctionnement (éviter de percher les ponceaux s'ils doivent être remplacés), l'ajout de ponceaux pour améliorer la connectivité, ainsi que la cartographie des corridors de connectivité sont des outils d'aide à la décision et des pistes concrètes de restauration à explorer. Les gains associés à la réfection des ponceaux ont été documentés au lac Saint-Pierre (p. ex., Marais Saint-Eugène; Brodeur et Auclair, 2016) et d'autres secteurs d'intervention ont été suggérés tels que l'Île du Milieu et des sites endigués comme celui du cours d'eau Cloutier-Lefrançois, à Louiseville (Brodeur et Dumas, 2006; de la Chenelière et collab., 2014; TCRLSP, 2017).

Concernant la régularisation des débits du système Saint-Laurent, une analyse sommaire des débits hebdomadaires du fleuve Saint-Laurent et de la rivière des

Outaouais (obtenus à partir de Marceau et Morin, 2008 et Morin et Bouchard, 2000) révèle que des changements importants sont survenus durant la période critique entre le 15 avril (fraie \approx semaine 0) et le 21 mai (nourricerie \approx semaine 5). Avant la régularisation du débit de la rivière des Outaouais (1883-1910), seuls des profils hydrologiques en hausse (61 %) ou stables (39 %) étaient observés. Depuis la régularisation (1962-2016), la fréquence des profils hydrologiques en hausse est de 11 %, celle des débits stables est de 47 % et celle des baisses, de 42 %. Conséquemment, la hauteur moyenne de la crue à Sorel est maintenant plus basse d'environ 0,75 m et sa durée, plus courte d'environ 3 semaines. Il va sans dire que ces modifications ont encore aujourd'hui des répercussions majeures sur la quantité d'habitats disponibles durant la crue printanière, leur connectivité et l'assèchement des œufs. Pour faire un lien avec le réseau routier, il apparaît donc que si le régime hydrologique était naturel (c'est-à-dire non régularisé), l'effet négatif des routes serait certainement plus important. Il en serait de même pour les effets négatifs des pratiques agricoles.

Si le plan de régularisation de la rivière des Outaouais était révisé tel qu'il l'a été pour le système Lac Ontario-Saint-Laurent, il serait certainement bénéfique d'ajuster les débits aux fins de la restauration et de la conservation des habitats et du fleuve Saint-Laurent. Une solution qui mériterait d'être étudiée consisterait à s'assurer que les régions déjà concernées

par la crue soient inondées d'une façon stable suffisamment longtemps (30-40 jours) pour augmenter la superposition des frayères et des nourriceries, assurer le développement des larves et limiter l'assèchement des œufs. Par ailleurs, il y a fort à parier que les changements climatiques contribueront aussi à modifier le régime hydrologique, notamment en avançant la crue printanière et en augmentant le débit hivernal (Boyer et collab., 2010; CEHQ, 2015; Mortsch et collab., 2000;).

Dans leur conclusion, Foubert et collab. (2017b) indiquent que la combinaison de l'agriculture et de l'altération du régime hydrologique ont conduit à une réduction générale du potentiel de production du lac Saint-Pierre, créant une situation paradoxale. En effet, les forts débits d'eau sont maintenant associés à un potentiel de production inférieur à celui des débits faibles. Alors que les habitats de reproduction générés lors des faibles crues sont presque tous fonctionnels et efficaces pour favoriser la survie des larves, ceux générés lors des fortes crues sont perdus à cause d'une baisse trop rapide du débit ou en raison des pratiques agricoles actuelles qui détruisent le substrat végétal. Depuis que le débit de la rivière des Outaouais est régularisé, une telle situation est beaucoup plus fréquente dans le fleuve Saint-Laurent.

Conclusion

En ajoutant les effets du réseau routier, cette étude élargit l'analyse des pressions dans la plaine d'inondation du lac Saint-Pierre. Les résultats soulignent que le réseau routier qui se trouve dans la plaine d'inondation a des répercussions négatives sur les habitats de reproduction des poissons tels que le grand brochet lorsque le débit à Sorel dépasse $12\,000\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$. Au lac Saint-Pierre, ces répercussions sont particulièrement observables dans la portion nord-ouest, là où l'autoroute 40 et certaines routes municipales empiètent sur les habitats aquatiques. Sur la rive nord du lac Saint-Pierre, les résultats surestiment la connectivité, car potentiellement 10 % des ponceaux ne sont pas pleinement fonctionnels et devraient être entretenus ou aménagés. Dans l'étude, on identifie des corridors de connectivité, connexions privilégiées à double sens entre les frayères et les nourriceries effectives. Ils constituent des milieux prioritaires à protéger ou à restaurer, car ils sont essentiels pour les premiers stades de vie des poissons. Il apparaît que les répercussions du réseau routier, bien qu'elles soient moindres que celles provoquées par les pratiques agricoles intensives ou encore par la régularisation du débit, demeurent non négligeables. Les outils d'aide à la décision et les pistes concrètes de solutions proposées ici mériteraient d'être intégrés à un plan global d'interventions au lac Saint-Pierre pour la conservation et la restauration de ces importants milieux aquatiques.

Remerciements

La présente étude est le fruit d'une collaboration initiée en 2012 par CLP et MM dans le cadre de la 64^e session de la Commission permanente de coopération Franco-Québécoise (CPCFQ), entre l'actuel ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP) et l'Institut national de Recherche en Sciences et Technologies pour l'Environnement et l'Agriculture (IRSTEA, Anthony, Paris, France), dont le titre était « Intégration de la

connectivité hydraulique et biologique dans la modélisation des habitats fonctionnels des poissons ». Nous remercions la CPCFQ qui a financé plusieurs missions en France et au Québec. Nous remercions l'IRSTEA et le MFFP qui ont financé cette étude et ont accueilli les auteurs dans leurs bureaux lors de ces échanges. Le Plan Saint-Laurent a aussi contribué au financement de ce travail. Nous adressons nos remerciements aux éditeurs et à trois réviseurs anonymes pour leurs commentaires constructifs qui ont amélioré la qualité et la clarté du manuscrit. ◀

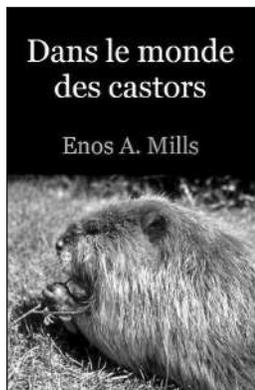
Références

- ANDRÉN, H., 1994. Effects of habitat fragmentation on birds and mammals in landscapes with different proportions of suitable habitat: a review. *Oikos*, 71 (3): 355-366. doi: 10.2307/3545823.
- ARMELLIN, A., 2004. Importances des facteurs hydrologiques et climatiques dans la détermination des classes d'âge du grand brochet (*Esox lucius* L.) du Saint-Laurent. Rapport produit pour la Commission mixte internationale par Environnement Canada-Région du Québec, Conservation de l'environnement, Centre Saint-Laurent. Rapport scientifique et technique, 47 p.
- BÉLANGER, L., 1981. Utilisation des bancs d'emprunts de la rive Nord du lac Saint-Pierre par la faune ichtyologique. Université du Québec à Trois-Rivières, Rapport technique, 60 p. + annexes.
- BLANTON, P. et W.A. MARCUS, 2009. Railroads, roads and lateral disconnection in the river landscapes of the continental United States. *Geomorphology*, 112: 212-227. doi: 10.1016/j.geomorph.2009.06.008.
- BLANTON, P. et W.A. MARCUS, 2013. Transportation infrastructure, river confinement, and impacts on floodplain and channel habitat, Yakima and Chehalis rivers, Washington, U.S.A. *Geomorphology*, 189: 55-65. doi: 10.1016/j.geomorph.2013.01.016.
- BOURGEOIS, L., D. KNEESHAW et G. BOISSEAU, 2005. Les routes forestières au Québec: Les impacts environnementaux, sociaux et économiques. *VertigO*, 6 (2): 1-9.
- BOUSKA, W.W. et C.P. PAUKERT, 2010. Road crossing designs and their impact on fish assemblages of Great Plains streams. *Transactions of the American Fisheries Society*, 139 (1): 214-222. doi: 10.1577/T09-040.1.
- BOYER, C., P.M. VERHAAR, A.G. ROY, P.M. BIRON et J. MORIN, 2010. Impacts of environmental changes on the hydrology and sedimentary processes at the confluence of St. Lawrence tributaries: Potential effects on fluvial ecosystems. *Hydrobiologia*, 647: 163-183. doi: 10.1007/s10750-009-9927-1.
- BRODEUR, P. et N. AUCLAIR, 2016. Restauration du marais Saint-Eugène, suivi environnemental – année 2. Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction de la gestion de la faune de la Mauricie et du Centre-du-Québec, Trois-Rivières, 59 p. + annexes.
- 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., R. BACON et M. THÉBERGE, 2014. Acquisition de connaissances pour minimiser l'impact de l'agriculture sur l'écosystème du littoral du lac Saint-Pierre – volet agriculture-faune. Rapport d'opération 2014. Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Directions de la gestion de la faune de la Mauricie et du Centre-du-Québec et de Lanaudière et des Laurentides, Trois-Rivières, 19 p. + annexes.
- [CEHQ] CENTRE D'EXPERTISE HYDRIQUE DU QUÉBEC, 2015. Atlas hydroclimatique du Québec méridional – Impact des changements climatiques sur les régimes de crue, d'étiage et d'hydraulicité à l'horizon 2050. Québec, 81 p.
- CLARKE, S.J., 2015. Conserving freshwater biodiversity: The value, status and management of high quality ditch systems. *Journal for Nature Conservation* 24 (2015) 93-100.

- [CRHQ] CADRE DE RÉFÉRENCE HYDROLOGIQUE DU QUÉBEC, guide de l'utilisateur 2015. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction générale de l'écologie et de la conservation, Québec, 34 p.
- CUCHEROUSSET, J., J.M. PAILLISSON, A. CUZOL et J.M. ROUSSEL, 2009. Spatial behaviour of young-of-the-year northern pike (*Esox lucius* L.) in a temporarily flooded nursery area. *Ecology of Freshwater Fish*, 18: 314-322. doi: 10.1111/j.1600-0633.2008.00349.x.
- DAUPHIN, D. et B. JOBIN, 2016. Changement de l'occupation du sol dans la plaine inondable du lac Saint-Pierre entre 1950 et 1997. *Le Naturaliste canadien*, 140 (1): 42-52. doi: 10.7202/1034097ar.
- DE LA CHENELIÈRE, V., P. BRODEUR et M. MINGELBIER, 2014. Restauration des habitats du lac Saint-Pierre: un prérequis au rétablissement de la perchaude. *Le Naturaliste canadien*, 138 (2): 50-61. doi: 10.7202/1025070ar.
- FAHRIG, L., 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 34: 487-515. doi: 10.1146/annurev.ecolsys.34.011802.132419.
- FOUBERT, A., C. LE PICHON, F. LECOMTE, J.M. FARRELL, J. MORIN et M. MINGELBIER, 2017a. The many facets of connectivity: modeling the effective spawning and nursery habitats within a large spatio-temporally variable river landscape (St. Lawrence River, Canada). Thèse de doctorat Aline Foubert, 2017. Caractérisation de l'organisation des communautés de poissons et de leurs habitats dans le fleuve Saint-Laurent (Canada) en vue d'en améliorer la gestion, chapitre 2, Université du Québec à Chicoutimi, 183 p.
- FOUBERT, A., M. MINGELBIER, P. BRODEUR, C. LE PICHON et F. LECOMTE, 2017b. Effective fish spawning habitats in anthropised floodplain ecosystems: the paradox of the most productive years. Thèse de doctorat Aline Foubert, 2017. Caractérisation de l'organisation des communautés de poissons et de leurs habitats dans le fleuve Saint-Laurent (Canada) en vue d'en améliorer la gestion, chapitre 3, Université du Québec à Chicoutimi, 183 p.
- GENELETTI, D., 2003. Biodiversity impact assessment of roads: An approach based on ecosystem rarity. *Environmental Impact Assessment Review*, 23: 343-365. doi: 10.1016/S0195-9255(02)00099-9.
- HERZON, I. et J. HELENIUS, 2008. Agricultural drainage ditches, their biological importance and functioning. *Biological conservation*, 141: 1171-1183. doi: 10.1016/j.biocon.2008.03.005.
- HUDON, C., A. ARMELLIN, P. GAGNON et A. PATOINE, 2009. 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. doi: 10.1007/s10750-009-9922-6.
- JACKSON, S.D., 2004. Design and construction of aquatic organism passage at road-stream crossings: Ecological considerations in the design of river and stream crossings. *Proceedings of the 2003 International Conference on Ecology and Transportation*. Center for Transportation and the Environment, North Carolina State University, Raleigh, p. 20-29.
- JANUCHOWSKI-HARTLEY, S.R., P.B. MCINTYRE, M. DIEBEL, P.J. DORAN, D.M. INFANTE, C. JOSEPH et J.D. ALLAN, 2013. Restoring aquatic ecosystem connectivity requires expanding inventories of both dams and road crossings. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 11 (4): 211-217. doi: 10.1890/120168.
- JOBIN, B., C. LATENDRESSE, C. MAISONNEUVE, A. SEBBANE et M. GRENIER, 2007. Changements de l'occupation du sol du sud du Québec pour la période 1993-2001. Série de rapports techniques n° 483, Environnement Canada, Service canadien de la faune, région du Québec, Québec, 112 p. + annexes.
- LATENDRESSE, C., B. JOBIN, C. MAISONNEUVE, A. SEBBANE et M. GRENIER, 2008. Changements de l'occupation du sol dans le Québec méridional entre 1993 et 2001. *Le Naturaliste canadien*, 132 (1): 14-23. doi: 10.7202/1034097ar.
- LE PICHON, C., G. GORGES, T. FAURE et H. BOUSSARD, 2006. Anaqualand 2.0: Freeware of distances calculations with frictions on a corridor. *Irstea - Antony*; <https://www6.rennes.inra.fr/sad/Outils-Produits/Outils-informatiques/Anaqualand>.
- LE PICHON C., G. GORGES, J. BAUDRY, H. BOUSSARD, F. GOREAUD, T. FAURE, et P. BOËT, 2007. Méthodes et outils d'analyse spatiale des habitats des poissons en contexte fluvial anthropisé. *Ingénieries – EAT*, 50: 21-33.
- MAGNAN, P., P. BRODEUR, É. PAQUIN, N. VACHON, Y. PARADIS, P. DUMONT et Y. MAILHOT, 2017. État du stock de perchaudes du lac Saint-Pierre en 2016. Comité scientifique sur la gestion de la perchaude du lac Saint-Pierre. Chaire de recherche du Canada en écologie des eaux douces, Université du Québec à Trois-Rivières et ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Trois-Rivières, vii + 34 p. + annexes.
- MARCEAU, E. et J. MORIN, 2008. Reconstitution des débits de la rivière des Outaouais à Grenville : période 1882 à 1960. Rapport Technique RT-142, Service Météorologique du Canada, Environnement Canada, Sainte-Foy, 29 p. + annexes.
- [MDDEFP] MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT, DE LA FAUNE ET DES PARCS, 2013. Le lac Saint-Pierre: un joyau à restaurer. Québec, Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, 28 p.
- 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 (1): 55-69. doi: 10.1007/s10750-007-9266-z.
- MORIN, J. et A. BOUCHARD, 2000. Les bases de la modélisation du tronçon Montréal/Trois-Rivières. Rapport scientifique SMC-Hydrrométrie RS-100. Environnement Canada, Sainte-Foy, 56 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*, 4 (3): 1-10.
- 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. doi: 10.4296/cwrj2502153.
- OUELLET, V., J. MORIN, O. CHAMPOUX et S. MARTIN, 2003. Validation des données LIDAR du tronçon Montréal/Trois-Rivières, pour la modélisation de la végétation émergente. Note technique RT-130, Service Météorologique du Canada, Environnement Canada, Sainte-Foy, 25 p.
- PEAKE, S., 2004. Effect of approach velocity on impingement of juvenile Northern pike at water intake screens. *North American Journal of Fisheries Management*, 24: 390-396. doi: 10.1577/M02-010.1.
- PÉPINO, M., M.A. RODRIGUEZ et P. MAGNAN, 2012. Impacts of highway crossings on density of brook charr in streams. *Journal of Applied Ecology*, 49 (2): 395-403. doi: 10.1111/j.1365-2664.2012.02108.x.
- 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, Gouvernement du Québec, Québec, 42 p.
- SCHIEMER, F., H. KECKEIS, W. RECKENDORFER et G. WINKLER, 2001. The "inshore retention concept" and its significance for large rivers. *River Systems*, 12 (2-4): 509-516. doi: 10.1127/lr/12/2001/509.
- SKOV, C., A. KOED, L. BAASTRUP-SPOHR et R. ARLINGHAUS, 2011. Dispersal, growth, and diet of stocked and wild northern pike fry in a shallow natural lake, with implications for the management of stocking programs. *North American Journal of Fisheries Management*, 31 (6): 1177-1186. doi: 10.1080/02755947.2011.646452.
- TARDIF, D., H. GLÉMET, P. BRODEUR et M. MINGELBIER, 2005. RNA/DNA ratio and total length of yellow perch (*Perca flavescens*) in managed and natural wetlands of a large fluvial lake. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 62: 2211-2218. doi: 10.1139/f05-137.
- [TCRLSP] TABLE DE CONCERTATION RÉGIONALE DU LAC SAINT-PIERRE, 2017. Cohabitation agriculture-faune en zone littorale au lac Saint-Pierre. Fiche Synthèse, Trois-Rivières, 28 p. + annexes.
- VILLENEUVE, S., 2001. Les répercussions environnementales de la navigation commerciale sur le Saint-Laurent. *Le Naturaliste canadien*, 125 (2): 49-67.
- WASHITANI, I., 2007. Restoration of biologically-diverse floodplain wetlands including paddy fields. *Global Environmental Research*, 11: 135-140.
- WILCOX, B.A. et D.D. MURPHY, 1985. Conservation strategy, the effects of fragmentation on extinction. *The American Naturalist*, 125 (6): 879-887. doi: 10.1086/284386.

Les livres

Dans le monde des castors



Les éditions françaises Béhuret nous proposent de découvrir les œuvres du grand naturaliste étatsunien Enos A. Mills (1870-1922), considéré comme le père fondateur du parc national des Montagnes Rocheuses, au Colorado. Ce dernier est l'auteur de plusieurs ouvrages sur les montagnes, les forêts, la biologie des animaux et la conservation de la vie sauvage. Paru en 1904 sous le titre original *In Beaver World*, ce livre est une traduction française de l'anglais par A.R. Béhuret, lequel se présente comme un

spécialiste des œuvres naturalistes de l'Amérique du Nord.

Écrit il y a plus de 100 ans, l'ouvrage original décrit différents aspects de la biologie du castor (*Castor canadensis*) tels qu'étudiés par Enos A. Mills lors de ses séjours prolongés en montagnes pendant plus de 25 ans. Selon la maison d'édition, Enos A. Mills a voulu partager et montrer aux gens ce qu'ils ne pouvaient voir eux-mêmes, et ce, dans un style simple, enthousiaste et sincère qui transmet sa curiosité de la nature.

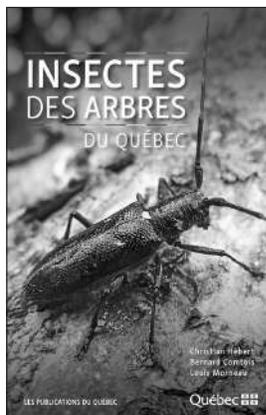
En fait, cet ouvrage est essentiellement un recueil d'observations empiriques, dont la lecture devrait plaire aux amateurs de récits de voyage du 19^e siècle. Ce livre témoigne également de l'état de la vie sauvage aux États-Unis avant la mise en application des lois de protection de l'environnement et de l'avènement des aires protégées. Aujourd'hui, il semble étonnant que le castor ait été choisi comme espèce emblématique de la conservation en Amérique du Nord, mais rappelons que plusieurs populations de cette espèce étaient en déclin à cette époque. Cette situation est d'ailleurs évoquée par Léon Provancher dans le *Naturaliste canadien* en 1869 et 1870, l'année de naissance de Mills, sous le titre « Le Castor » (vol. 1, n^o 2, p. 10-16, 30-32) et « Les animaux qui s'éteignent » (vol. 2, n^o 3, p. 90-92). Provancher y mentionne notamment que « Les défrichements de la colonisation, mais plus encore l'imprévoyance des chasseurs [...] ont rendu ce précieux animal assez rare de nos jours, et il est probable que bientôt on ne le rencontrera plus en Canada que comme reste d'ancienne race disparue, comme il l'est aujourd'hui dans l'Europe centrale [...] ». Ce ne fut pas le cas heureusement, grâce au réveil des consciences, auquel Mills et Provancher ont contribué.

Outre une courte biographie d'Enos A. Mills, cette publication se limite essentiellement au texte original, mais inclut des photographies d'époque de l'auteur et des photographies plus récentes en noir et blanc. D'autres livres d'Enos A. Mills sont à paraître aux éditions Béhuret (<https://www.arbehuret.com/index.html>), notamment *L'histoire de Scotch le chien et autres récits de la vie sauvage* et *Attendre dans la nature*.

Mills, Ennos A., 2017. *Dans le monde des castors*. Traduit par A.R. Béhuret, Éditions Béhuret, 194 p.

Source : Bruno Drolet

Insectes des arbres du Québec



On reconnaît l'arbre à ses fruits, dit l'adage. On reconnaît aussi l'insecte aux dommages qu'il cause à l'arbre, suggère le livre *Insectes des arbres du Québec* rédigé par les entomologistes forestiers Christian Hébert, Bernard Comtois et Louis Morneau. Voilà l'idée centrale autour de laquelle s'articule ce guide d'identification qui présente en 116 fiches bien tassées et abondamment illustrées une sélection de 150 espèces d'insectes qui s'attaquent aux arbres et aux arbustes du Québec.

En Amérique du Nord, quelque 50 000 espèces d'insectes trouveraient nourriture et abri dans les arbres. Moins de 1 % d'entre elles sont étiquetées « nuisibles », essentiellement parce qu'elles sont en compétition avec les humains pour les biens et services fournis par les arbres et les forêts. Parmi ces espèces, les auteurs de l'ouvrage nous présentent celles qui ont été le plus fréquemment observées et celles qui ont causé le plus de dommages au Québec au cours des dernières décennies.

Chacune de ces espèces est décrite dans un texte succinct qui laisse l'avant-scène aux images. Dire que cette publication est abondamment illustrée n'est pas un cliché. L'ouvrage de 305 pages compte 550 photos, dont une superbe photo embossée de longicorne noir en page couverture. La fiche de chaque espèce contient une ou plusieurs images montrant l'insecte à différents stades de vie et les dommages qu'il cause aux arbres. On y trouve également une carte de distribution et des diagrammes du cycle vital et des essences attaquées.

Les lecteurs qui veulent mettre un nom sur les insectes responsables de dommages observés dans les arbres pourront facilement y arriver grâce à ce guide. Ceux qui sont à la recherche de moyens pour éliminer ces insectes devront toutefois se tourner vers d'autres sources, les auteurs ayant choisi de ne pas s'aventurer sur ce terrain glissant et changeant.

Hébert, Christian, Bernard Comtois et Louis Morneau, 2017. *Insectes des arbres du Québec*, Les Publications du Québec, 305 p.

Source : Jean Hamann



Gervais Comeau Conseiller en placement

1040, avenue Behédère bureau 101, Québec (Québec) G1S 3G3
Téléphone: 418 681-2442 • gervais.comeau@iagto.ca



www.iavaleursmobilieres.ca

Vie de la Société



Elisabeth Bossert

Accueil des élèves de l'École St-Joseph.

Un 24 heures de science réussi

Le printemps est une saison de renaissance. Vivre celle-ci en pleine nature est parfois une révélation! Ce fut le cas pour plus de 240 personnes qui ont profité de la Réserve naturelle du Marais-Léon-Provancher de Neuville, le 12 mai 2017. Ce jour-là, la Société Provancher et son partenaire, le Bureau d'écologie appliquée, ont offert l'activité « Le petit Blongios, un oiseau à découvrir », dans le cadre de l'événement provincial du *24 heures de science*.

En avant-midi, les jeunes de 3^e et 4^e année des écoles Saint-Joseph et Vision Rive-Sud de Lévis se sont familiarisés avec le territoire, principalement à proximité de la digue et du marais. Ils ont eu l'occasion d'entendre et d'observer les oiseaux du marais et ont saisi l'importance des milieux humides. Les jeunes, très curieux et motivés, ont aussi appris à identifier à l'oreille les espèces de grenouilles qui chantent, elles aussi, au printemps.

Les milieux humides comme celui visité attirent parfois des espèces rares comme le petit Blongios, un très petit héron à peine plus grand que le merle d'Amérique. Il n'est pas facile à repérer, car son plumage se confond à l'environnement. Si petit, il nous étonne de chanter si fort. Un voisin du quartier dit même l'entendre la nuit de chez lui!

Comme le petit Blongios aime les marais à quenouilles, l'envahissement par le roseau commun représente une menace pour son habitat. La Société Provancher a à cœur de poursuivre ses travaux visant à freiner la présence agressive de cette plante exotique envahissante sur le territoire.

Les jeunes et les animateurs scientifiques du Bureau d'écologie appliquée se sont intéressés à l'alimentation du petit Blongios. Avec son long bec pointu, cet oiseau sait capturer les insectes, poissons et amphibiens en eau peu profonde.

Grâce à une récolte faite avec des bourolles et de petits filets, les jeunes ont pu voir de près en quoi consiste le menu du petit Blongios. Les larves d'insectes recueillies, nombreuses et variées, ont bien attiré leur attention.

En après-midi, c'est le grand public qui a été invité à connaître l'habitat du petit Blongios avec les animateurs scientifiques. Le printemps a offert quelques heures chaudes, confirmant la renaissance en cours.

Les bénévoles de la Société Provancher étaient fiers d'accueillir les visiteurs et de faire la promotion de l'organisme ainsi que de sa mission. Chaque fois, le public est surpris d'apprendre que la Société Provancher existe depuis presque 100 ans, qu'elle est présente ailleurs au Québec et qu'elle œuvre tant en conservation de la nature qu'en diffusion de connaissances.

La Société Provancher tient à remercier les partenaires et les bénévoles qui ont rendu possible cette activité scientifique. Le soutien du Programme d'intendance des habitats (PIH) du Gouvernement du Canada a été particulièrement apprécié.

Source: Élisabeth Bossert

Travaux sur les chauves-souris à la Réserve naturelle du Marais-Léon-Provancher

Les 13 et 14 juillet 2017, une équipe formée d'Amélie Fontaine, étudiante au doctorat à l'Université McGill, et de deux de nos bénévoles, Marcel Turgeon et Jean Bricault, ont installé trois modèles de dortoirs à chauves-souris à la Réserve naturelle du Marais-Léon-Provancher. Cette opération s'inscrit dans le cadre d'un projet de recherche visant à tester certains paramètres et modèles de dortoirs afin d'y maximiser la température interne durant la nuit. Le but est de répondre aux besoins des chauves-souris et de trouver des solutions pour améliorer cet outil de conservation, qui est bien souvent mal utilisé.

L'installation de dortoirs est une mesure souvent suggérée pour la conservation des chauves-souris. Cependant, les dortoirs comme ceux conçus actuellement permettent rarement d'accumuler assez de chaleur pour leur reproduction (gestation, parturition et sevrage des jeunes). Un bon dortoir devrait permettre de conserver une certaine stabilité thermique et donc, aider les femelles et leurs jeunes à mieux tolérer les aléas du climat québécois.

En 2016, des tests ont été effectués sur quatre sites répartis à travers la province selon un gradient nord-sud pour comparer quatre modèles de dortoirs artificiels. En 2017, le projet s'est poursuivi avec, entre autres, l'ajout d'une autre série de dortoirs près du marais Léon-Provancher. Des sondes thermiques placées à l'intérieur des dortoirs permettront de comparer leur performance.

Le projet a pour second objectif d'informer et de sensibiliser les gens sur la situation précaire des chauves-souris du Québec et du Canada à la suite de l'apparition du syndrome du museau blanc, une maladie affectant certaines espèces. Qui plus est, il nous permet d'informer le public sur les apports bénéfiques de ces espèces sur les écosystèmes et les activités humaines, comme l'agriculture, la chasse et les activités de plein air.

Les partenaires dans ce projet sont Mountain Equipment Coop, l'Université McGill, le Fonds Vert, le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs et la Société Provancher.

Sources : Amélie Fontaine et Michel Lepage



Amélie Fontaine, responsable du projet, entourée de Jean Bricault et de Marcel Turgeon.



Installation des dortoirs expérimentaux.

Marcel Turgeon

Les portes du laboratoire sont ouvertes

La Société Provancher accomplit sa mission de contribuer à la conservation de la nature par le biais de la protection et de la gestion des milieux naturels, l'éducation et la diffusion de connaissances dans le domaine des sciences naturelles.

Elle a la chance de compter, parmi ses membres, ses bénévoles et ses partenaires, des détenteurs d'expertise dans divers domaines reliés à l'environnement. Grâce à ces personnes, des connaissances sont acquises sur ses territoires pour en faciliter la gestion, identifier certains problèmes et y trouver des solutions originales et avantageuses.

À titre d'exemple, mentionnons les travaux pour contrer l'envahissement par le roseau commun menés bénévolement par Réhaume Courtois à la Réserve naturelle du Marais-Léon-Provancher. Ce vaste chantier entrepris depuis déjà quatre ans sert maintenant d'aire de démonstration. En effet, il n'est pas rare de croiser, sur les lieux ou par le biais de nos communications, des personnes et des groupes préoccupés, comme nous, par les plantes exotiques envahissantes.

Dans ce contexte, la Société Provancher a été heureuse d'accueillir au cours de l'été 2017 des groupes dans le cadre de sessions de formation sur l'identification, la délimitation et la caractérisation des milieux humides. Offertes par Audrey Lachance et ses collègues du Bureau d'écologie appliquée (BEA), ces sessions s'adressaient à divers intervenants (OSBL, municipalités, consultants, monde agricole, etc.) venant de plusieurs régions du Québec.

À la Réserve naturelle du Marais-Léon-Provancher, notamment, les participants ont eu l'occasion de faire leurs apprentissages sur le terrain. Ils y ont reçu des connaissances de base sur la flore et les indicateurs pédologiques et hydrologiques propres aux milieux humides. Ils en ont profité aussi pour échanger sur les pratiques d'aménagement sur leurs territoires et sont repartis outillés pour mieux poursuivre leurs mandats respectifs.

Considérant l'importance d'une saine gestion des milieux humides, la Société Provancher est fière d'être mise à contribution pour répondre à de tels besoins de formation. C'est pourquoi, à la Réserve naturelle du Marais-Léon-Provancher, les portes du laboratoire sont ouvertes!

Plusieurs personnes et organismes participent à nos travaux. Si certaines questions (faune, flore, environnement, etc.) vous intéressent, n'hésitez pas à vous joindre à nous pour la conception, la planification ou la réalisation de nos travaux d'acquisition de connaissances (<http://www.provancher.org/contactez-nous/>).

Source : Élisabeth Bossert

Saviez-vous que...

Protection des milieux humides et hydriques

Le 16 juin 2017, l'Assemblée nationale a adopté le projet de loi n° 132, intitulé « Loi concernant la conservation des milieux humides et hydriques ». Celle-ci s'appuie sur le principe d'aucune perte nette afin de freiner la perte de milieux humides et hydriques au Québec et même, viser des gains nets en la matière.

Cette loi permet de conserver, de restaurer ou de créer de nouveaux milieux pour contrebalancer les pertes inévitables des milieux humides et hydriques et de planifier le développement du territoire dans une perspective de bassin versant, en tenant davantage compte des fonctions de ces milieux essentiels.

Par l'adoption de cette nouvelle loi, le gouvernement du Québec vient compléter son nouveau régime d'autorisation environnementale, en plaçant les milieux humides et hydriques au cœur de ses préoccupations. Les orientations de cette nouvelle loi tiennent compte du niveau de risque des projets pouvant affecter ces milieux et visent le maintien de l'intégrité écologique des écosystèmes.

La nouvelle loi réaffirme le partenariat privilégié du gouvernement avec le monde municipal, notamment en confirmant le rôle des municipalités régionales de comté (MRC) dans la planification du territoire en leur confiant la réalisation des plans régionaux des milieux humides et hydriques et en leur déléguant la gestion des programmes de restauration.

Le gouvernement rappelle les nombreuses fonctions écologiques reconnues aux milieux humides et hydriques :

- Renforcement de la résilience des terres agricoles et des forêts :
 - Rétention de l'eau à des fins d'irrigation;
 - Maintien de la quantité et de la qualité de l'eau;
 - Régulation des nutriments;
 - Fertilité des sols;
 - Rétention des produits toxiques (micropolluants);
 - Pollinisation.
- Contribution à la lutte contre les changements climatiques (séquestration des émissions de gaz à effet de serre et adaptation) :
 - Rôle majeur comme puits de carbone. On estime que 10,77 gigatonnes de CO₂ seraient stockées dans les sols tourbeux du Québec, soit l'équivalent de 478 années d'émission de gaz à effet de serre;
 - Rôle très important pour la régulation de l'eau. Les milieux humides et hydriques aident les écosystèmes à mieux résister aux impacts des changements climatiques et protègent les populations de certaines conséquences :
 - pour réapprovisionner les nappes phréatiques;
 - pour atténuer les inondations;
 - pour maintenir le débit des cours d'eau pendant les périodes de sécheresse.

Source : Ministère de l'Environnement, du Développement durable et de la Lutte contre les changements climatiques



Bank Swallow and Nests © Photos.com

L'hirondelle de rivage et un de ses sites de nidification.

L'hirondelle de rivage (*Riparia riparia*) dans les sablières et les gravières

Le 3 mars 2017, Environnement et Changement climatique Canada a fait paraître de nouvelles directives visant à protéger l'hirondelle de rivage (<https://www.ec.gc.ca/paom-itmb/default.asp?lang=Fr&n=6EBDF237-1>), un oiseau migrateur en déclin dont la population canadienne a chuté de 98 % au cours des 40 dernières années.

Cet oiseau insectivore est très attiré par les sablières et les gravières, les amas de sable et de terre ainsi que les talus sablonneux en bordure des plans d'eau et des chemins. En général, il creuse son terrier dans des fronts de talus presque verticaux (pente d'au moins 70 degrés) à plus de 2 m de hauteur (diagramme). Les sites de nidification sont utilisés de la mi-avril à la fin d'août, période sensible durant laquelle le risque de nuire aux oiseaux est particulièrement élevé. L'absence des oiseaux en août est un bon indicateur de la fin de la nidification.



Diagramme des pentes favorisant ou non la nidification.

Selon la Loi de 1994 sur la convention concernant les oiseaux migrateurs et ses règlements, quiconque tue, chasse, capture, blesse ou harcèle un oiseau migrateur ou endommage, détruit, enlève ou dérange leurs nids ou leurs œufs sans permis commet un délit. La meilleure approche afin d'éviter d'enfreindre cette loi et ses règlements consiste à bien comprendre le risque d'incidence de vos activités sur les oiseaux migrateurs, leurs nids et leurs œufs, et à prendre des précautions raisonnables et des mesures d'évitement appropriées.

L'industrie des sablières et des gravières peut jouer un rôle important dans la conservation de l'hirondelle de rivage en adoptant diverses pratiques d'exploitation qui ne nuisent pas à l'espèce.

Source : Environnement et Changement climatique Canada

Mise en œuvre du Plan de protection des océans : des défis et des projets stimulants pour les cinq prochaines années

Grâce au Plan de protection des océans, le gouvernement du Canada entend renforcer les partenariats avec les collectivités autochtones côtières.

Le Canada possède les côtes les plus étendues du monde, et l'eau constitue l'une de ses plus importantes ressources. Afin d'assurer la pérennité de ces acquis pour toute la population canadienne, le premier ministre a lancé, le 7 novembre 2016, le Plan de protection des océans, auquel une enveloppe de 1,5 milliard de dollars sur 5 ans a été allouée.

Grâce à ce plan, le gouvernement du Canada entend :

- améliorer la sécurité maritime et le transport responsable;
- restaurer et protéger les milieux marins;
- renforcer les partenariats avec les collectivités autochtones côtières.

Les nombreux projets nécessaires à la mise en œuvre du Plan de protection des océans seront essentiellement menés par Pêches et Océans Canada, la Garde côtière canadienne, Environnement et Changement climatique Canada ainsi que Transports Canada.

Les projets chapeautés par Pêches et Océans Canada incluent le Fonds pour la restauration côtière, qui disposera de 75 millions de dollars pour appuyer les priorités pour la restauration de l'habitat marin au cours des cinq prochaines années.

La sécurité maritime sera améliorée grâce à l'utilisation de nouveaux produits de cartographie dynamique dans des secteurs clés pour le trafic maritime. De nombreux navires abandonnés dans des ports pour petits bateaux seront retirés afin de réduire les risques environnementaux, opérationnels et de sécurité.

La Direction régionale des Sciences entreprendra des travaux en vue d'établir des mesures spéciales pour gérer les effets du trafic maritime sur les mammifères marins, notamment ceux causés par le bruit. La prévention des déversements d'hydrocarbures et l'intervention en cas d'épanchement feront également l'objet de mesures particulières. De plus, les agents des pêches disposeront de moyens accrus pour intervenir lors d'incidents impliquant les mammifères marins.

Enfin, parmi les différentes initiatives qui seront réalisées, le gouvernement cherchera à obtenir l'avis des communautés autochtones sur certaines questions comme les effets cumulatifs du transport maritime et les meilleurs outils pour résoudre les problèmes causés par ce type de transport. Le gouvernement s'appliquera aussi à leur faire jouer un rôle plus actif dans les décisions et les interventions concernant la sécurité maritime.

Source : Patrick Vincent dans *Infocéans* 20 (4)



**Aubé
Anctil
Pichette
& Associés**

Comptables agréés | Société en nom collectif

5300, boul. des Galeries, bur. 200, Québec QC G2K 2A2
Tél.: 418 622-4804 | Téléc.: 418 622-2681



**Yvan Bedard
PHOTONATURE**

Ph.D. Prof. émérite
Neuveville, Qc
Canada G0A 2R0
1-418-561-7046

yvan_bedard@hotmail.com
PHOTOS-LICENCES-COURS-CONSEILS
http://yvanbedardphotonature.com



1435 rue Provancher
Québec, QC
G1Y 1R9

**LA MAISON
LÉON-PROVANCHER**
www.maisonleonprovancher.com

**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

Pour vos randonnées : deux territoires à découvrir...

La Réserve naturelle du Marais-Léon-Provancher

Le territoire de la Réserve naturelle du Marais-Léon-Provancher, situé à Neuville, est doté d'un réseau de 5 km de sentiers. C'est un milieu idéal pour la randonnée, la photo de nature et l'initiation des enfants à la découverte des plantes et des animaux.

Grâce au travail de nombreux bénévoles, le territoire est accessible toute l'année, gratuitement.

Pour de plus amples renseignements, consultez le site Internet de la Société Provancher :

www.provancher.org



Le Parc naturel et historique de l'Île-aux-Basques

Le Parc naturel et historique de l'Île-aux-Basques, situé au large de Trois-Pistoles, représente une destination de choix pour des visites guidées ou pour de courts séjours en chalet.

Les visites guidées durent 3 heures et sont offertes de juin à septembre. Les personnes intéressées doivent réserver auprès du gardien de l'île aux Basques, Jean-Pierre Rioux, au numéro de téléphone 418 851-1202 à Trois-Pistoles.



La location de chalets est offerte aux membres de la Société Provancher pour des séjours allant d'une à sept nuitées. Les modalités de réservation, le tableau des disponibilités et la grille tarifaire sont disponibles sur le site Internet de la Société Provancher :

www.provancher.org





Sépaq

Le parc national d'Aiguebelle et sa zone périphérique, p. 51



J. Moisan-De Serres, MAPAQ

La fourmi parasite *Myrmica lampra*, p. 65



Patrick Plourde-Lavoie

Site de fraie du grand brochet, p. 70



Audrey Lachance

Polémoine de Van Brunt, *Polemonium van bruntiae*, p. 25

CONVENTION DE LA POSTE-PUBLICATION NO 40999003
RETOURNER TOUTE CORRESPONDANCE NE POUVANT ÊTRE
LIVRÉE AU CANADA À :
SOCIÉTÉ PROVANCHER
1400, ROUTE DE L'AÉROPORT
QUÉBEC QC G2G 1G6