

le naturaliste canadien

Volume 139, numéro 2
Été 2015

LA SOCIÉTÉ PROVANÇHER
D'HISTOIRE NATURELLE
DU CANADA

Revue de diffusion des connaissances en sciences naturelles et en environnement



Au sommaire

- **LES VERS DE TERRE: NOUVELLE MENACE À L'INTÉGRITÉ DES FORÊTS**
- **UN PETIT LAC SANS POISSONS, TRÈS RICHE EN LIBELLULES**
- **CAMPAGNOL LEMMING-BORÉAL: ENCORE PLUS AU NORD**
- **LA TOURBIÈRE DE L'ÎLE NOTRE-DAME**

LE MOT DU RÉDACTEUR EN CHEF

Darwin et *Le Naturaliste*

Michel Crête

2

BOTANIQUE

La tourbière relocalisée de l'île Notre-Dame : un exemple de mesure de compensation en avance sur son époque

Une tourbière de la baie James, reconstituée à Montréal dans le cadre des Floralies internationales de 1980 et laissée à elle-même depuis plus de 30 ans, a été inventoriée à nouveau en 2014. Les modifications substantielles de la végétation observées depuis sa mise en place permettent de formuler des recommandations destinées à des promoteurs devant créer de nouveaux milieux humides pour compenser ceux qu'ils désirent altérer.

Stéphanie Pellerin, Vincent Arricastes,
Lauriane Long-Raymond et Martin Lavoie

4

CONSERVATION

Effet du chaulage sur la survie et la reproduction de 3 espèces de vers de terre exotiques potentiellement envahissantes dans les érablières du Québec

La glaciation les avait éliminés d'Amérique du Nord, mais les Européens les introduisirent à leur arrivée. Plus récemment, d'autres espèces asiatiques firent leur apparition en Nouvelle-Angleterre. Les vers de terre introduits représentent une menace majeure à l'intégrité de nos écosystèmes forestiers, aidés par le réchauffement climatique et le chaulage des érablières.

Jean-David Moore, Rock Ouimet et Patrick Bolhen

14

ENTOMOLOGIE

Les libellules du lac des Atocas au parc national du Mont-Saint-Bruno : découverte d'une population de l'æschne des nénuphars au Québec

Des inventaires réalisés en 2012 et 2013 dans un petit lac peu profond et sans poisson du parc national du Mont-Saint-Bruno ont révélé la présence de 53 espèces de libellules, dont une quarantaine qui y complétaient leur cycle vital. Parmi cette riche communauté, une nouvelle espèce s'ajoute à la liste des odonates du Québec, l'æschne des nénuphars, sans compter plusieurs espèces rares.

Alain Mochon

20

FORESTERIE

Évolution du statut nutritif des sapinières à la Forêt Montmorency entre 1967 et 2011

35

La teneur en éléments des aiguilles des conifères nous renseigne sur l'état de tout l'arbre. Trois séries d'échantillons d'aiguilles de sapin baumier ont révélé des fluctuations majeures de la concentration de plusieurs éléments, avec une baisse significative de la teneur en azote, en magnésium et en potassium en 2011. La faible concentration de ce dernier élément suggère que la fertilité des sols est basse à la Forêt Montmorency.

Rock Ouimet, Jean-David Moore et Louis Duchesne

MAMMALOGIE

Aire de répartition du campagnol-lemming boréal au Québec : mentions les plus nordiques

42

Le climat de la péninsule de l'Ungava est tellement rigoureux que seuls des lichens, des mousses et des graminoïdes y poussent çà et là. Malgré cette pauvreté, un inventaire de petits mammifères réalisé en août 2014 y a révélé la présence de 3 espèces de rongeurs, dont celle du campagnol-lemming boréal.

Christian Fortin et Benoit Caron

LES LIVRES

49

VIE DE LA SOCIÉTÉ

50

SAVIEZ-VOUS QUE...

53

**La Société Provancher remercie
ses généreux bienfaiteurs
Parrains du *Naturaliste canadien***

Fondation de la Faune du Québec

Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs

Amis du *Naturaliste canadien*

Beaudoin, Marjolaine • Bédard, Yvan • Bélanger, Roger • Belles-Isles, Michel • Billington, Charles • Boulva, Jean • Brisson, Jean-Denis • Brunel, Pierre • Charpentier, Yvan • Chartier, Richard • Clermont, André • Cloutier, Conrad • Colinet, Bernard • Comtois, Sylvie • Corbeil, Christian • Courtois, Réhaume • Couture, Pierre • Couture, Richard • Crête, Michel • Dagenais, Michel • Dancause, Philippe • De Serres, Marthe • Delisle, Conrad • Desautels, Louise • Desbiens, Jean-Yves • Desmartis, Micheline • Doré, Marc • Drolet, Bruno • Duchesneau, Roger • Dufour, Guillaume • Dumas, Guy • Dutil, Jean-Denis • Fortin, Jean • Gaboury, Gilles • Gagnon, François • Galois, Patrick • Gascon, Pierre • Giguère, Ariane • Hamann, Jean • Houde, Normand • Huot, Lucien • Jean, Normand • Juneau, Michel • Laberge, Maud • Laflamme, Michel K. • Lafond, Anne-Marie • Le Goff, Héroïse • Lepage, Christine • Lepage, Michel • Lépine, Rachel • Lévesque, Hélène • Mendel, David • Moisan, Gaston • Molinas, Laurence • Morisset, Pierre • Painchaud, Jean • Paquet, Marc-André • Paquette, Denis • Parent, Serge • Piuze, Jean • Potvin, Denis • Potvin, Madeleine • Pouliot, Yvan • Rainville, Pierre • Raymond, Martine • Reed, Austin • Richard, Pierre J. H. • Riverin, Alexandra • Rouleau, Arlette • Savard, Vincent • Tessier, Pierre • Varin, Michel • Watelet, Anne

Bienfaiteurs de la Société Provancher d'histoire naturelle du Canada

Ahern Normandeau, Marguerite • Amyot, Jean • Auger, Daniel • Auger, Geneviève • Barbès, Louise-Marie • Barrette, Cyrille • Barrière, Serge • Beaulieu, Denis • Bédard, Yvan • Bélanger, Marie-Pierre • Bélanger, Roger • Bellefeuille, Hélène • Bergeron, Jean • Berteaux, Dominique • Bérubé, Diane • Bilodeau, Martin • Biofilia Inc., Biron, Paule • Blondin, Hélène • Bouchard, Yvon • Boulva, Jean • Bourassa, Jean-Pierre • Brière, Amélie • Brisson, Monique • Brisson, Jean-Denis • Bujold, Louis • Campagna, Mathieu • Cantin, Michel • Castonguay, Martin • Charpentier, Yvan • Chartier, Richard • Chayer, Réjean • Colinet, Bernard • Cossette, Jacques • Couillard, Denis • Coulombe, Josette • Couture, Josée-Marie • Couture, Richard • Dagenais, Michel • Dansereau, Sylvie • Darveau, Marcel • Demers, Jacques • Déry, Anne • Desautels, Louise • Desbiens, Jean-Yves • Desmartis, Micheline • Duchesneau, Roger • Duchesneau, François • Dunn, Philippe • Falcon, Louise • Fontaine, Pierre • Gaboury, Gilles • Gagnon, François • Gascon, Pierre • Gauvin, Alain • Giguère, Jean-Roch • Gouin, Hélène • Grenier, Sarah • Grimard, Michèle • Grondin, Suzanne • Hamel, François • Harvey, Éric Yves • Henry, Lise • Hrycak, Maurice Jr • Huot, Jean • Jalbert, Mélanie • Jean, Normand • Jones, Richard • Kugler, Marianne • Laberge, Diane • Laflamme, Michel K. • Lafond, Anne-Marie • Langlois, Gaétan • Lanneville, Jean-Louis • Lapointe, Monique • Lefebvre, Chantal • Lemieux, Jacques • Lepage, Christine • Lepage, Ronald • Léveillé, Danielle • Lévesque, Hélène • Lévesque, Madeleine • Lizotte, Alain • Major, Luc • Marineau, Kim • Martel, André L. • Massicotte, Guy • Matte, Sylvie • Mercier, Marthe B. • Morin, Lise • Myette, Claude • Nadeau, Yves • Ouellet, Denis • Ouellet, Réginald • Ouellet, H-Paul • Paquet, Marc-André • Pilote, Lise • Plante, Berthier • Potvin, Denis • Potvin, Laurent • Potvin, Christian • Pouliot, Yvan • Proulx, André • Rainville, Pierre • Rasmussen, Arne • Reed, Austin • Renaud, Michel • Rheault, Claude • Richard, Pierre J. H. • Roberge, Nicole • Roberge, Jacques • Roy, Odette • Vézina, Lucie • Villeneuve, Jacques

**Par leur soutien financier,
le ministère du Développement durable,
de l'Environnement et des Parcs du Québec,
les parrains et 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
D'HISTOIRE
NATURELLE
DU CANADA**

Président

Robert Patenaude

1^{er} Vice-président

Éric Yves Harvey

2^e Vice-président

Réhaume Courtois

Secrétaire

Michel Lepage

Trésorière

Hélène Beaulieu

Administrateurs

Élisabeth Bossert

Louise Fortin

Gilles Gaboury

Carl Grenier

Pierre-Martin Marotte

Odette Roy

le *naturaliste*
canadien

Bureau de direction

Michel Crête

Bruno Drolet

Jean Hamann

Claude Lavoie

Michel Lepage

Isabelle Simard

Denise Tousignant

Équipe éditoriale

Michel Crête,

rédacteur en chef

Yan Boucher

François Brassard

Marc-Antoine Couillard

Mathieu Cusson

Christian Dussault

Christian Hébert

Patrick Lajeunesse

Marc Mazerolle

Stéphanie Pellerin

Junior Tremblay

Révision linguistique

Doris Cooper

Andrew Coughlan

Correction des épreuves

Camille Rousseau

Comité de financement

Hélène Beaulieu

Michel Cantin

Carl Grenier

Michel Lepage

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.

Dépôt légal 1^{er} trimestre 2015

Bibliothèque nationale du Québec

© La Société Provancher d'histoire naturelle du Canada 2015

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 d'histoire naturelle du Canada, 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 :

La Société Provancher d'histoire naturelle du Canada

1400, route de l'Aéroport

Québec QC G2G 1G6

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

Courriel : societe.provancher@gmail.com

Site Web : www.provancher.qc.ca



Darwin et *Le Naturaliste*

En ce début de 21^e siècle, le monde des communications, incluant celui des revues scientifiques, évolue rapidement sous l'influence de nombreuses forces : capacités de plus en plus grandes des technologies de l'information, mondialisation, marchandisation des revues scientifiques, désengagement des gouvernements, libre accès à l'information, etc. *Le Naturaliste canadien* n'échappe pas à ces pressions et doit s'adapter rapidement s'il désire assurer sa pérennité : c'est ce qu'il a fait, qu'il fait et qu'il fera.

Pour prendre les bonnes orientations, la revue compte sur un bureau de direction composé de personnes dévouées et compétentes, appartenant à des milieux variés. L'amélioration continue et la qualité forment la trame de fond sur laquelle s'appuient toutes les propositions du bureau. Au cours des dernières années, la Société Provancher, à qui appartient notre revue, a endossé les orientations proposées par le bureau de direction afin de s'adapter à un nouveau contexte. Ainsi, depuis 2012, une version numérique du *Naturaliste* est diffusée sur la plateforme Érudit dans le but d'augmenter le rayonnement de la revue et de ses auteurs. En plus de faciliter le repérage de nos articles dans les moteurs de recherche (plus de 30 000 pages de notre revue ont été consultées en 2014), Érudit défend nos intérêts, notamment auprès des institutions d'enseignement canadiennes et étrangères.

En 2014, le bureau de direction a proposé de répartir les rôles qu'il avait remplis jusque-là entre 2 entités : le bureau de direction garderait la responsabilité d'orienter la revue et d'assister le rédacteur en chef au sujet des problèmes de rédaction et confierait dorénavant l'évaluation des manuscrits au rédacteur en chef assisté d'une équipe de rédactrices et rédacteurs adjoints spécialisés par discipline scientifique. Depuis le printemps dernier, nous pouvons donc compter sur une équipe éditoriale qui inclut des experts reconnus dans tous les domaines couverts par la revue : leur nom apparaît à la page précédente et sur la page d'Érudit qui présente l'équipe éditoriale. Ce changement fait en sorte que désormais, tous les manuscrits sont évalués par 2 experts indépendants ; ainsi *Le Naturaliste* devient clairement une revue scientifique avec révision par les pairs, sans pour autant changer ses champs d'intérêt, son style, ni sa vocation de s'adresser à un public le plus large possible.

Depuis 2011, la revue fait aussi face à un nouveau problème, soit celui d'une baisse soutenue du nombre de manuscrits reçus. Après quelques années où l'espace disponible ne suffisait pas pour publier tous les manuscrits acceptés durant le semestre, force est de conclure qu'une tendance lourde se dessine. Plusieurs facteurs peuvent l'expliquer : diminution de la taille des gouvernements et du nombre de fonctionnaires susceptibles d'écrire dans nos pages, contrôle plus serré de l'information par diverses organisations, compétition avec les revues publiant en anglais, nombre de naturalistes chevronnés en baisse, etc. Pour contrer cette tendance, nous avons pris la décision de publier, de façon sporadique, des numéros réguliers thématiques. Le premier, portant sur les oiseaux de proie, a paru en décembre dernier grâce à l'implication de 2 rédacteurs *ad hoc* qui ont su convaincre une brochette d'auteurs de rédiger une douzaine de textes pour nous et de coordonner la réalisation de ce projet. La production de ce numéro thématique s'est avérée une décision fort heureuse à en juger par le taux très élevé de consultations en ligne de ce numéro bien qu'il ne soit encore accessible qu'aux abonnés de la revue. Un autre numéro thématique portant sur le fleuve Saint-Laurent paraîtra en juin 2016.

Un autre écueil menace la pérennité de la revue : les coûts de production et de diffusion. Il existe des programmes gouvernementaux pour soutenir les revues savantes, mais ceux-ci sont destinés à des revues publiées à l'intérieur de structures universitaires, ce qui nous en exclut. Ainsi, pour son financement, *Le Naturaliste* compte entièrement sur la Société Provancher, un organisme à but non lucratif. Or la Société a dû mettre de l'avant un plan triennal de redressement pour assurer sa santé financière à long terme. Comme la publication

du *Naturaliste* compte pour une fraction significative de son budget, les revenus et les dépenses générés par la revue ont fait l'objet d'un examen minutieux, et quelques décisions ont été prises. Le changement le plus visible, survenu en 2015, concerne un supplément de 10 \$ exigé pour ceux qui désirent recevoir la version imprimée de la revue. Il faut savoir que l'impression de la revue est beaucoup plus onéreuse que la mise en ligne de la version numérique. Ce montant de 10 \$ ne couvre d'ailleurs même pas en totalité les frais postaux pour l'expédition des exemplaires imprimés. L'avenir dira si le nombre de lecteurs attachés à l'imprimé est suffisamment grand pour maintenir la version papier; en 2015, un peu moins de la moitié des membres de la Société ont payé le supplément pour recevoir leurs exemplaires par la poste.

Par ailleurs, d'autres problèmes pourraient affecter la version électronique de la revue. Depuis notre adhésion à Érudit, les abonnements institutionnels, principalement des universités canadiennes et des collèges québécois, couvrent les frais de mise en ligne de nos numéros, voire génèrent des profits modestes. Cependant, le modèle économique des abonnements est en voie de transformation en réponse à un courant international qui favorise le libre accès aux résultats de la recherche subventionnée. Le gouvernement canadien y adhère et exigera, à compter de 2016, que les chercheurs rendent disponibles gratuitement en ligne leurs publications au plus tard 1 an après leur parution. La nouvelle entente que vient de conclure Érudit avec les universités a été affectée par cette évolution : cette entente nous assure les mêmes revenus pour les 2 prochaines années, toutefois les montants versés ne concerneront plus des frais d'abonnement mais une « subvention » des universités à des publications en libre accès. En contrepartie, Érudit a accepté de s'inscrire dans la politique canadienne et de réduire à 1 an la durée de la barrière mobile qui restreint l'accès à nos numéros récents aux seuls abonnés. Pour *Le Naturaliste canadien*, cette barrière mobile couvre actuellement les 2 dernières années, après quoi tout internaute peut consulter l'entièreté de nos articles. Qu'advient-il dans 2 ans ? Il est encore difficile de savoir. Cependant, une chose demeure : une revue a besoin de financement pour couvrir ses frais de production et de diffusion. Le bureau de direction veillera à voir venir le vent.

Malgré toute la sagesse qui habitait le fondateur de la revue, Léon Provancher, celui-ci ne pouvait sûrement pas imaginer tous les changements et mutations que subirait la revue qu'il venait de créer. *Le Naturaliste* a su évoluer jusqu'à aujourd'hui et il est en bonne position pour continuer à le faire pour autant qu'il sache s'adapter aux besoins de ses auteurs et de ses lecteurs. Darwin a proposé que la sélection naturelle représente le mécanisme qui explique l'évolution suivie par les organismes depuis leurs origines, seules les espèces capables de s'adapter survivant aux changements incessants qui se succèdent. Par analogie, sa théorie s'applique vraisemblablement aussi aux revues scientifiques.

Michel Crête
rédacteur en chef

La tourbière relocalisée de l'île Notre-Dame : un exemple de mesure de compensation en avance sur son époque

Stéphanie Pellerin, Vincent Arricastres, Lauriane Long-Raymond et Martin Lavoie

Résumé

La tourbière de l'île Notre-Dame a été créée il y a 35 ans dans le cadre des « Florales Internationales de Montréal – 1980 » à partir de blocs de tourbe de surface prélevés dans une tourbière de la région de la baie James vouée à l'enneigement. Nous avons étudié les changements survenus dans la composition floristique de cette tourbière sous les angles spécifique (les espèces) et fonctionnel (traits fonctionnels). Entre 1979 et 2014, une baisse de 48 % de la richesse globale a été observée, ainsi qu'une augmentation importante de la représentation des espèces exotiques, généralistes et méridionales. Seules 5 des 56 espèces trouvées originalement sont encore présentes aujourd'hui sur la tourbière. Des changements importants ont aussi été notés entre les traits fonctionnels de la flore de 1979 et ceux de la flore de 2014. Ainsi, les besoins moyens en acidité, en humidité et en matière organique dans le substrat ainsi qu'en lumière ont significativement diminué. En revanche, les besoins moyens en nutriments dans le sol ont significativement augmenté. Ces changements indiquent que le site évolue vers un environnement plus sec et plus riche, de moins en moins caractéristique d'une tourbière. En conclusion, nous présentons quelques suggestions pour accroître la réussite des projets de création de milieux humides.

MOTS CLÉS : biodiversité, mesures de compensation, tourbière, translocation, trait fonctionnel

Abstract

The artificial peatland on Notre-Dame Island (Montreal, Québec) was created 35 years ago using blocks of peat collected from a peatland in the James Bay (Québec) area that was destined to be flood and lost. This study investigates the changes in the species composition and functional traits of the flora that have occurred since the site was established. There was a 48% decline in species richness between 1979 and 2014, together with a significant increase in the number of exotic, generalist and meridional species. Only 5 of the 56 species that were originally present in 1979 were found in 2014. Significant changes were also observed in the requirements of the plants present in 1979, compared to those of the plants present in 2014. The needs in terms of substrate acidity, moisture and organic matter content, and the light tolerance of the plants, have decreased significantly since the site was established. By contrast, the average soil nutrient requirements have increased significantly. These changes indicate that the site is becoming less and less characteristic of a peatland. A number of suggestions are proposed for improving the success of wetland compensation projects.

KEYWORDS: biodiversity, bog, functional trait, peatland, translocation, wetland compensation

Introduction

Les milieux humides (marais, marécages, tourbières, etc.) constituent un enjeu majeur pour la conservation de la biodiversité à l'échelle mondiale, enjeu auquel le Québec n'échappe pas. Ces écosystèmes sont en effet parmi les plus menacés de la planète, malgré les nombreux services écologiques qu'ils fournissent. Une étude récente a d'ailleurs montré que 567 km² de milieux humides dans les basses terres du Saint-Laurent du Québec, soit 19 % de tous les milieux humides de cette région, avaient été perturbés ou perdus au cours des 22 dernières années, notamment en raison des activités sylvicoles et agricoles (Pellerin et Poulin, 2013). Ces pertes s'ajoutent à la disparition historique des milieux humides précoloniaux évaluée entre 50 et 80 % dans cette région (Joly et collab., 2008).

Au Québec, il n'existe pour l'instant aucune politique sur la gestion durable des milieux humides. Néanmoins, certains outils légaux sont en place pour encadrer les activités

ayant lieu au sein d'un milieu humide. Le plus connu, et sans doute le plus contesté, est le deuxième alinéa de l'article 22 de la *Loi sur la qualité de l'environnement* qui stipule, en résumé, que quiconque effectue des activités affectant un milieu

Stéphanie Pellerin est botaniste au Jardin botanique de Montréal et professeure associée au Département de sciences biologiques de l'Université de Montréal.

stephanie.pellerin.1@umontreal.ca

Vincent Arricastres est étudiant au Master en biologie et Technique du végétal à l'Université de Nantes.

arricastres.vincent@yahoo.fr

Lauriane Long-Raymond est étudiante au baccalauréat au Département de sciences biologiques de l'Université de Montréal.

lauriane.long-raymond@umontreal.ca

Martin Lavoie est biogéographe et professeur au Département de géographie de l'Université Laval.

martin.lavoie@cen.ulaval.ca

humide doit préalablement obtenir un certificat d'autorisation. Cet article a une fonction préventive et n'a pas pour objet d'interdire toute activité (Lavallée, 2013). Depuis 2006, des mesures de compensation sont généralement associées à l'obtention d'un certificat d'autorisation, mesures qui ont été légalisées le 1^{er} mai 2012 par l'adoption de la *Loi concernant des mesures de compensation pour la réalisation de projets affectant un milieu humide ou hydrique*. Les pouvoirs prévus par cette loi cesseront toutefois d'avoir effet le 24 avril 2017, à moins qu'une nouvelle loi ne soit adoptée d'ici là.

Les mesures de compensation visent, entre autres, la restauration, la création, la protection ou la valorisation d'un milieu humide (MDDEP, 2012). Elles doivent être utilisées en dernier recours, soit à la toute fin d'une séquence d'atténuation (MDDEP, 2012). Ainsi, le projet devrait au préalable avoir fait l'objet de mesures d'évitement du milieu humide (p. ex. : déplacer le site de réalisation du projet) et de minimisation des impacts du projet sur ledit milieu humide (p. ex. : construction sur pilotis). Malgré la mise en place des mesures de compensation au Québec, une perte nette de 99 % de la superficie des milieux humides ayant fait l'objet d'une demande de certificat a été observée entre 2006 et 2010 (Pellerin et Poulin, 2013). En effet, seulement 15 des 2 870 ha affectés par des projets ont été compensés par des activités de restauration ou de création de milieux humides durant cette période, la protection et la valorisation n'entraînant pas l'apparition de nouvelles superficies. Les mesures de compensation étant encadrées législativement au Québec depuis 2010, on peut supposer que les pertes nettes diminueront progressivement.

Malgré l'importance de mettre en place des mesures de compensation lorsqu'une activité touche un milieu humide, on est en droit de se demander si elles sont réellement efficaces. Au Québec, il existe peu d'études sur l'efficacité des mesures de compensation, outre celles en matière de restauration des tourbières exploitées pour la production de terreaux horticoles (p. ex. : Desrochers et van Duiden, 2006; Ketcheson et Price, 2011; Poulin et collab., 2012). Les résultats indiquent, entre autres, que les techniques actuelles de restauration permettent le rétablissement rapide d'un couvert végétal, notamment d'un tapis de sphagnes. Toutefois, la composition et la structure de ce couvert demeurent différentes de celles des écosystèmes de référence, même pour les sites restaurés depuis 17 ans.

À l'inverse, les études réalisées dans un contexte autre que la restauration des tourbières tendent à montrer que les mesures de compensation sont généralement peu efficaces d'un point de vue écologique. Par exemple, selon Moreno-Mateos et collab. (2012), qui ont fait une méta-analyse de 124 articles scientifiques portant sur la restauration et la création de milieux humides, le rétablissement des milieux humides perturbés après des activités de restauration est lent et incomplet, surtout si l'écosystème est non riverain ou situé dans une région au climat froid. Outre ces aspects écologiques, plusieurs autres études indiquent qu'en absence de suivi serré des activités de compensation, la majorité des projets ne respectent pas les ententes initiales inhérentes à la réalisation

du projet, notamment en ce qui concerne les superficies à compenser et la durée des suivis (p. ex. : Sudol et Ambrose, 2002; Tischew et collab., 2010).

Dans ce contexte, nous avons voulu évaluer si une tourbière relocalisée, il y a 35 ans, de la région de la baie James à celle de Montréal comportait encore aujourd'hui les caractéristiques d'une flore tourbicole. Nous avons étudié l'évolution de la composition floristique du site sous les angles spécifique (les espèces) et fonctionnel (trait fonctionnel). Un trait fonctionnel est une caractéristique morphologique, physiologique ou phénologique affectant la performance d'une espèce. Bien que la tourbière ait été déplacée bien avant l'apparition du concept de compensation en matière de milieux humides au Québec, nous croyons que les résultats obtenus sont d'intérêt pour les gestionnaires ayant le mandat de choisir les mesures de compensation les plus efficaces.

Site d'étude

La tourbière à l'étude est située dans la portion centrale de l'île Notre-Dame (entre l'île de Montréal et Longueuil), à proximité du circuit automobile Gilles-Villeneuve et de l'ancien pavillon du Canada de l'Exposition universelle de 1967. La tourbière a été créée dans le cadre des « Florales Internationales de Montréal – 1980 » à partir de matériel prélevé dans une tourbière vouée à l'ennoiement près du lac Hélène (53° 26' 22" N. et 77° 31' 12" O.), à 40 km de l'aéroport La Grande dans la région de la baie James (Goutier, 1980). Le site de prélèvement était principalement constitué d'habitats ombrotrophes caractérisés par un dense couvert d'éricacées et de sphagnes (A. Lapointe, communication personnelle).

En 1979, environ 1 300 blocs de tourbe de 1,20 × 1,20 m de côté et de 30 à 50 cm d'épaisseur ont été extraits de la tourbière du lac Hélène (Goutier, 1980). Une telle épaisseur a permis d'obtenir des blocs constitués à la fois de végétaux vivants (acrotelme) et de tourbe décomposée (catotelme). Les prélèvements ont été réalisés au cours du gel automnal pour faciliter la manipulation des blocs et le déplacement de la machinerie lourde (figure 1). Les blocs ont été découpés à l'aide d'une tronçonneuse et transportés par camion jusqu'à l'île Notre-Dame. Au cours du mois d'avril 1979, ils ont été disposés à l'aide d'une grue dans un bassin aménagé en respectant le plus fidèlement possible leur organisation d'origine. Le bassin était constitué d'une couche de 15 cm de sable surmontée d'un polyéthylène lui-même recouvert d'une couche de sable de 15 cm d'épaisseur et enfin d'une couche de tourbe commerciale de 30 cm. La base du bassin a été imbibée d'eau pour recréer les conditions hydriques d'un milieu humide. La tourbière ainsi créée couvrait une superficie d'environ 2 000 m².

De l'eau prélevée directement du fleuve Saint-Laurent fut ajoutée périodiquement pour maintenir le niveau optimal de l'eau dans la tourbière. De plus, pour contrôler le pH instable du site, de l'acide sulfurique a été ponctuellement ajouté dans la tourbière, ce qui aurait causé la brûlure de plusieurs plantes autour des points de déversement (A. Lapointe, communication personnelle). En juin 1979, de nouvelles plantes ont été récoltées



Jardin botanique de Montréal

Figure 1. Prélèvement des blocs de tourbe dans la tourbière du lac Hélène, baie James, à l'hiver 1979.

dans la tourbière du lac Hélène afin de densifier la végétation des zones dénudées de la tourbière (Goutier, 1980). Des spécimens de 8 espèces non présentes dans la tourbière d'origine ont aussi été prélevés dans les environs de Montréal puis transplantés sur les bords du bassin afin de les stabiliser. La tourbière a été entretenue quelques années à la suite des Floralies pour ensuite être laissée à l'abandon en 1982.

Méthodes

Inventaires floristiques et données environnementales

Entre avril et décembre 1979, la flore de la tourbière a été inventoriée par les botanistes Hélène Goupil et André Lapointe (Goutier, 1980). L'inventaire a été fait en parcourant l'ensemble du site et en notant toutes les espèces présentes. À cette époque, 56 espèces vasculaires ont été recensées. Les bryophytes n'ont pas été identifiées à l'espèce, mais la présence de sphaignes, de *Dicranum*, de *Polytrichum* et de *Mnium* a été notée. Mis à part le pH qui variait entre 3,8 et 4,2, aucune donnée environnementale n'a été mesurée lors des premiers inventaires.

La tourbière a été échantillonnée de nouveau au cours des mois de juin et juillet 2014 à l'aide de parcelles d'échantillonnage (1 m²) afin d'avoir un aperçu du recouvrement de chacune des

espèces. Les parcelles ont été disposées tous les 2 m le long de 7 transects orientés sud-ouest/nord-est et espacés de 3 m chacun, pour un total de 70 parcelles. Le recouvrement horizontal de toutes les espèces vasculaires présentes à l'intérieur de chacune des parcelles a été évalué selon 6 classes : <1 %; 1-5 %; 6-25 %; 26-50 %; 51-75 %; >75 %. Afin de s'assurer que l'inventaire floristique était complet et comparable à celui de 1979, l'ensemble du site a ensuite été parcouru afin de noter la présence d'éventuelles espèces non inventoriées dans les parcelles. Enfin, un échantillon de sol a été prélevé au sein de 2 parcelles par transect (14 échantillons au total) afin de mesurer le pH en laboratoire.

Caractéristiques et traits fonctionnels des espèces

L'origine (indigène ou exotique), la répartition géographique au Québec (nord, sud, ubiquiste) ainsi que l'affinité pour les milieux humides (obligatoire, facultative ou terrestre) ont été documentées pour chaque espèce. L'origine a été déterminée selon Brouillet et collab. (2010+) et Lavoie et collab. (2012). La répartition géographique a été déterminée à l'aide de Canadensys (2014) et du Global Biodiversity Information Facility (2014). Une espèce associée au nord est une espèce présente dans la région de la baie James, mais dont la répartition au Québec n'atteint pas Montréal au sud. Inversement, une espèce associée au sud est une espèce présente dans la région de Montréal mais dont la répartition n'atteint pas la région de la baie James. Enfin, une espèce ubiquiste est une espèce présente dans les 2 régions. L'affinité d'une espèce pour les milieux humides a été obtenue de Bazoge et collab. (2014) et du PLANTS Database (USDA et NRCS, 2014).

Les traits fonctionnels étudiés pour chacune des espèces sont les besoins en acidité, en humidité, en lumière, en nutriments et en matière organique. L'analyse de ces traits fonctionnels visait à obtenir un portrait général de l'évolution des caractéristiques abiotiques de la tourbière, données qui n'étaient pas disponibles en 1979. Chacun de ces traits a été catégorisé selon une échelle de valeurs de 1 à 5 (tableau 1). Les données ont été obtenues à partir d'informations extraites de Burns et Honkala (1990), Marie-Victorin (1995), Tela Botanica (2014), MRNFO (2014) et USDA (2014).

Analyses

La différence floristique globale entre les années 1979 et 2014 a été évaluée à l'aide de l'indice de dissimilarité de Sørensen (Sørensen, 1948). Cet indice varie entre 0 et 1, un indice 0 signifiant une similitude totale et un indice 1 une dissimilitude totale. Les traits fonctionnels étant représentés par un gradient de valeurs, la moyenne de chacun d'eux a donc été calculée pour 1979 et 2014. Les 2 moyennes ont ensuite été comparées à l'aide d'un test de t de Student.

Résultats

En 2014, 29 espèces vasculaires ont été identifiées contre 56 en 1979 (tableau 2), ce qui correspond à une diminution de 48 % de la richesse floristique globale de la tourbière. Sur les 56 espèces présentes en 1979, il n'en restait plus que 5 en 2014, soit

Tableau 1. Valeurs des différents niveaux des traits fonctionnels étudiés.

	1	2	3	4	5
Acidité (pH)	Basiphile	Basocline	Neutrophile	Acidocline	Acidophile
Humidité	Xérophile	Mésoxérophile	Mésohydrique	Mésohygrophile	Hygrophile
Lumière	Sciaphile	Hémisciaphile	Intermédiaire	Hémihéliophile	Héliophyle
Nutriment	Oligotrophile	Mésooligotrophile	Mésotrophile	Mésoeutrophile	Eutrophile
Matière organique	Lithosol	Mull	Moder	Mor	Tourbe

Tableau 2. Plantes vasculaires identifiées dans la tourbière de l'île Notre-Dame en 1979 et 2014. Pour chaque espèce, son origine, sa répartition au Québec et son affinité pour les milieux humides sont indiquées. La valeur attribuée pour chacun des traits fonctionnels étudiés est aussi indiquée.

Taxon ^a	1979	2014	Origine	Répartition	Affinité ^b	pH	Humidité	Lumière	Nutriments	Matière organique
<i>Acer negundo</i>		1	Exotique	Sud	FAC	2	3	4	4	5
<i>Acer platanoides</i>		1	Exotique	Sud	T	3	3	4	4	2
<i>Acer rubrum</i>		1	Indigène	Sud	FACH	3	2	4	3	2
<i>Acer spicatum</i>		1	Indigène	Sud	FAC	4	3	2	3	3
<i>Agrostis mertensii</i>	1		Indigène	Ubiquiste	FACH	3	3	5	1	1
<i>Andromeda polifolia</i> var. <i>latifolia</i>	1		Indigène	Ubiquiste	OBL	4	4	5	1	5
<i>Arctostaphylos uva-ursi</i> *	1		Indigène	Ubiquiste	T	4	2	5	1	3
<i>Betula glandulosa</i>	1		Indigène	Ubiquiste	FACH	4	4	4	2	4
<i>Betula populifolia</i>		1	Indigène	Sud	FAC	5	5	4	1	5
<i>Carex disperma</i>	1		Indigène	Ubiquiste	OBL	4	5	3	1	4
<i>Carex gynocrates</i>	1		Indigène	Ubiquiste	OBL	4	4	4	1	5
<i>Carex magellanica</i> subsp. <i>irrigua</i>	1		Indigène	Ubiquiste	OBL	5	4	5	1	5
<i>Carex pauciflora</i>	1		Indigène	Ubiquiste	OBL	5	4	5	1	5
<i>Chamaedaphne calyculata</i>	1		Indigène	Ubiquiste	OBL	5	5	4	1	5
<i>Chamerion angustifolium</i> subsp. <i>angustifolium</i> *	1		Indigène	Ubiquiste	FAC	4	3	4	4	3
<i>Comarum palustre</i>	1		Indigène	Ubiquiste	OBL	4	4	2	2	5
<i>Coptis trifolia</i>	1		Indigène	Ubiquiste	FAC	4	5	2	2	4
<i>Cornus stolonifera</i>		1	Indigène	Ubiquiste	FACH	2	3	4	3	2
<i>Dasiphora fruticosa</i>	1		Indigène	Ubiquiste	FACH	2	4	5	1	5
<i>Drosera rotundifolia</i>	1		Indigène	Ubiquiste	OBL	3	4	5	1	3
<i>Dryopteris carthusiana</i>		1	Indigène	Ubiquiste	FAC	3	3	2	3	3
<i>Empetrum nigrum</i> s.l.	1		Indigène	Ubiquiste	FAC	5	4	4	1	4
<i>Epilobium palustre</i>	1		Indigène	Ubiquiste	OBL	4	5	5	2	5
<i>Epipactis helleborine</i>		1	Exotique	Sud	T	3	3	2	3	3
<i>Equisetum sylvaticum</i>	1		Indigène	Ubiquiste	FACH	4	4	3	3	5
<i>Eriophorum angustifolium</i> subsp. <i>angustifolium</i>	1		Indigène	Ubiquiste	OBL	3	5	5	1	5
<i>Eriophorum vaginatum</i> subsp. <i>spissum</i>	1		Indigène	Ubiquiste	OBL	5	4	4	1	5
<i>Eurybia radula</i>	1		Indigène	Ubiquiste	OBL	4	5	4	2	4

B O T A N I Q U E

Taxon ^a	1979	2014	Origine	Répartition	Affinité ^b	pH	Humidité	Lumière	Nutriments	Matière organique
<i>Frangula alnus</i>		1	Exotique	Sud	FAC	3	4	4	2	3
<i>Fraxinus pennsylvanica</i>		1	Indigène	Sud	FACH	1	3	4	2	2
<i>Gaultheria hispidula</i>	1		Indigène	Ubiquiste	FAC	5	5	5	1	5
<i>Iris versicolor</i> *	1		Indigène	Sud	OBL	2	5	3	4	4
<i>Juncus triglumis</i> subsp. <i>albescens</i>	1		Indigène	Nord	FACH	2	4	5	1	5
<i>Juniperus communis</i> var. <i>depressa</i>	1		Indigène	Ubiquiste	FAC	3	2	5	2	1
<i>Juniperus horizontalis</i>	1		Indigène	Ubiquiste	FAC	1	2	5	2	1
<i>Kalmia angustifolia</i> var. <i>angustifolia</i>	1		Indigène	Ubiquiste	FAC	4	3	5	1	4
<i>Kalmia polifolia</i>	1		Indigène	Ubiquiste	OBL	4	3	5	1	4
<i>Larix laricina</i>	1	1	Indigène	Ubiquiste	FACH	4	5	5	2	4
<i>Lonicera villosa</i>	1	1	Indigène	Ubiquiste	FAC	4	4	4	2	2
<i>Lythrum salicaria</i>		1	Exotique	Sud	FACH	2	3	4	3	5
<i>Maianthemum canadense</i> *	1		Indigène	Ubiquiste	FAC	4	4	2	1	3
<i>Maianthemum trifolium</i>	1		Indigène	Ubiquiste	OBL	4	3	2	2	5
<i>Menyanthes trifoliata</i>	1		Indigène	Ubiquiste	OBL	3	5	4	2	5
<i>Myrica gale</i>	1	1	Indigène	Ubiquiste	OBL	5	5	4	1	5
<i>Onoclea sensibilis</i>		1	Indigène	Sud	FACH	3	3	2	3	5
<i>Osmunda regalis</i> var. <i>spectabilis</i>		1	Indigène	Sud	FACH	4	3	2	2	5
<i>Packera aurea</i> *	1		Indigène	Ubiquiste	FACH	4	3	4	2	4
<i>Parthenocissus quinquefolia</i>		1	Exotique	Sud	FAC	2	2	4	4	1
<i>Petasites frigidus</i> var. <i>palmatum</i> *	1		Indigène	Ubiquiste	FACH	2	4	4	4	4
<i>Phragmites australis</i> subsp. <i>australis</i>		1	Exotique	Sud	FACH	3	5	4	4	5
<i>Picea mariana</i>	1	1	Indigène	Ubiquiste	FACH	2	3	4	2	4
<i>Pinus resinosa</i>		1	Indigène	Sud	FAC	3	2	5	2	2
<i>Prunus pensylvanica</i>		1	Indigène	Ubiquiste	FAC	4	3	5	2	4
<i>Prunus serotina</i>		1	Indigène	Sud	FAC	4	2	2	2	3
<i>Rhododendron groenlandicum</i>	1		Indigène	Ubiquiste	OBL	5	4	3	2	4
<i>Rhus typhina</i>		1	Indigène	Sud	FAC	3	2	4	2	2
<i>Rubus allegheniensis</i>		1	Indigène	Sud	FAC	4	3	4	3	2
<i>Rubus arcticus</i> subsp. <i>acaulis</i>	1		Indigène	Nord	FACH	3	3	4	3	2
<i>Rubus chamaemorus</i>	1		Indigène	Ubiquiste	FACH	5	4	4	2	2
<i>Rubus idaeus</i> subsp. <i>strigosus</i>	1	1	Indigène	Ubiquiste	FAC	3	3	3	4	3
<i>Sarracenia purpurea</i>	1		Indigène	Ubiquiste	OBL	4	5	5	1	5
<i>Scheuchzeria palustris</i>	1		Indigène	Ubiquiste	OBL	3	5	5	1	5
<i>Sibbaldia tridentata</i> *	1		Indigène	Nord	FAC	5	4	4	2	1
<i>Solanum dulcamara</i>		1	Exotique	Sud	FAC	2	4	4	4	5
<i>Solidago multiradiata</i>	1		Indigène	Nord	FAC	5	3	5	3	4

Taxon ^a	1979	2014	Origine	Répartition	Affinité ^b	pH	Humidité	Lumière	Nutriments	Matière organique
<i>Solidago uliginosa</i>	1		Indigène	Ubiquiste	OBL	4	4	5	1	5
<i>Spergularia canadensis</i>	1		Indigène	Ubiquiste	OBL	1	4	5	4	2
<i>Spiraea alba</i>		1	Indigène	Sud	FACH	2	3	4	3	5
<i>Spiranthes romanzoffiana</i>	1		Indigène	Ubiquiste	FACH	1	5	5	1	5
<i>Trichophorum alpinum</i>	1		Indigène	Ubiquiste	OBL	2	5	5	1	5
<i>Trichophorum cespitosum</i>	1		Indigène	Ubiquiste	OBL	4	5	5	4	5
<i>Triglochin maritima</i>	1		Indigène	Ubiquiste	OBL	2	4	5	2	4
<i>Utricularia cf. cornuta</i>	1		Indigène	Ubiquiste	OBL	3	5	4	1	5
<i>Utricularia intermedia</i>	1		Indigène	Ubiquiste	OBL	2	5	5	1	5
<i>Vaccinium angustifolium</i>	1		Indigène	Ubiquiste	FAC	4	4	4	2	4
<i>Vaccinium oxycoccus</i>	1		Indigène	Ubiquiste	OBL	3	5	4	1	5
<i>Vaccinium uliginosum</i>	1		Indigène	Nord	FAC	5	4	3	2	4
<i>Viburnum opulus</i> subsp. <i>trilobum</i>		1	Indigène	Sud	FACH	2	3	3	4	2
<i>Viola macloskeyi</i> *	1		Indigène	Ubiquiste	OBL	3	5	2	4	3
<i>Vitis riparia</i>		1	Indigène	Sud	FACH	2	4	4	4	1

^a Nomenclature proposée par VASCAN (Brouillet et collab. 2010+); L'astérisque (*) indique les espèces qui ont été récoltées en 1979 dans la région de Montréal pour stabiliser les abords du bassin.

^b OBL = Espèce presque exclusivement restreinte aux milieux humides; FACH = Espèce généralement restreinte aux milieux humides; FAC = Espèce qui peut être présente autant en milieux humides que terrestres; T = Espèce généralement restreinte aux milieux terrestres.

le mélèze laricin (*Larix laricina*), l'épinette noire (*Picea mariana*), le chèvrefeuille velu (*Lonicera villosa*), le myrique baumier (*Myrica gale*) et le framboisier sauvage (*Rubus idaeus* subsp. *strigosus*). Cette dernière espèce était d'ailleurs considérée comme envahissante en 1979 (A. Lapointe, communication personnelle). D'autre part, l'inventaire de 1979 indiquait la présence d'un tapis relativement continu de bryophytes composé notamment de sphaignes. Aucune sphaigne n'a été observée en 2014, ni aucune bryophyte autres que celles présentes sur le bois mort ou en décomposition et à la base des troncs d'arbres.

Un indice de dissimilarité de Sørensen de 0,88 a été obtenu pour la flore vasculaire, confirmant ainsi que des changements majeurs sont survenus dans la composition de la flore

au cours des 35 années d'existence de la tourbière reconstituée de l'île Notre-Dame. Ces changements sont principalement attribuables à une augmentation notable de la représentation des espèces exotiques, généralistes et méridionales (figure 2). En effet, alors qu'en 1979 les 56 espèces étaient toutes indigènes, 28 % de celles de 2014 (8/29) étaient exotiques. De même, la proportion d'espèces obligatoires des milieux humides est passée de 52 % en 1979 à seulement 3 % en 2014. Enfin, la proportion d'espèces associées au sud est passée de 2 % en 1979 à 72 % en 2014. En fait, la seule espèce associée au sud en 1979, soit l'iris versicolore (*Iris versicolor*), provenait du groupe d'espèces prélevées dans la région de Montréal et implantées sur le site pour stabiliser les abords de la tourbière. Il en est de même pour

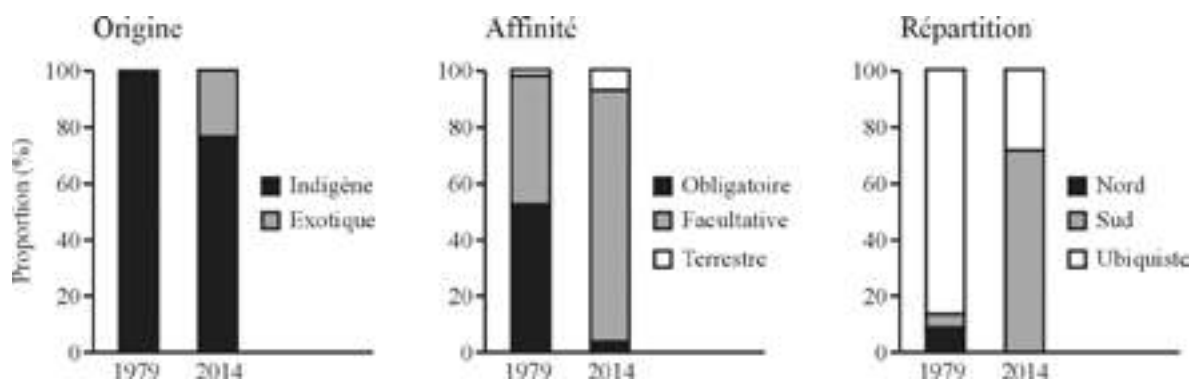


Figure 2. Répartition des espèces de la tourbière de l'île Notre-Dame entre 1979 (56 espèces) et 2014 (29 espèces) selon leur origine, leur affinité aux milieux humides et leur répartition au Québec.

la seule espèce associée aux écosystèmes terrestres (raisin d'ours : *Arctostaphylos uva-ursi*) présente dans la tourbière en 1979.

Bien qu'aucune donnée sur le recouvrement des espèces ne fût disponible en 1979, il est néanmoins intéressant ici de faire quelques constats sur l'abondance des espèces en 2014. D'abord, l'espèce qui est maintenant, et de loin, la plus abondante est le roseau commun (*Phragmites australis* subsp. *australis*), avec un recouvrement moyen 87 % dans tous les transects d'échantillonnage (tableau 3). Il s'agit d'une espèce introduite considérée comme envahissante des milieux humides en Amérique du Nord (Le groupe Phragmites, 2012). Le bouleau gris (*Betula populifolia*), une espèce typique des tourbières perturbées (Lavoie et Saint-Louis, 1999), s'est également bien établi. Parmi les espèces qui avaient un recouvrement moyen supérieur à 10 % dans au moins 1 des transects, 4 sont exotiques, soit l'érable à giguère (*Acer negundo*), le nerprun bourdaine (*Frangula alnus*), la vigne vierge à cinq folioles (*Parthenocissus quinquefolia*) et le roseau commun. Le myrique baumier, une des 5 espèces s'étant maintenue sur le site depuis 1979, avait un recouvrement moyen de 38 % dans 3 des 7 transects.

En ce qui concerne les traits fonctionnels des espèces, des changements majeurs ont été observés entre les besoins des espèces présentes en 1979 et ceux des espèces présentes en 2014. Ainsi, les besoins moyens en acidité et en humidité dans le substrat ainsi qu'en lumière ont significativement

diminué (figure 3). En ce qui concerne l'acidité, nous avons d'ailleurs observé une augmentation notable du pH du sol. En effet, en 1979, le pH variait entre 3,8 et 4,2, alors qu'il se situait entre 4,5 et 5,5 en 2014. D'autre part, bien que nous n'ayons pas de données sur l'ouverture de la canopée en 1979, la comparaison des photos prises lors de l'inauguration de la tourbière et au cours de l'été 2014 montre que le site était autrefois très ouvert alors qu'il est maintenant beaucoup plus boisé, bien que caractérisé par la présence d'ouvertures herbacées dans la partie centrale (figures 4 et 5). Sur ces mêmes photos, nous observons que les mares présentes en 1979 ont aujourd'hui complètement disparu, ce qui témoigne de l'assèchement du site (figures 4 et 5). En revanche, les besoins moyens en nutriments des espèces présentes sur le site en 2014 ont significativement augmenté (figure 3). Ainsi, la flore de 1979 était plutôt de type oligotrophile, alors qu'elle est maintenant plutôt de type mésotrophile. Enfin, aucune différence significative n'a été observée dans les besoins en matière organique.

Discussion

Cette étude montre clairement que la flore de la tourbière recréée à l'île Notre-Dame s'est profondément transformée au cours des 35 dernières années. En effet, la flore de la tourbière est maintenant beaucoup plus pauvre en espèces



Jardin botanique de Montréal

Figure 4. Tourbière de l'île Notre-Dame peu de temps après sa mise en place en 1979.



Vincent Arricastres

Figure 5. Tourbière de l'île Notre-Dame en 2014.

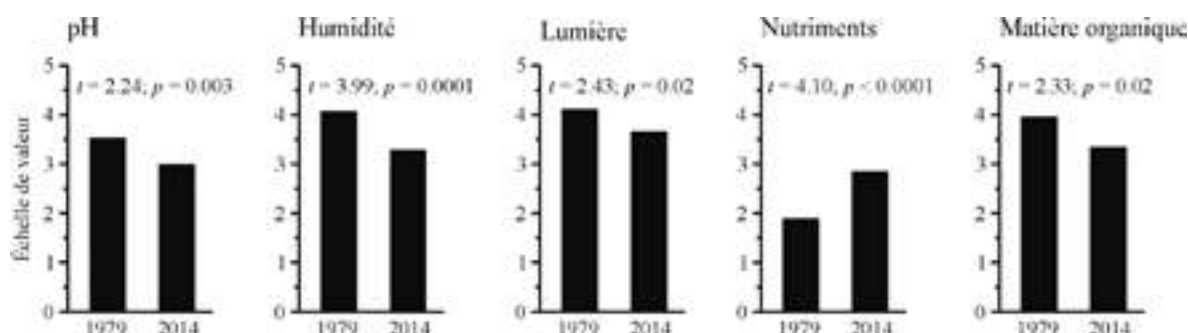


Figure 3. Valeur moyenne des différents traits fonctionnels des plantes étudiées. (Voir le tableau 1 pour les échelles de valeurs de chacun des traits.)

Tableau 3. Recouvrement moyen (%) des espèces identifiées dans la tourbière de l'île Notre-Dame à l'été 2014.

Transects	1	2	3	4	5	6	7
<i>Acer negundo</i>	0	0	0	0	0	17,5	17,5
<i>Acer platanoides</i>	0,5	0	0	0,5	0	0	0,5
<i>Acer rubrum</i>	0	0	0	0,5	0	3	0
<i>Acer spicatum</i>	3	0	0	0	0	0	0
<i>Betula populifolia</i>	3	17,5	17,5	0,5	17,5	38	17,5
<i>Cornus stolonifera</i>	17,5	3	0	0	17,5	17,5	17,5
<i>Dryopteris carthusiana</i>	17,5	3	0	0,5	0,5	0	0,5
<i>Epipactis helleborine</i>	0	0	0,5	0	0	0	0,5
<i>Frangula alnus</i>	0	0	17,5	0	17,5	0	0,5
<i>Fraxinus pennsylvanica</i>	0	0,5	0	0	0	0	0
<i>Larix laricina</i>	0	0	0,5	38	17,5	0,5	0
<i>Lonicera villosa</i>	0	3	0	0	0	3	3
<i>Lythrum salicaria</i>	0	0	0,5	0	0	3	0
<i>Myrica gale</i>	38	38	38	3	3	0	0
<i>Onoclea sensibilis</i>	3	0,5	0,5	3	0	0	0
<i>Osmunda regalis</i> var. <i>spectabilis</i>	3	0	0	0	0	3	0
<i>Parthenocissus quinquefolia</i>	0	0	0	0	17,5	0	0
<i>Phragmites australis</i> subsp. <i>australis</i>	87,5	87,5	87,5	87,5	87,5	87,5	87,5
<i>Picea mariana</i>	0	0	3	0	0	0	17,5
<i>Pinus resinosa</i>	0	0	0	0,5	3	0	0
<i>Prunus pensylvanica</i>	0	0	17,5	3	0,5	0	17,5
<i>Prunus serotina</i>	0	0	0	0	0	3	0
<i>Rhus typhina</i>	0	0	0	0	0	0	0,5
<i>Rubus allegheniensis</i>	0	0	0	0	0	0	0,5
<i>Rubus idaeus</i> subsp. <i>strigosus</i>	0	0	0	0	0	17,5	0
<i>Solanum dulcamara</i>	3	0	0	3	0,5	3	3
<i>Spiraea alba</i>	3	0	0	0	0	17,5	17,5
<i>Viburnum opulus</i> subsp. <i>trilobum</i>	0	0	0	0	0	3	0
<i>Vitis riparia</i>	38	3	3	0	17,5	17,5	0

qu'en 1979 et très différente en composition. Les changements de composition sont principalement attribuables à la perte d'espèces obligatoires aux milieux humides et au gain d'espèces généralistes, dont plusieurs sont exotiques. Cela suggère que la flore de la tourbière s'est homogénéisée avec celle des habitats terrestres environnants. Toutefois, le site peut encore aujourd'hui être considéré comme un milieu humide, étant toujours dominé par des espèces hygrophytes (p. ex. : roseau commun, myrique baumier). Les milieux humides étant très rares dans la région montréalaise, la tourbière de l'île Notre-Dame revêt donc encore, malgré les changements observés, un intérêt pour la biodiversité locale. D'autre part, la proportion d'espèces associées au Québec méridional a décuplé depuis 1979. Bien que la flore des tourbières diffère généralement peu entre les régions boréales et tempérées, les conditions hydrogéoclimatiques de la région de la baie James contrastent

fortement avec celles de Montréal, rendant ainsi peu probable la survie à long terme des individus implantés sans gestion active.

Globalement, les changements observés dans la tourbière de l'île Notre-Dame suggèrent que le substrat organique s'est asséché et enrichi au cours des 35 dernières années. Cela est d'ailleurs confirmé par l'analyse des traits fonctionnels qui a montré, entre autres, que les besoins des espèces en humidité et en matière organique dans le substrat avaient significativement diminué depuis 1979. L'assèchement et l'enrichissement des dépôts sont d'ailleurs souvent identifiés comme facteurs favorisant la croissance des arbres et des espèces généralistes au détriment des sphaignes et autres espèces ombrotrophes dans les tourbières isolées au sein de paysages humanisés (Pellerin et Lavoie, 2003; Gunnarsson et collab., 2004).

L'île Notre-Dame est une île artificielle qui fut construite à partir des matériaux d'excavation du métro de Montréal. Elle

est ainsi constituée d'une accumulation de roches calcaires concassées très perméables et peu propices à la formation et au maintien d'un milieu humide. Dans un tel contexte, l'étanchéité du bassin d'accueil des blocs de tourbe revêtait une importance cruciale. Toutefois, il semble que cette étanchéité était déficiente dès le départ, puisque de l'eau devait être ajoutée régulièrement au bassin pour maintenir l'humidité. Les blocs de tourbe (d'une épaisseur maximale de 50 cm) étaient aussi probablement trop minces pour permettre le maintien des conditions humides sans apports d'eau fréquents. L'assèchement du site a sans doute accéléré la décomposition de la matière organique (Prévost et collab., 1997) et entraîné des changements dans la composition physicochimique du sol (Holden et collab., 2004), ce qui pourrait expliquer en partie la hausse de pH observée. L'enrichissement du site et la baisse de son niveau d'acidité sont aussi probablement liés à l'ajout d'eau du fleuve au cours des premières années. Un apport en eau de ruissellement en provenance des parterres environnants et le dépôt de poussières et de particules atmosphériques liées aux activités humaines environnantes sont aussi probablement en cause. D'ailleurs, la taille de la tourbière n'était probablement pas suffisante pour contrer les effets du paysage humanisé environnant. En effet, le taux de succès des travaux de création ou de restauration de milieux humides est généralement peu élevé dans les sites de moins de 100 ha (Moreno-Mateos et collab., 2012).

Conclusion

La tourbière de l'île Notre-Dame est née d'un projet ambitieux visant à présenter un microcosme d'un écosystème tourbeux aux visiteurs des Florales de 1980. Ce projet a été réalisé bien avant l'apparition du concept de compensation en matière de milieux humides. Néanmoins, quelques leçons peuvent être tirées de cette expérience, notamment dans un contexte où les exemples de compensation à long terme de milieux humides, outre en matière de restauration des tourbières, sont quasi inexistantes au Québec. Aussi, le projet de la tourbière de l'île Notre-Dame étant assez similaire à la majorité des projets de compensation réalisés en Amérique du Nord en matière de travaux de maintien, des suivis et d'abandon (Matthews et Endress, 2008), il est réaliste de penser que les résultats auraient été assez similaires si l'objectif d'origine avait été la compensation.

D'abord, nous croyons que tout projet de translocation ou de création devrait être réalisé à proximité des sites détruits de façon à minimiser les différences hydrogéoclimatiques pouvant réduire le succès du projet à long terme. Ensuite, le site d'accueil devrait être minutieusement choisi pour sa capacité à accumuler l'eau (étanchéité du sol), même si un bassin étanche est prévu. L'écosystème créé devrait aussi être d'une taille suffisante (au moins 100 ha selon l'étude de Moreno-Mateos et collab., 2012) pour permettre la mise en place de processus écologiques et de populations viables typiques des milieux humides. Il faudrait également prévoir une zone tampon pour minimiser l'impact des activités humaines présentes dans le paysage environnant. Bien que les données soient manquantes

sur la taille idéale d'une telle zone, certains suggèrent qu'elle devrait être d'au moins 120 m de largeur pour contrer les effets du drainage sur les plantes (Poulin et collab., 1999) et même jusqu'à 2 000 m pour le maintien d'une biodiversité animale typique (Findlay et Houlihan, 1997). Enfin, ce genre de projet devrait être basé sur des objectifs clairs, accompagnés d'indicateurs de performance mesurables et d'un plan de gestion à long terme, couvrant idéalement plus de 10 ans, afin de s'assurer de l'atteinte des objectifs et éventuellement de mettre en place des actions (p. ex. : maîtrise des espèces envahissantes, réensemencement de sphaignes ou d'autres espèces tourbicoles) advenant l'établissement de conditions indésirables (Matthews et Endress, 2008).

Remerciements

Les auteurs remercient André Lapointe pour les informations fournies sur les travaux de création et d'inventaires en 1979, Jean-Sébastien Mignot pour son aide lors des inventaires floristiques, le Jardin botanique de Montréal pour les images d'archives, la Société du parc Jean-Drapeau pour avoir autorisé l'accès à la tourbière ainsi que Daniel Lachance et un réviseur anonyme pour leurs commentaires sur une version précédente de l'article. ◀

Références

- BAZOGÉ, A., D. LACHANCE et C. VILLENEUVE, 2014. Identification et délimitation des milieux humides du Québec méridional. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction de l'écologie et de la conservation et Direction des politiques de l'eau, Québec, 64 p.
- BROUILLET, L., F. COURSOL, S.J. MEADES, M. FAVREAU, M. ANIONS, P. BÉLISLE et P. DESMET, 2010+. VASCAN, la Base de données des plantes vasculaires du Canada. Disponible en ligne à : <http://data.canadensys.net/vascan/>. [Visité le 14-08-10].
- BURNS, R.M. et B.H. HONKALA, 1990. Silvics of North America. Volume 2, Hardwoods. Agriculture Handbook 654, USDA Forest Service, Washington, 877 p.
- CANADENSYS, 2014. Canadensys explorateur. Disponible en ligne à : <http://data.canadensys.net/explorer/fr/rechercher>. [Visité le 14-10-03].
- DESROCHERS, A. et G.J. VAN DUINEN, 2006. Peatland fauna. Dans : WIEDER, R.K. et D.H. VITT (édit.). Boreal peatland ecosystems. Springer-Verlag, Heidelberg, p. 67-100.
- FINDLAY, C.S. et J. HOULAHAN, 1997. Anthropogenic correlates of species richness in southeastern Ontario wetlands. *Conservation Biology*, 11 : 1000-1009.
- GBIF, 2014. The Global Biodiversity Information Facility. Disponible en ligne à : <http://www.gbif.org/species>. [Visité le 14-10-03].
- GOUTIER, H., 1980. De la Baie-James à l'île Notre-Dame... Carnet de route d'une tourbière. *Bulletin de la SAJIB*, 5 : 10-14.
- GUNNARSSON, U., G. GRANBERG et M. NILSSON, 2004. Growth, production and interspecific competition in *Sphagnum*: Effects of temperature, nitrogen and sulfur treatments on a boreal mire. *New Phytologist*, 163 : 349-359.
- HOLDEN, J., P.J. CHAPMAN et J.C. LABADZ, 2004. Artificial drainage of peatlands: Hydrological and hydrochemical process and wetland restoration. *Progress in Physical Geography*, 28 : 95-123.
- JOLY, M., S. PRIMEAU, M. SAGERET et A. BAZOGÉ, 2008. Guide d'élaboration d'un plan de conservation des milieux humides. 1^{re} édition. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Québec, 68 p.
- KETCHESON, S.J. et J.S. PRICE, 2011. The impact of peatland restoration on the site hydrology of an abandoned block-cut bog. *Wetlands*, 31 : 1263-1274.

- LAVALLÉE, S., 2013. Analyse de l'état actuel du droit et recommandations en vue de l'adoption d'une loi sur la conservation et la gestion durable des milieux humides. Rapport déposé au ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, Direction du patrimoine écologique et du développement durable, Québec, 71 p.
- LAVOIE, C. et A. SAINT-LOUIS, 1999. The spread of gray birch (*Betula populifolia*) in eastern Quebec: Landscape and historical considerations. *Canadian Journal of Botany*, 77 : 859-868.
- LAVOIE, C., A. SAINT-LOUIS, G. GUAY et E. GROENEVELD, 2012. Les plantes vasculaires exotiques naturalisées : une nouvelle liste pour le Québec. *Le Naturaliste canadien*, 136 (3) : 6-32.
- Le groupe Phragmites, 2012. Le roseau envahisseur : la dynamique, l'impact et le contrôle d'une invasion d'envergure. *Le Naturaliste canadien*, 136 (3) : 33-39.
- MARIE-VICTORIN, 1995. Flore laurentienne. 3^e édition. Presses de l'Université de Montréal, Montréal, 1083 p.
- MDDEP, 2012. Les milieux humides et l'autorisation environnementale. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Québec, 41 p.
- MRNFO, 2014. L'Atlas des arbres. Disponibles en ligne à : <http://www.ontario.ca/fr/environment-and-energy/tree-atlas>. [Visité le 14-07-15].
- MORENO-MATEOS, D., M.E. POWER, F.A. COMIN et R. YOCTENG, 2012. Structural and functional loss in restored wetland ecosystems. *PLOS Biology*, 10 : e1001247.
- PELLERIN, S. et C. LAVOIE, 2003. Reconstructing the recent dynamics of mires using a multitechnique approach. *Journal of Ecology*, 91 : 1008-1021.
- PELLERIN, S. et M. POULIN, 2013. Analyse de la situation des milieux humides au Québec et recommandations à des fins de conservation et de gestion durable. Rapport déposé au ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, Direction du patrimoine écologique et du développement durable, Québec, 104 p.
- POULIN, M., L. ROCHEFORT et A. DESROCHERS, 1999. Conservation of bog plant species assemblages: Assessing the role of natural remnants in mined sites. *Applied Vegetation Science*, 2 : 169-180.
- POULIN, M., R. ANDERSEN et L. ROCHEFORT, 2012. A new approach for tracking vegetation change after restoration: A case study with peatlands. *Restoration Ecology*, 21 : 363-371.
- PRÉVOST, M., P. BELLEAU et A.P. PLAMONDON, 1997. Substrate conditions in a treed peatland: Response to drainage. *Écoscience*, 4 : 543-554.
- ROCHEFORT, L., 2000. *Sphagnum* – a keystone genus in habitat restoration. *The Bryologist*, 103 : 503-508.
- SØRENSEN, T.A., 1948. A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content, and its application to analyses of the vegetation on Danish commons. *Biologiske Skrifter*, 5 : 1-34.
- SUDOL, M.F. et R.F. AMBROSE, 2002. The US Clear Water Act and habitat replacement: Evaluation of mitigation sites in Orange County, California, USA. *Environmental Management*, 30 : 727-734.
- TELA BOTANICA, 2014. Base de données des fiches plantes, section écologie. Disponible en ligne à : <http://www.tela-botanica.org/bdtfx>. [Visité le 14-07-15].
- TISCHEW, S., A. BAASCH, M.K. CONRAD et A. KIRMER, 2010. Evaluating restoration success of frequently implemented compensation measures: Results and demands for control procedures. *Restoration Ecology*, 18 : 467-480.
- USDA, 2014. Fire Effects Information System. Disponible en ligne à : <http://www.fs.fed.us/database/feis>. [Visité le 14-10-03].
- USDA et NRCS, 2014. The PLANTS Database. Disponible en ligne à : <http://plants.usda.gov>. [Visité le 14-08-10].
- U.S Forest Service, 2014. Silvics of North America. Disponible en ligne à : http://www.na.fs.fed.us/spfo/pubs/silvics_manual/table_of_contents.htm. [Visité le 14-10-03].

La faune, notre mission, notre passion.

Depuis 1987, la Fondation de la faune a soutenu plus de 4 700 projets visant à protéger, améliorer et valoriser des milieux naturels essentiels à la faune dans toutes les régions du Québec : un investissement de 68 millions de dollars pour la biodiversité du Québec !

➤ Consultez nos programmes d'aide : fondationdelafaune.qc.ca



Effet du chaulage sur la survie et la reproduction de 3 espèces de vers de terre exotiques potentiellement envahissantes dans les érablières du Québec

Jean-David Moore, Rock Ouimet et Patrick Bolhen

Résumé

Au cours des dernières décennies, des vers de terre exotiques ont colonisé les sols dans plusieurs forêts de l'Amérique du Nord. L'acidité des sols et la rigueur du climat pourraient avoir limité leur colonisation dans certaines forêts tempérées de feuillus. Cependant, le réchauffement climatique et l'utilisation de plus en plus fréquente du chaulage pour contrer le dépérissement des érablières pourraient rendre ces sites plus vulnérables à la colonisation par les vers de terre. Par des expériences sur le terrain et en laboratoire, nous avons évalué la capacité de survie et de reproduction de 3 espèces de vers de terre exotiques dans des sols chaulés (pH de 5,0 à 5,6) et non chaulés (pH ~ 4,0) d'une érablière au sol acide située au nord de l'aire de répartition des érablières au Québec. L'amélioration des caractéristiques du sol par le chaulage a positivement influencé le degré d'activité, la survie et la reproduction de *Lumbricus terrestris* et d'*Aporrectodea caliginosa*, 2 espèces d'origine européenne établies en Amérique du Nord. Par contre, l'acidité du sol non chaulé ne semble pas favorable à la colonisation par *Lumbricus terrestris*, mais pourrait ne pas limiter *Aporrectodea caliginosa*. Par ailleurs, nos observations indiquent qu'*Amyntas hawayanus*, une espèce d'origine asiatique établie aux États-Unis, était très active durant la saison estivale et automnale, autant dans le sol acide que chaulé, mais n'avait pas réussi à compléter son cycle de vie avant l'hiver. À la lumière de ces résultats, il semble donc probable que certaines espèces de vers de terre, telles qu'*Aporrectodea caliginosa* et *Lumbricus terrestris*, puissent coloniser certaines érablières chaulées au cours des prochaines décennies. Selon des études récentes, cette colonisation par les vers de terre pourrait nuire à l'intégrité écologique de ces érablières.

MOTS CLÉS : *Amyntas hawayanus*, *Aporrectodea caliginosa*, colonisation, forêt, *Lumbricus terrestris*

Abstract

Over the last few decades, it has been shown that exotic earthworms have colonized forest soils in several parts of North America. To date, the more acidic soils and a harsher climate may have prevented their invasion of certain northern hardwood stands. Climatic change and the increasing use of liming to counter sugar maple dieback could, however, make these sites more vulnerable to colonization. Field and laboratory experiments were conducted to evaluate the survival and reproduction of 3 exotic earthworm species in unamended and lime-amended acidic soil from a sugar maple stand located at the northern limit of the distribution range of the northern hardwood forest in Québec. Liming positively improved those soil parameters beneficial to earthworms, and consequently increased the level of activity, survival and reproductive output of *Aporrectodea caliginosa* and *Lumbricus terrestris*, 2 European species established in North America. By contrast, although the high acidity (pH ~ 4) of the untreated soil did not appear to limit *A. caliginosa*, it was not suitable for *L. terrestris*. Finally, even though *Amyntas hawayanus*, an Asian species established in the United States, was very active during the summer and fall, irrespective of whether the soil was amended or not, it was not able to complete its life cycle before the onset of winter. In light of these findings, it seems likely that over the coming decades some earthworm species, such as *A. caliginosa* and *L. terrestris*, may colonize limed sugar maple stands. According to recent studies, this could negatively affect the ecological integrity of the affected stands.

KEYWORDS: *Amyntas hawayanus*, *Aporrectodea caliginosa*, colonization, forest, *Lumbricus terrestris*.

Introduction

Historiquement, les vers de terre étaient considérés comme bénéfiques pour les écosystèmes dans lesquels ils vivaient. Toutefois, on s'inquiète de plus en plus des effets de la colonisation par les vers de terre des écosystèmes forestiers. Ce phénomène peut affecter l'intégrité des écosystèmes en modifiant directement ou indirectement leurs composantes, comme la diversité biologique (Gundale, 2002; Hale et collab., 2006; Holdsworth et collab., 2007; Maerz et collab., 2009; Loss et Blair, 2011) et la dynamique forestière (Eisenhauer et collab., 2009; Nuzzo et collab., 2009; Larson et collab., 2010). Selon Sutherland

et collab. (2011), la colonisation des forêts par les vers de terre est l'un des phénomènes émergents les plus préoccupants pour la conservation de la biodiversité forestière en Amérique du Nord.

Jean-David Moore et Rock Ouimet sont ingénieurs forestiers et chercheurs scientifiques à la Direction de la recherche forestière du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec, alors que Patrick Bolhen est biologiste et professeur de biologie à l'University of Central Florida.

jean-david.moore@mffp.gouv.qc.ca

Par ailleurs, la densité, la diversité et le taux de survie des vers de terre sont généralement faibles dans les sols acides (Curry, 1998; Rusek et Marshall, 2000). Bien que certaines espèces puissent survivre dans de tels sols (Rusek et Marshall, 2000; Moore et collab., 2009), la plupart des cas de colonisation par les vers de terre causant des changements à l'écosystème étaient l'œuvre de vers intolérants à l'acidité du sol, tels que *Lumbricus terrestris* (Hale et collab., 2006; Suárez et collab., 2006; Tiunov et collab., 2006). La forte acidité du sol a donc pu empêcher la colonisation, par les vers de terre exotiques, des écosystèmes forestiers aux sols acides (Addison, 2009; Bernard et collab., 2009), comme ceux que l'on trouve au Québec.

Le chaulage, un traitement qui permet d'augmenter le pH et le contenu en cations basiques (principalement le calcium) des sols, est de plus en plus utilisé dans les érablières aux sols acides et peu fertiles du nord-est de l'Amérique du Nord, particulièrement au Québec. En corrigeant les carences nutritionnelles de l'érable à sucre (*Acer saccharum*), ce traitement permet d'améliorer la vigueur et ultimement la croissance des arbres (Long et collab., 2011; Moore et collab., 2012). Au Québec, les vers de terre sont habituellement absents de ce type d'érablières, probablement en raison des conditions acides des sols. De nombreuses études ont toutefois rapporté une augmentation de l'abondance et de l'activité des vers de terre à la suite du chaulage (voir Moore et collab., 2013 pour une synthèse de la littérature), ce qui laisse croire que les érablières ainsi chaulées pourraient éventuellement être colonisées par les vers de terre.

Étant donné leur éradication provoquée par la dernière période glaciaire, les vers de terre indigènes sont rares dans les forêts du nord-est de l'Amérique du Nord (Gates, 1976; Reynolds, 1995). Cependant, des vers de terre d'origine européenne, tels que *Lumbricus terrestris* et *Aporrectodea caliginosa*, ont colonisé plusieurs sols forestiers à la suite de l'immigration européenne (Gates, 1982; Hale et collab., 2006). La colonisation du nord-est américain par des vers asiatiques du genre *Amyntas* est un phénomène beaucoup plus récent que celle par les vers européens (Bernard et collab., 2009; Greiner et collab., 2012). Les caractéristiques des vers asiatiques et leur présence dans les milieux forestiers et urbains des États du nord-est américain laissent présager que la colonisation de certaines forêts canadiennes par ces vers n'est qu'une question de temps. Toutefois, les vers de terre asiatiques ne se rencontrent

habituellement pas aussi loin au nord que les espèces européennes, ce qui laisse croire que des considérations climatiques pourraient limiter leur propagation (Moore et collab., 2013).

L'objectif de cette étude était d'évaluer l'effet du chaulage du sol acide d'une érablière sur la survie et la reproduction de 3 espèces de vers de terre exotiques. Une partie de l'étude a été réalisée dans une érablière située au nord de l'aire de répartition de l'érable à sucre alors qu'une autre partie a été faite en laboratoire. Nous avons testé l'hypothèse qu'une augmentation du pH du sol par le chaulage permettrait à 2 espèces d'origine européenne de survivre et de se reproduire, mais que les températures froides prévalant dans l'érablière à l'étude empêcheraient la survie de l'espèce d'origine asiatique.

Aires d'étude, méthodes et vers de terre utilisés

L'expérience en milieu forestier a été effectuée dans une érablière de la Station forestière de Duchesnay, située à environ 50 km de la ville de Québec (figure 1; 46° 57' N., 71° 40' O.; altitude: 350 m). Les précipitations et la température annuelles moyennes sont respectivement de 1 200 mm et 4,3° C. Le pH de l'humus et du sol minéral dans cette érablière est considéré très acide. Le dispositif expérimental était composé de 4 blocs de 12 microcosmes (figure 2), pour un total de 48 unités expérimentales. Les microcosmes d'une capacité de 50 litres (diamètre intérieur: 29 cm; profondeur: 50 cm) ont été remplis avec du sol de l'érablière. De la chaux dolomitique a été ajoutée à une dose de 45 tonnes par hectare à la moitié de ces unités pour élever le pH à 5,6 (pH du sol non chaulé (témoin) = 4,1). Cinq vers de terre (*Lumbricus terrestris* ou *Amyntas Hawayanus*) ont été introduits dans chacun des microcosmes (témoins et chaulés) en juin 1997. Les microcosmes ont été démontés un

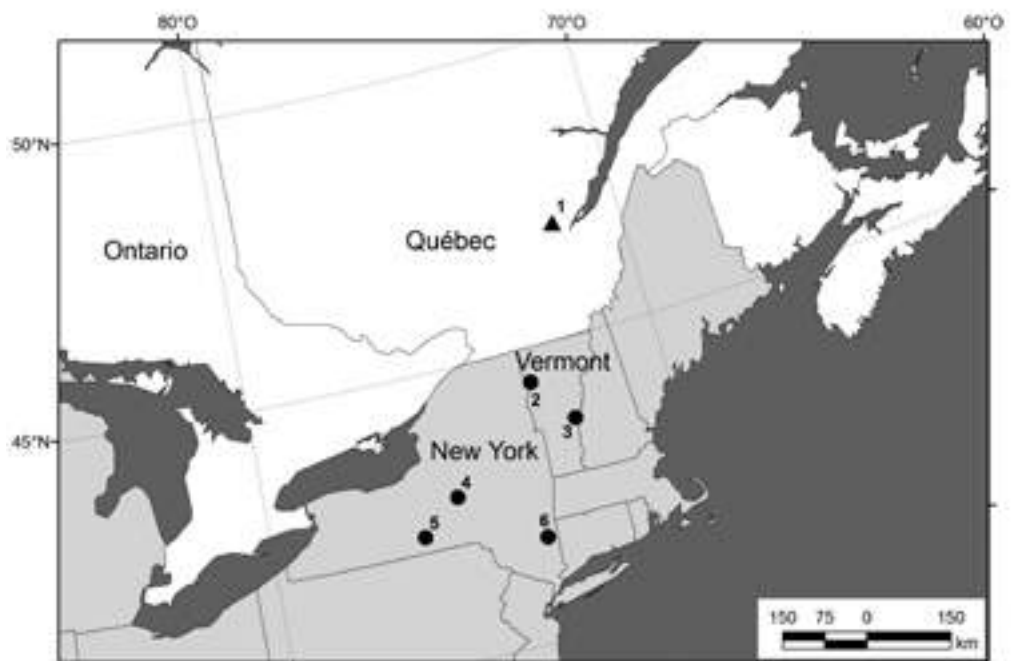


Figure 1. Emplacement de la Station forestière de Duchesnay (triangle noir) ainsi que celui de certains sites (ronds noirs) où le genre *Amyntas* a été observé dans le nord-est de l'Amérique du Nord.



Figure 2. Photo du dispositif, Station forestière de Duchesnay, Québec.

an plus tard, en juin 1998. Le sol a été minutieusement examiné afin de prélever les vers de terre adultes et juvéniles, ainsi que les cocons qui s'y trouvaient. Des analyses chimiques ont été effectuées sur les différents horizons du sol. Pour plus de détails sur la méthodologie, voir Moore et collab. (2013).

Pour l'expérience en laboratoire, le sol de la même érablière a servi pour remplir les microcosmes (contenants rectangulaires en plexiglas de 15 cm de largeur × 15 cm de longueur × 25 cm de hauteur). Le dispositif expérimental était constitué de 3 degrés d'acidité du sol (témoin: pH = 4,1, chaulé: pH = 5,0 et 5,6), chacun avec 5 répétitions. Les sols des microcosmes traités avaient préalablement été chaulés pour élever leur pH. Par la suite, en juin 1997, 10 individus *Aporrectodea caliginosa* adultes ont été introduits dans chacun des contenants. Dans chaque contenant, la biomasse initiale des 10 vers a été mesurée. L'ouverture supérieure de chaque contenant a été recouverte d'une moustiquaire afin d'éviter que les vers ne s'échappent. Les contenants ont été placés dans une chambre de croissance durant 6 mois, à une température constante de 15°C. Un léger arrosage a été réalisé toutes les semaines pour conserver une humidité adéquate à l'activité des vers de terre. L'uniformité de l'arrosage était vérifiée en fonction du poids initial des microcosmes, en même temps qu'une rotation des microcosmes à l'intérieur de la chambre de croissance. À la fin de l'expérience (décembre 1997), la biomasse des vers introduits initialement ainsi que celle des juvéniles et des cocons ont également été mesurées.

Les données de biomasse des vers de terre ont été analysées avec un modèle linéaire mixte (l'effet des blocs a été considéré comme aléatoire), tandis que le nombre de vers à la fin de l'expérience a été analysé à l'aide du modèle linéaire généralisé (glm). Dans les 2 cas, les blocs ont été considérés comme un facteur aléatoire. Le poids initial des vers de chacun des microcosmes a servi de covariable dans le cas des analyses de biomasse. La normalité des données et l'homogénéité de la variance ont été vérifiées graphiquement.

Les vers de terre peuvent généralement être classés en 3 différents groupes écologiques: a) les espèces épigées sont des vers de petite taille (< 5,5 cm) qui vivent dans les horizons riches en matière organique à la surface du sol; b) les espèces endogées, comme le genre *Aporrectodea*, sont des vers de taille moyenne (de < 5,6 à 11,0 cm) qui consomment plus de matière minérale que les espèces épigées, et mélangent ensemble les horizons minéraux et organiques; c) les espèces anéciques, comme *Lumbricus terrestris*, sont des vers de grande taille (de 11,1 à 30 cm) qui creusent de profonds tunnels verticaux, s'alimentent principalement de la litière de surface, incorporent cette litière dans le sol et transportent à la surface des particules du sol minéral provenant d'horizons plus profonds.

Lumbricus terrestris est une espèce anécique, généralement très abondante dans les érablières « riches » du Canada et des États-Unis, et bien établie dans le sud du Québec (Léger et Millette, 1977; Reynolds et Reynolds, 1992; Coderre et collab., 1995). C'est le plus gros ver de terre que l'on peut rencontrer dans le nord-est de l'Amérique du Nord, pouvant atteindre 25 cm de longueur. Il est connu pour son efficacité à incorporer la litière au sol, et peut même faire disparaître en une seule saison les feuilles tombées au sol à l'automne (Staaf, 1987; Suárez et collab., 2006). Cette espèce est en grande partie responsable de la formation des humus forestiers de type « mull » (Edwards et Bohlen, 1996).

Comparativement aux vers européens établis dans le nord-est de l'Amérique du Nord, *Amyntas hawayanus* a un cycle de vie annuel. Au printemps, les vers émergent des cocons, atteignent leur maturité sexuelle durant l'été, se reproduisent, puis meurent à l'automne (Greiner et collab., 2012). Cette espèce épi-endogée (p. ex. Moore et collab., 2009) peut rapidement atteindre plus de 10 cm de longueur (Greiner et collab., 2012), a une diète très variée (Zhang et collab., 2010) et peut supporter de fortes densités de population (Hale, 2007).

Résultats et discussion

Réaction de *Lumbricus terrestris* et *Aporrectodea caliginosa* au chaulage

L'amélioration des caractéristiques du sol acide à Duchesnay par le chaulage, particulièrement l'augmentation de pH (de 4,1 dans les microcosmes témoins à 5,6 dans ceux chaulés), a positivement influencé le taux de survie (figure 3), de reproduction (28 juvéniles dans les sols chaulés, 0 dans les témoins) et de croissance en biomasse (figure 4) de *Lumbricus terrestris* dans cette érablière, comparativement au sol non chaulé. De plus, 4 mois après le début de l'expérience, la litière avait complètement disparu de la surface du sol des microcosmes chaulés. Des résultats similaires ont été observés en Europe pour cette espèce après des traitements de chaulage (Judas et collab., 1997; Ampoorter et collab., 2011). Les auteurs d'autres études ont observé la présence ou la colonisation par cette espèce dans des sols au pH supérieur à 4,5 (Langmaid, 1964; Nicholson et Owen, 1982; Eisenhauer et collab., 2007).

Les travaux réalisés en laboratoire ont aussi montré un effet positif du chaulage d'un sol d'érablière sur *Aporrectodea*

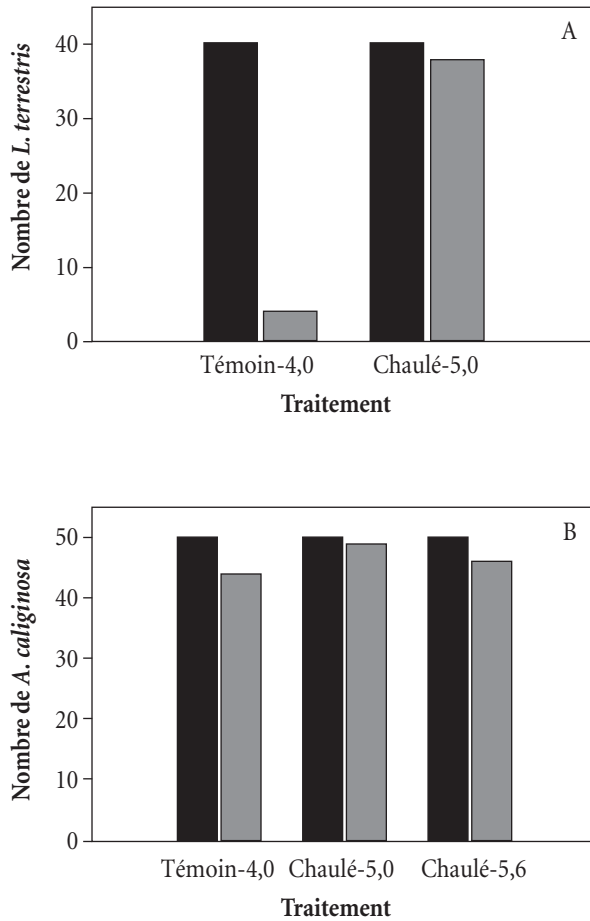


Figure 3. Nombre total d'adultes *Lumbricus terrestris* et *Aporrectodea caliginosa* avant (barres noires) et après (barres grises) le début du traitement de chaulage (selon le pH du sol), à la Station forestière de Duchesnay (A) et en laboratoire (B).

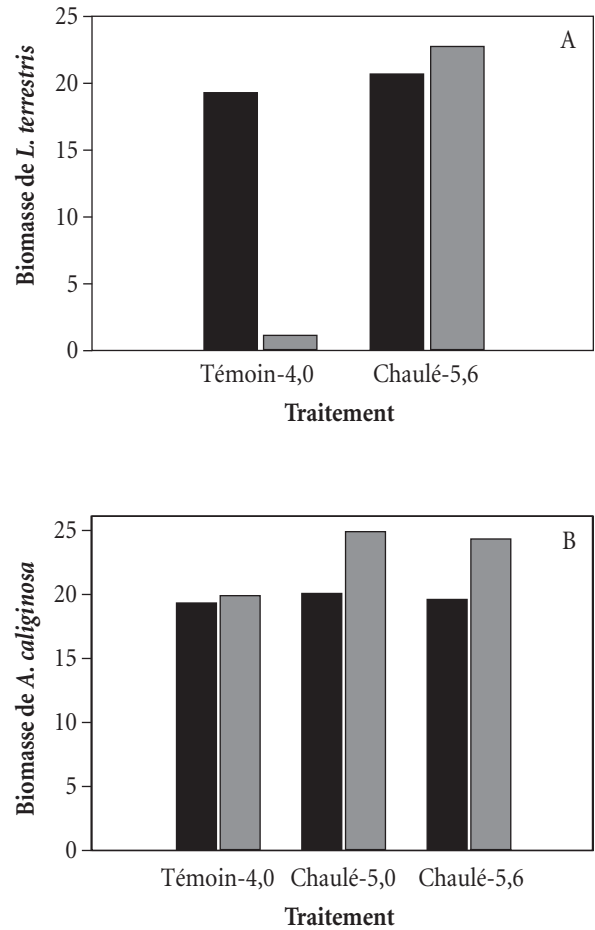


Figure 4. Biomasse totale (adultes, juvéniles, cocoons) de *Lumbricus terrestris* et d'*Aporrectodea caliginosa* avant (barres noires) et après (barres grises) le début du traitement de chaulage (selon le pH du sol), à la Station forestière de Duchesnay (A) et en laboratoire (B).

caliginosa (figure 3), une espèce aussi très commune au Québec. Dans ce cas également, l'augmentation de la biomasse a principalement été causée par l'augmentation du taux de reproduction dans les sols chaulés (40 juvéniles et cocoons dans les sols au pH de 5, et 57 dans ceux au pH de 5,6), comparativement aux témoins (16 juvéniles et cocoons dans les sols au pH de 4,1).

Ces résultats montrent que le chaulage augmente la susceptibilité des érablières à la colonisation par certaines espèces de vers de terre d'origine européenne, telles que *Aporrectodea caliginosa* et *Lumbricus terrestris*. Par contre, la forte mortalité (réduction de 90 % de la population) et l'absence de reproduction de *Lumbricus terrestris* dans les sols non chaulés montrent que les sols du secteur d'étude, dont le pH de surface est souvent inférieur à 4,0, ne sont pas favorables à cette espèce. Nos résultats confirment toutefois la tolérance de *Aporrectodea caliginosa* à l'acidité du sol (figure 3; Satchell, 1955; Bouché et collab., 1988).

Bien que les spécimens de *Lumbricus terrestris* étudiés aient survécu à l'hiver, ce résultat à court terme ne nous permet pas de conclure avec certitude que cette espèce peut survivre à long terme dans la région de Duchesnay. Des études réalisées ailleurs au Canada (Eisenhauer et collab., 2007; Moore et collab., 2009) et en Russie (Tiunov et collab., 2006) ont toutefois montré que des populations de *Lumbricus terrestris* peuvent être observées dans des régions plus froides que celle de Duchesnay. Ces observations, jumelées à celles des résultats de chaulage, tendent à démontrer que l'absence de *Lumbricus terrestris* dans cette région des Basses-Laurentides s'explique davantage par l'acidité du sol que par un climat trop rigoureux.

Réaction de *A. hawayanus* au chaulage et à la température

L'espèce *Amyntas hawayanus* a été très active au cours de la première saison de croissance, aussi bien dans les microcosmes chaulés que non chaulés de Duchesnay. À l'automne, presque

Tableau 1. Informations sur le climat du site d'étude de la Station forestière de Duchesnay et de certains sites où le genre *Amyntnhas* a été observé dans le nord-est de l'Amérique du Nord. Nombre de jours sans gel (médiane): $T > 0^{\circ}\text{C}$ ($T > 2^{\circ}\text{C}$); date de gel au sol (médiane): $T \leq 0^{\circ}\text{C}$; Température: min./max. mensuel = moyennes pour le mois le plus froid (min.) et le plus chaud (max.).

Numéro de site (voir figure 1)	Référence	Nombre de jours sans gel	Date de gel au sol (début-fin)	Température ($^{\circ}\text{C}$)	
				min./max. mensuel	Moyenne annuelle
1	Station forestière de Duchesnay	144 (123)	09/28-05/08*	-17,0/25,0	4
2	Görres et Melnichuck, 2012	147 (129)	10/03-05/08	-12,6/27,4	7
3	Görres et Melnichuck, 2012	115 (92)	09/20-05/08	-15,8/27,6	6
4	Bernard et collab., 2009	134 (104)	09/26-05/15	-12,9/25,5	9
5	Suárez et collab., 2006	160 (133)	10/09-05/01	-9,4/25,6	7
6	Burtelow et collab., 1998	142 (116)	09/30-05/09	-11,0/27,4	9

toute la litière avait été incorporée dans le sol. Cependant, aucun spécimen n'a été observé au printemps suivant.

À première vue, nos résultats tendent à démontrer que le climat hivernal qui prévaut à Duchesnay a joué un rôle majeur dans la mortalité de l'espèce. Cependant, nous croyons plutôt que 2 facteurs pourraient avoir empêché *Amyntnhas hawayanus* de compléter son cycle vital: 1) l'année au cours de laquelle l'expérience a été menée était plus froide, marquée par une saison de croissance plus courte que la normale (Moore et collab., 2013), et 2) l'introduction quelque peu tardive des vers dans les microcosmes, qui a amputé la période de croissance potentielle de 3 à 4 semaines, a pu empêcher *Amyntnhas hawayanus* d'atteindre sa maturité sexuelle et ainsi produire les cocons nécessaires à sa survie, ces derniers ayant la capacité de survivre à l'hiver. Notre hypothèse semble justifiée, compte tenu du fait que les données climatiques à Duchesnay ne sont pas si différentes de certaines régions frontalières américaines, où d'autres espèces d'*Amyntnhas* ont colonisé les sols (tableau 1). Par ailleurs, l'importante activité d'*Amyntnhas hawayanus*, à la fois dans les sols chaulés et non chaulés, laisse croire que cette espèce est plus tolérante à l'acidité du sol que l'est *Lumbricus terrestris*.

Conclusion

De nombreuses études ont fait état des conséquences potentiellement négatives de la colonisation des forêts par les vers de terre sur l'intégrité écologique de ces écosystèmes (voir Moore et collab., 2013 pour une synthèse de la littérature). Les vers de terre d'origine européenne sont déjà bien implantés dans l'est du Canada (Moore et collab., 2009; Reynolds, 2014). Toutefois, l'acidité des sols et la rigueur du climat ont probablement limité leur colonisation de certaines régions. L'utilisation croissante du chaulage dans les érablières (Moore et collab., 2012, 2015) ainsi que le réchauffement climatique pourraient cependant rendre plusieurs écosystèmes forestiers, autrefois dépourvus de vers de terre, propices à la colonisation par ces organismes. Des études supplémentaires en relation avec le climat sont toutefois nécessaires afin d'évaluer la capacité de colonisation par d'autres espèces, par exemple *Amyntnhas hawayanus*, dans les forêts canadiennes et québécoises.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier Benoît Toussaint et Jacques Martineau pour leur aide au montage des microcosmes, le personnel du laboratoire de chimie inorganique et organique du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs pour les analyses chimiques effectuées sur les sols, ainsi que Denise Tousignant pour la révision linguistique du manuscrit. ◀

Références

- ADDISON, J.A., 2009. Distribution and impacts of invasive earthworms in Canadian forest ecosystems. *Biological Invasions*, 11: 59-79.
- AMPOORTER, E., A. DE SCHRIJVER, P. DE FRENNE, M. HERMY et K. VERHEYEN, 2011. Experimental assessment of ecological restoration options for compacted forest soils. *Ecological Engineering*, 37: 1734-1746.
- BERNARD, M.J., M.A. NEATROUR et T.S. MCCAY, 2009. Influence of soil buffering capacity on earthworm growth, survival, and community composition in the Western Adirondacks and Central New York. *Northeastern Naturalist*, 16: 269-284.
- BOUCHÉ, M.B., J. HAIMI et V. HUTHA, 1988. Two earthworms taxa (Oligochaeta: Lumbricidae) new to Finland. *Memoranda Societatis pro fauna et flora Fennica*, 64: 65-67.
- CODERRE, D., D. GAGNON, S. TOUSIGNANT et G. BESSETTE, 1995. Earthworm populations in healthy and declining sugar maple forests. *Pedobiologia*, 39: 86-96.
- CURRY, J.P., 1998. Factors affecting earthworm abundance in soils. Dans: Edwards, C.A. (édit.). *Earthworm ecology*. St. Lucie Press, Boca Raton, p. 37-64.
- EDWARDS, C.A. et P.J. BOHLEN, 1996. *Biology and ecology of earthworms*. 3^e édition. Chapman and Hall, London, 426 p.
- EISENHAEUER, N., S. PARTSCH, D. PARKINSON et S. SCHEU, 2007. Invasion of a deciduous forest by earthworms: Changes in soil chemistry, microflora, microarthropods and vegetation. *Soil Biology and Biochemistry*, 39: 1099-1110.
- EISENHAEUER, N., S. STRAUBE, E.A. JOHNSON, D. PARKINSON et S. SCHEU, 2009. Exotic ecosystem engineers change the emergence of plants from the seedbank of a deciduous forest. *Ecosystems*, 12: 1008-1016.
- GATES, G.E., 1976. More on earthworm distribution in North America. *Proceedings of Biological Society of Washington*, 89: 467-476.
- GATES, G.E., 1982. Farewell to North American megadriles. *Megadrilogica*, 4: 77.
- GÖRRES, J.H. et R.D.S. MELNICHUK, 2012. Asian invasive earthworms of the genus *Amyntnhas* Kinberg in Vermont. *Northeastern Naturalist*, 19: 313-322.

- GREINER, H.G., D.R. KASHIAN et S.D. TIEGS, 2012. Impacts of invasive Asian (*Amyntas hilgendorfi*) and European (*Lumbricus rubellus*) earthworms in a North American temperate deciduous forest. *Biological Invasions*, 14 : 2017-2027.
- GUNDALE, M.J., 2002. Influence of exotic earthworms on the soil organic horizon and the rare fern *Botrychium mormo*. *Conservation Biology*, 16 : 1555-1561.
- HALE, C.M., 2007. Earthworms of the Great Lakes. Kollath & Stensaas Publishing, Duluth, 36 p.
- HALE, C.M., L.E. FRELICH et P.B. REICH, 2006. Changes in cold-temperate hardwood forest understory plant communities in response to invasion by European earthworms. *Ecology*, 87 : 1637-1649.
- HOLDSWORTH, A.R., L.E. FRELICH et P.B. REICH, 2007. Effects of earthworm invasion on plant species richness in northern hardwood forests. *Conservation Biology*, 21 : 997-1008.
- JUDAS, M., J. SCHAUERMANN et K.J. MEIWES, 1997. The inoculation of *Lumbricus terrestris* L. in an acidic spruce forest after liming and its influence on soil properties. *Soil Biology and Biochemistry*, 29 : 677-679.
- LANGMAID, K.K., 1964. Some effects of earthworm invasion in virgin podzols. *Canadian Journal of Soil Science*, 44 : 34-37.
- LARSON, E.R., K.F. KIPFMEULLER, C.M. HALLE, L.E. FRELICH et P.B. REICH, 2010. Tree rings detect earthworm invasions and their effects in northern hardwood forests. *Biological Invasions*, 12 : 1053-1066.
- LÉGER, R.G. et G.F.J. MILLETTE, 1977. Distribution écologique des vers de terre (Oligochaeta: Lumbricidae) dans la forêt du Morgan arboretum. *Le Naturaliste canadien*, 106 : 369-376.
- LONG, P.L., S.B. HORSLEY et T.J. HALL, 2011. Long-term impact of liming on growth and vigor of northern hardwoods. *Canadian Journal of Forest Research*, 41 : 1295-1307.
- LOSS, S.R. et R.B. BLAIR, 2011. Reduced density and nest survival of ground-nesting songbirds in relation to earthworm invasions in northern hardwood forests. *Conservation Biology*, 25 : 983-992.
- MAERZ, J.C., V.A. NUZZO et B. BLOSSEY, 2009. Declines in woodland salamander abundance associated with non-native earthworm and plant invasions. *Conservation Biology*, 23 : 975-981.
- MOORE, J.-D., R. OUIMET et J.W. REYNOLDS, 2009. Premières mentions de vers de terre dans trois écosystèmes forestiers du bouclier canadien, Québec, Canada. *Le Naturaliste canadien*, 133 (1) : 31-37.
- MOORE, J.-D., R. OUIMET et L. DUCHESNE, 2012. Soil and sugar maple response 15 years after dolomitic lime application. *Forest Ecology and Management*, 281 : 130-139.
- MOORE, J.-D., R. OUIMET et P. BOHLEN, 2013. Effects of liming on survival and reproduction of two potentially invasive earthworm species in a northern forest podzol. *Soil Biology Biochemistry*, 64 : 174-180.
- MOORE, J.-D., R. OUIMET, R. P. LONG et P. BUKAVECKAS, 2015. Ecological risks and benefits arising from the use of soil liming as a means of improving productivity of sugar maple forests in northeastern North America. *Environmental Review*. Sous presse. Doi : 10.1139/er-2014-0048
- NICHOLSON, C.P. et R.B. OWEN Jr., 1982. Earthworm abundance in selected forest habitats in Maine. *Megadrilogica*, 41 : 78-80.
- NUZZO, V., J.C. MAERZ et B. BLOSSEY, 2009. Earthworm invasion as the driving force behind plant invasion and community change in northeastern North American forests. *Conservation Biology*, 23 : 966-974.
- REYNOLDS, J.W., 1995. Status of exotic earthworm systematics and biogeography in North America. Dans : HENDRIX, P.F. (édit.). *Earthworm ecology and biogeography*. Lewis Publishers, Boca Raton, p. 1-28.
- REYNOLDS, J.W. et K.W. REYNOLDS, 1992. Les vers de terre (Oligochaeta: Lumbricidae et Sparganophilidae) sur la rive nord du Saint-Laurent (Québec). *Megadrilogica*, 4 : 145-161.
- REYNOLDS, J.W., 2014. A checklist by counties of earthworms (Oligochaeta: Lumbricidae and Sparganophilidae) in Québec, Canada. *Megadrilogica*, 17 : 73-103.
- RUSEK, J. et V.G. MARSHALL, 2000. Impacts of airborne pollutants on soil fauna. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 31 : 395-423.
- SATCHELL, J.E., 1955. Some aspects of earthworm ecology. Dans : MCEKEVAN, D.K. (édit.). *Soil zoology*. Butterworth, London, p. 102-202.
- STAUF, H., 1987. Foliage litter turnover and earthworm populations in three beech forests of contrasting soil and vegetation types. *Oecologia*, 72 : 58-64.
- SUÁREZ, E.R., T.J. FAHEY, J.B. YAVITT, P.M. GROFFMAN et P.J. BOHLEN, 2006. Patterns of litter disappearance in a northern hardwood forest invaded by exotic earthworms. *Ecological Applications*, 16 : 154-165.
- SUTHERLAND, W.J., S. BARDSLEY, L. BENNUN, M. CLOUT, I.M. COTE, M.H. DEPLEDGE, L.V. DICKS, A.P. DOBSON, L. FELLMAN, E. FLEISHMAN, D.W. GIBBONS, A.J. IMPEY, J.H. LAWTON, F. LICKORISH, D.B. LINDENMAYER, T.E. LOVEJOY, R. MAC NALLY, J. MADGWICK, L.S. PECK, J. PRETTY, S.V. PRIOR, K.H. REDFORD, J.P.W. SCHARLEMANN, M. SPALDING et A.R. WATKINSON, 2011. A horizon scan of global conservation issues for 2011. *Trends in Ecology and Evolution*, 26 : 10-16.
- TIUNOV, A.V., C.M. HALE, A.R. HOLDSWORTH et T.S. VSEVOLODOVA-PEREL, 2006. Invasion patterns of Lumbricidae into the previously earthworm-free areas of northeastern Europe and the western Great Lakes region of North America. *Biological Invasion*, 8 : 1223-1234.
- ZHANG, W., P.F. HENDRIX, B.A. SNYDER, M. MOLINA, J. LI, X. RAO, E. SIEMANN et S. FU, 2010. Dietary flexibility aids Asian earthworm invasion. *Ecology*, 91 : 2070-2079.

PARTENAIRE DES PROJETS DES

April **Tremblay**

Michaud

Desjardins
Caisse de l'Heritage des Basques

Siège social
80, rue Notre-Dame Ouest, Trois-Pistoles
TÉL : 418 851-2173 • 1 866 444-5033

Centres de services
• Rivière Trois-Pistoles
• Saint-Simon

Des nouvelles heures adaptées à vos besoins

2 PLACES D'AFFAIRES
1638, rue Notre-Dame
L'Ancienne-Lorette (Québec) G2E 3B6
1095, boulevard Pie-XI Nord
Québec (Québec) G3K 2S7

UN SEUL NUMÉRO : 418 872-1445
www.desjardins.com/carsce-piemont-laurentien

Facebook

Desjardins
Caisse populaire du Piémont Laurentien

* Le service du samedi est offert à la place d'affaires de Val-Bélair

Les libellules du lac des Atocas au parc national du Mont-Saint-Bruno : découverte d'une population de l'æschne des nénuphars au Québec

Alain Mochon

Résumé

Le groupe taxonomique des libellules (Insecta : Odonata) a fait l'objet, en 2012 et 2013, d'un inventaire soutenu au lac des Atocas, un milieu protégé du parc national du Mont-Saint-Bruno, situé dans la zone bioclimatique tempérée feuillue du Québec. Ce petit plan d'eau à rive tourbeuse, d'à peine 0,68 ha, renferme une diversité de 53 espèces, dont une quarantaine cohabitent et s'y reproduisent afin de compléter leur cycle vital. La confirmation d'une première population de l'æschne des nénuphars (*Rhionæschna mutata*) (Anisoptera : Æshnidæ) au Québec constitue un des faits marquants de cet inventaire. Il s'agit d'une extension nordique de son aire de répartition connue. Plusieurs espèces signalées avaient été rarement rapportées dans la province. L'observation de l'æschne pygmée (*Gomphæschna furcillata*) et de la voluptueuse (*Libellula incesta*) constitue une première mention pour la Montérégie. Les dates de récolte d'exuvies et d'adultes attestent d'un étalement printanier et automnal de la saison de vol connue pour une douzaine d'espèces.

MOTS CLÉS : conservation, inventaire, odonates, *Rhionæschna mutata*, tourbière

Abstract

An in-depth survey of dragonflies and damselflies (Insecta: Odonata) was conducted in 2012 and 2013 at the lac des Atocas, a protected wetland within the Mont-Saint-Bruno National Park, located in the temperate deciduous bioclimatic zone of southern Québec. This small body of water, with peaty banks, covers an area of approximately 0.68 ha, and was used by 53 species of odonates, including more than 40 that live and complete their life cycle there. One of the highlights of the present study was the discovery of a population of the spatterdock darner (*Rhionæschna mutata*) (Anisoptera: Æshnidæ), which is a first for the province of Québec, and represents a northern extension of its known range. In addition, several of the other specimens identified were of species rarely reported in the province, and the harlequin darner (*Gomphæschna furcillata*) and the slaty skimmer (*Libellula incesta*) were new additions to the list for the Montérégie region. Finally, observations of exuviae and adults extended the known spring and fall flight periods for a dozen species.

KEYWORDS: conservation, Odonata, peaty pond, *Rhionæschna mutata*, survey

Introduction

Les libellules (Insecta : Odonata) appartiennent à un ordre d'insectes carnassiers qui pondent leurs œufs dans l'eau et qui se développent en passant par un stade de nymphe aquatique (naïade). Elles sont entièrement inféodées aux habitats aquatiques et aux milieux humides pour compléter leur cycle de vie (Pilon et Lagacé, 1998). Dans la zone bioclimatique tempérée feuillue, là où s'exprime la plus grande diversité spécifique des libellules au Québec (Savard, 2011), les pressions anthropiques sur les milieux humides sont considérables, notamment en raison des activités agricoles, sylvicoles et urbaines. Dans la grande région de Montréal, les pertes historiques de ces habitats seraient estimées à plus de 85 %. Dans les basses terres du Saint-Laurent, entre 1990 et 2011, l'étendue des milieux humides qui ont été perturbés s'établirait à 567 km² (19 %), dont 145 km² dans la seule région administrative de la Montérégie (Pellerin et Poulin, 2013). Ces pertes ne comprennent pas les milieux de faible superficie ni les petits cours d'eau.

Étant de voraces prédateurs aussi bien aux stades de naïades que d'adultes aériens, ainsi qu'à leur tour des proies pour nombre d'organismes, les libellules jouent un rôle essentiel dans

les systèmes naturels tant aquatiques que forestiers (Kalkman et collab., 2008). Au Québec, avec le regain d'inventaires sur le terrain dans le but de produire un atlas (EQ, 2015), l'état des connaissances sur l'odonatofaune s'améliore. Cependant, les inventaires locaux couvrant entièrement la saison de vol des espèces sont peu nombreux; les données phénologiques et les exigences en matière d'habitat de plusieurs espèces restent encore à documenter (Savard, 2011).

L'objectif principal de cette étude était d'inventorier l'odonatofaune du lac des Atocas, un étang tourbeux isolé en milieu forestier, dans une zone de préservation extrême du parc national du Mont-Saint-Bruno, situé à proximité de la grande région densément peuplée de Montréal. Le plan d'inventaire visait

Alain Mochon est coordinateur régional à l'Initiative pour un atlas des libellules du Québec. Biologiste et détenteur d'une maîtrise en sciences de l'environnement, il dirige, depuis 2002, le Service de la conservation et de l'éducation au parc national de la Yamaska et œuvrait antérieurement à titre de naturaliste au parc national du Mont-Saint-Bruno. C'est à titre personnel qu'il y a mené cette étude au lac des Atocas.

mochon.alain@sepaq.com



Figure 1. Localisation du lac des Atocas (45,544022 N / 73,312128 O), la plus petite composante d'un réseau hydrographique de lacs et de ruisseaux au parc national du Mont-Saint-Bruno, région administrative de la Montérégie, Québec. Ce réseau hydrographique appartient au bassin versant de la rivière Richelieu.

la période complète de vol des espèces afin d'établir une base de référence sur la diversité de l'odonatofaune de ce site exceptionnel dans la région naturelle des basses terres du Saint-Laurent.

Aire d'étude

Le lac des Atocas (latitude 45,544022 N / longitude 73,312128 O) est situé sur le mont Saint-Bruno, à environ 25 km à l'est de Montréal, dans le parc national du même nom. Il fait partie intégrante d'un système hydrographique composé de 5 lacs reliés par un réseau de ruisseaux (figure 1). Unique au sein des collines montréalaises, ce réseau hydrographique offre des refuges naturels pour l'odonatofaune. D'une superficie d'à peine 0,68 ha, le plan d'eau inventorié prend forme dans une dépression relativement encaissée qui bénéficie de conditions microclimatiques fraîches et humides.

Avec sa position topographique de tête à 112 m d'altitude, le lac des Atocas recueille les eaux de résurgences et de ruissellement des versants environnants. L'écoulement est ralenti et pratiquement nul pendant une bonne partie de

l'année. L'exutoire consiste en un ruisseau à débit lent qui devient intermittent au cours de l'été. La profondeur du lac fait en moyenne 0,5 m; la matière organique s'y est accumulée sur plus de 3 m d'épaisseur selon un sondage effectué aléatoirement. L'étendue d'eau est envahie par une hydrophyte flottante, le grand nénuphar jaune (*Nuphar variegata*) (figure 2). Les rivages sont tourbeux et dénotent une abondance de sphaignes (*Sphagnum* spp.) et d'autres végétaux acidophiles, typiques des tourbières minérotophiles. Ces tapis flottants discontinus supportent une flore vasculaire diversifiée, dominée entre autres par des taxons typiques des tourbières, dont le thélyptère des marais (*Dryopteris thelypteris*) et 2 orchidacées à floraison printanière : le calopogon gracieux (*Calopogon pulchellus*) et la pogonie langue-de-serpent (*Pogonia ophioglossoides*). Gratton (1980) a décrit 4 ceintures de végétation s'ordonnant du centre de l'étang vers l'érablière rouge à bouleau jaune (*Betula alleghaniensis*) et à aulne rugueux (*Alnus rugosa*). Ce biotope, inusité dans les basses terres du Saint-Laurent, peut se classer dans la catégorie des « fens de bassin » (GTNTH, 1997).



Figure 2. Paysage forestier ceinturant l'étang à rives tourbeuses du lac des Atocas et tapis flottant du grand nénuphar jaune (*Nuphar variegata*).

Outre les libellules, le milieu foisonne d’amphibiens, dont le triton vert (*Notophthalmus viridescens*) et la grenouille des marais (*Lithobates palustris*). Le lac n’abrite cependant aucun poisson.

L’environnement forestier entourant ce site offre une diversité naturelle remarquable. Entre autres, de denses formations d’osmondes royales (*Osmunda regalis*) et d’osmondes cannelles (*O. cinnamomea*) dominent la strate herbacée des secteurs humides. C’est dans ce biotope ombragé et luxuriant que plusieurs espèces de libellules s’abritent et s’alimentent durant leur période de maturation qui suit l’émergence.

Méthode

L’inventaire des libellules du lac des Atocas a été mené à intervalles irréguliers du 19 mai au 18 octobre 2012 afin de couvrir la saison de vol des différentes espèces, puis repris du 4 mai au 23 août 2013 afin de compléter les observations. Le site à l’étude a été visité à 13 reprises en 2012 et à 10 reprises en 2013, avec une moyenne de 5,4 h par visite, ce qui totalise 124 h d’échantillonnage. Les visites se sont réparties à raison de 9 en mai-juin, 11 en juillet-août et 3 en septembre-octobre. Différentes plages horaires de la journée ont pu être couvertes, en favorisant toutefois la période du zénith qui est généralement associée à la pointe d’activités de vol de la majorité des libellules (Jones et collab., 2008). Toutefois, aucune sortie crépusculaire n’a été effectuée. L’inventaire a été conduit en canot, en sillonnant le plan d’eau et ses abords tourbeux, puis à pied jusqu’à 50 m à l’intérieur du couvert forestier. Durant ces déplacements, les adultes en vol étaient notés ou capturés au filet entomologique, identifiés à l’espèce sur place ou au retour de l’excursion à l’aide de divers ouvrages illustrés et de tables de détermination (Pilon et Lagacé, 1998; Von Ellenrieder, 2003; Lam, 2004; DuBois, 2005; Westfall et

May, 2006; Jones et collab., 2008; Mead, 2009; Needham et collab., 2014). À chaque visite, une cote d’abondance maximale était attribuée à chaque espèce selon la classification prescrite dans le protocole de l’Initiative pour un atlas des libellules du Québec (tableau 1, note c). Des photos ont été prises sur le terrain et des spécimens de référence ont été conservés en collection selon la méthode proposée par Jones et collab. (2008). De façon complémentaire, des exuvies (enveloppes corporelles ou exosquelette des naïades laissées sur divers substrats après l’émergence des adultes) ont aussi été recueillies et mises en pot sans aucun traitement. Leur identification a été réalisée à l’aide des tables de Walker (1958), Walker et Corbet (1975) et Needham et collab. (2014).

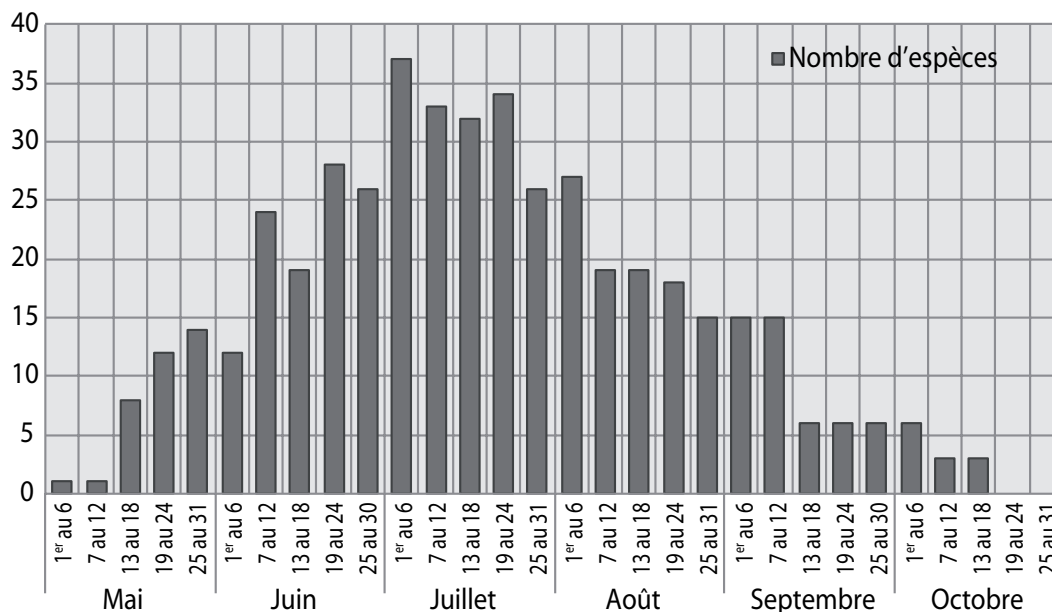
Résultats et discussion

Diversité des libellules

Le lac des Atocas et ses pourtours abritent une communauté de libellules d’une grande richesse. Des 730 spécimens adultes prélevés, dans une proportion équivalente de zygoptères et d’anisoptères, on compte 53 espèces (tableau 1), soit 45 % de la richesse spécifique documentée pour la Montérégie (Michel Savard, communication personnelle) et 36 % de l’odonatofaune connue du Québec, qui compte 146 espèces (EQ, 2015).

Sur une base hebdomadaire, la plus grande diversité de libellules a été relevée entre le 1^{er} et le 25 juillet alors que plus d’une trentaine d’espèces ont pu être observées au-dessus du lac des Atocas et de ses abords forestiers (figure 3). Cette période correspond au chevauchement de la saison de vol des espèces dites hâtives qui tire à sa fin, avec celle des espèces dites tardives qui commence. L’allure générale en forme de distribution normale suggère que l’effort d’échantillonnage a couvert adéquatement la période d’activité aérienne des libellules.

Figure 3. Distribution hebdomadaire de la richesse des libellules inventoriées au lac des Atocas, parc national du Mont-Saint-Bruno, durant les saisons de vol 2012 et 2013.



Les espèces inventoriées se répartissent parmi les 9 familles : Caloptérygides (1); Lestides (5); Agrionides (12); Æschnides (9); Gomphides (4); Cordulégastrides (2); Macromides (1); Cordulides (4) et Libellulides (15). Considérant le poids relatif de chacune des familles en nombre d'espèces au Québec, la distribution au lac des Atocas révèle une plus grande représentativité chez les Lestides (9%), les Agrionides (23%), les Æschnides (17%) et les Libellulides (28%), laquelle s'explique par la préférence écologique des espèces à l'égard de ce type de biotope lentique (figure 4).

De cet assemblage, une quarantaine d'espèces cohabitent et se reproduisent dans le lac afin de compléter leur cycle vital. Sur la base des classes d'abondance, un premier groupe de 21 espèces, qu'on peut qualifier de « communes », se démarquent par leur dominance lors de leur saison de vol, avec un nombre maximal d'individus observés ou estimés supérieur à 20 par jour d'inventaire. Plusieurs Libellulides, généralistes pour la plupart, comme la leucorrhine mouchetée (*Leucorrhinia intacta*), la julienne (*Ladona julia*) et la lydienne (*Plathemis lydia*), comptent parmi les espèces représentatives du lac des Atocas. La plupart des Cordulides, telles la cordulie de Shurtleffer (*Cordulia shurtleffii*) et la cordulie écorcée (*Dorocordulia libera*), certains Lestides, dont le leste flamboyant (*Lestes eurinus*) et le leste à forceps (*L. forcipatus*), davantage spécialisés aux biotopes tourbeux, ainsi que quelques Agrionides, comme l'agrion boréal (*Enallagma boreale*) et l'agrion saupoudré (*E. aspersum*), sont aussi communs.

Le second groupe de 11 espèces, dites « éparses », concerne celles observées en moindre abondance, en raison de 6 à 20 individus par jour de visite. Dans cette catégorie, il y a l'æschne des nénuphars (*Rhionæschna mutata*), le leste élané (*L. rectangularis*), l'agrion minuscule (*E. geminatum*), l'agrion printanier (*E. vernale*), l'æschne porte-crosses (*Aeshna eremita*) et la voluptueuse (*Libellula incesta*), cette dernière étant pour la première fois rapportée en Montérégie selon Savard (2011). Enfin, un dernier groupe composé de 21 espèces « occasionnelles » comprend celles observées fortuitement, sur la base d'un seul à quelques individus tout au plus durant la durée de l'étude; il s'agit, pour la plupart, d'espèces discrètes. C'est le cas notamment de l'æschne pygmée (*Gomphæschna*

furcillata), une première mention en Montérégie, du gomphe cornu (*Arigomphus cornutus*), du gomphe fourchu (*A. furcifer*) et du gomphe marqué (*Stylurus notatus*), dont le statut de reproducteur reste à confirmer. Il peut aussi s'agir d'individus erratiques provenant pour l'essentiel de lacs ou de cours d'eau environnant le site inventorié. C'est le cas de l'æschne printanière (*Basiæschna janata*), de la macromie brune (*Didymops transversa*) et de l'épithèque princière (*Epitheca princeps*) qui exploitent le milieu forestier comme aire d'alimentation; en ce sens, l'environnement du lac des Atocas répond aux exigences écologiques de ces espèces durant la période de la maturation.

Notes faunistiques par famille

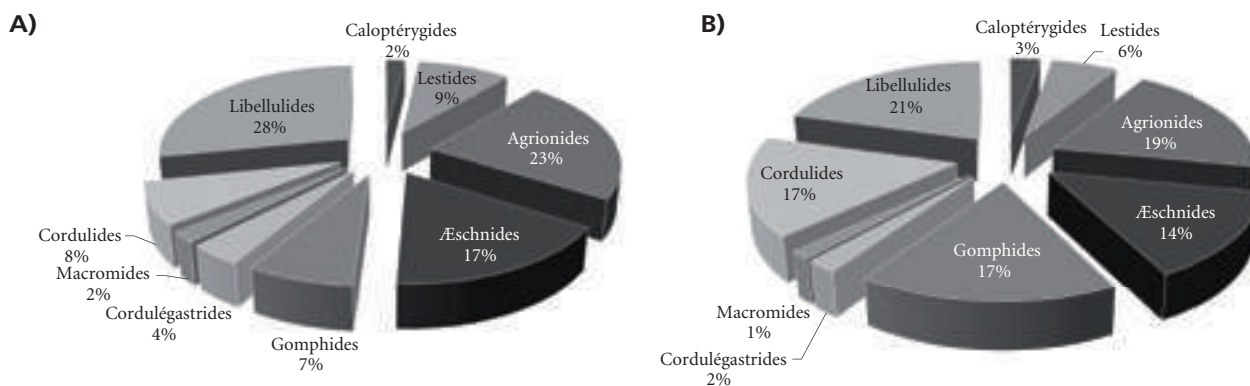
Milieu lotique

Dans la famille des Caloptérygides, typiquement associée aux milieux lotiques, une seule espèce, le caloptéryx bistré (*Calopteryx maculata*), a été répertoriée près du ruisseau formant l'effluent du lac des Atocas, dans les secteurs où l'ensoleillement parvenait à atteindre le parterre forestier. Le petit cours d'eau était aussi convoité par 2 Cordulégastrides : le cordulégastré oblique (*Cordulagaster obliqua*), une espèce rarement rapportée au Québec, et le cordulégastré aux yeux séparés (*C. diastatops*), lequel a été capturé lorsqu'il patrouillait l'exutoire et ses marges riveraines à quelques décimètres près de la surface d'eau. Espèces discrètes, leurs périodes de vol restent à préciser.

Milieu lentique

Les représentants de la famille des Lestides se sont succédé tôt au printemps, dès l'émergence du leste flamboyant, une espèce typique des lacs tourbeux, jusque tard à l'automne avec le leste tardif (*Lestes congener*), une des espèces les plus tardives au Québec. Le leste à forceps a lui aussi été particulièrement abondant, observé en tandems durant les mois de juillet et d'août. Le leste dryade (*L. dryas*) a été remarqué dans les zones ensoleillées de la bande riveraine arbustive ou en lien avec la présence d'étangs vernaux. L'absence du leste disjoint (*L. disjunctus*), une espèce commune dans ce genre de biotope, demeure énigmatique.

Figure 4. Importance relative des 9 familles de libellules présentes au Québec (en %) : a) au lac des Atocas, parc national du Mont-Saint-Bruno (53 espèces) et b) sur l'ensemble du Québec (146 espèces).



Les Agrionides pullulaient sur les bordures abritées du lac des Atocas. L'agrion boréal, zygoptère hâtif émergeant dès la mi-mai, y était abondant, avec l'agrion printanier, plus circonspect dans les herbacées riveraines. L'agrion saupoudré a été observé en abondance à partir de juillet et ses activités de vol ont été relevées jusque tard à l'automne. Le milieu de la saison a été exploité par l'agrion minuscule et l'agrion orangé (*Enallagma signatum*). Moins abondants, ces 2 zygoptères faisaient d'incessants déplacements d'un nénuphar à l'autre, rasant de près la surface de l'eau. L'agrion civil (*E. civile*), une espèce récemment établie au Québec (Pilon et Lagacé, 1998), n'a été détecté qu'en solitaire. Il pourrait s'agir d'individus en dispersion provenant de la production des lacs avoisinants. L'agrion vertical (*Ischnura verticalis*) et la déesse paisible (*Nehalennia irene*), 2 espèces généralistes de petite taille, ont été successivement observées en grand nombre partout au sein de l'écotone riverain : le premier exploitant le début de la saison de vol, le second s'établissant progressivement à partir du mois de juillet. La discrétion remarquable de l'agrion résolu (*E. resolutum*), de l'agrion enivré (*E. ebrium*) et de l'agrion de Hagen (*E. hageni*), habituellement abondants en milieu lentique, et rarement observés ici, pourrait s'expliquer par le processus de paludification observé aux abords forestiers de l'étang qui leur serait défavorable. Les quelques individus capturés ont d'ailleurs été repérés en alimentation sous la canopée.

Chez les *Æschnides*, outre l'æschne pygmée et l'æschne des nénuphars qui exploitaient le début de la saison de vol, les espèces du genre *Æshna* ont été omniprésentes vers la fin de l'été. C'est le cas de l'æschne du Canada (*Æshna canadensis*), de l'æschne porte-crosses (*A. emerita*) et surtout de l'æschne à tubercules (*A. tuberculifera*) dont de nombreux mâles patrouillaient la marge du lac des Atocas, soit pour capturer des proies, soit pour repérer des femelles dissimulées dans les herbages de la rive. Seule l'anax précoce (*Anax junius*), une espèce migratrice (Savard, 2014), est demeurée active plus longtemps, du début mai jusqu'à la mi-septembre, soit une période de 131 jours. L'émergence des naïades d'anax précoce, détectée par la collecte accessoire d'une cinquantaine d'exuvies, s'est étalée du 20 juillet au 5 octobre. Cette exuviation tardive confirme le caractère migrateur de cette population, car elle survient après les 3 à 4 mois que dure le développement nymphal, après la reproduction des premiers migrateurs arrivés dès le 4 mai au lac des Atocas.

Il demeure étonnant de constater la quasi-absence de l'æschne des pénombres (*A. umbrosa*), malgré qu'un individu ait été surpris en émergence sur la feuille d'un nénuphar. Un seul individu ténéral de l'æschne printanière a été rencontré sous le couvert forestier; il était posé à la verticale sur le tronc d'un arbre.

Les Gomphides, pour la plupart associés aux cours d'eau et lacs fluviaux, se sont avérés quasi absents du lac des Atocas. Dans la végétation riveraine, la présence du gomphe cornu, du gomphe fourchu et du gomphe marqué se limitait à des individus en alimentation vraisemblablement errants, parce qu'aucun comportement reproducteur n'a pu être observé dans le milieu plus tard durant la saison. Néanmoins,

ces espèces, qui requièrent la présence de massifs forestiers pour la période de maturation, avaient probablement trouvé refuge dans le secteur du lac des Atocas.

Chez les Macromides, seule la macromie brune a été observée par la présence de quelques individus ténéraux perchés dans la végétation forestière. Ces libellules provenaient vraisemblablement des lacs avoisinants qui correspondent à son habitat de reproduction.

La richesse des Cordulides s'est avérée faible considérant l'importance relative de cette famille au Québec (figure 4). Toutefois, 3 espèces printanières, l'épithèque canine (*Epitheca canis*), la cordulie écorcée et la cordulie de Shurtleffer, ont été notées en abondance dès la mi-mai après l'émergence des adultes, avec une pointe d'activité en juin alors que les mâles, nombreux, patrouillaient frénétiquement les abords du plan d'eau. L'absence d'espèces du genre *Somatochlora*, généralement associées aux milieux tourbeux, et dont les occurrences de certains représentants sont connues en Montérégie, soulève un questionnement. S'agit-il du résultat d'une compétition interspécifique favorable aux nombreuses Libellulides et *Æschnides* qui successivement occuperaient les niches écologiques au détriment des somatochlores? Ou s'agirait-il d'une extirpation locale conséquente à l'occupation humaine et à la quasi-disparition du couvert forestier à l'échelle régionale? De nouvelles données provenant d'inventaires en zone tempérée feuillue pourront permettre d'élucider cette question.

Les Libellulides (figure 5) représentent la famille la plus diversifiée du lac des Atocas, avec une richesse de 15 espèces dont près de la moitié se sont avérées abondantes successivement tout au cours de la saison de vol. En effet, la période d'activité chez les espèces de cette famille est apparue remarquablement structurée avec une dominance au début de la saison des Leucorrhines (*Leucorrhinia* spp.) et de la julienne, suivie en milieu de saison par le cortège des espèces combattives que sont les gracieuses (*Libellula pulchella*) et surtout les lydiennes, pour se terminer avec les hordes de sympétrums (*Sympetrum* spp.) vers la fin de l'été. Les luttes interspécifiques exercées par les juliennes et les lydiennes ont semblé limiter l'abondance et la présence des autres espèces qui, dans une compétition effrénée pour l'appropriation territoriale, se sont vues chassées des lieux. Plusieurs représentants des Libellulides, dont les populations sont bien établies dans le lac des Atocas, se trouvent à la limite nord de leur aire de répartition. C'est le cas pour l'érythème des étangs (*Erythemis simplicicollis*), la voluptueuse, la mélancolique (*Libellula luctuosa*) et le sympétrum à dos roux (*Sympetrum rubicundulum*). Le sympétrum tardif (*S. vicinum*) s'est avéré l'espèce la plus abondante en fin de saison, côtoyant le leste tardif jusqu'à la mi-octobre. L'observation du sympétrum de Jane (*S. janeæ*) dans la bande riveraine arbustive représente un signalement digne d'intérêt. Récemment défini par Carle (1993), ce taxon est contesté par Catling et collab. (2005) et Paulson et Dunkle (2012), mais considéré valide au niveau spécifique par Needham et collab. (2014). Les quelques populations observées en Montérégie font l'objet d'une



Figure 5. Quelques espèces de la famille des Libellulidés (Anisoptera: Libellulidæ) inventoriées au lac des Atocas: a) Leucorrhine mouchetée (*Leucorrhinia intacta*) ♂ 9.vi.2012; b) La lydiennne (*Plathemis lydia*) ♂ 9.vi.2012; c) La voluptueuse (*Libellula incesta*) ♂ 3.vii.2012; d) Le pachydiplax (*Pachydiplax longipennis*) ♂ 5.vii.2013; e) Érythème des étangs (*Erythemis simplicicollis*) ♂ 3.vii.2012; f) La mélancolique (*Libellula luctuosa*) ♂ 3.vii.2012; g) La julienne (*Ladona julia*) ♂ 12.v.2013 et h) La gracieuse (*Libellula pulchella*) ♂ 13.vii.2013.

attention particulière par l'Initiative pour un atlas des libellules du Québec qui tend à le reconnaître au rang d'espèce, ce qui en ferait la 147^e répertoriée dans la province.

Notes phénologiques

Chez les libellules, la date de l'émergence des naïades jusqu'à la disparition des adultes reproducteurs définit l'étendue de la saison de vol. La durée du stade de vie adulte, destinée à la reproduction, varie selon les espèces. La température de l'eau conditionne la croissance des naïades et influence la date d'émergence des adultes, au même titre que la température de l'air à l'automne détermine la fin de la saison de vol des espèces tardives (Pilon et Lagacé, 1998; Perron et Ruel, 2002). Le calendrier d'observation se met en place au fur et à mesure que les espèces printanières émergent dès la mi-mai, alors que les plus tardives volent jusqu'au-delà du mois d'octobre. Le tableau 1 présente la liste de ces espèces, leur abondance relative maximale observée sur une base journalière et illustre graphiquement, sous la forme de traits horizontaux, l'étendue de leur période de vol au lac des Atocas, d'après les observations combinées de 2012 et de 2013. Pour certaines espèces dites occasionnelles, le court trait horizontal ne permet d'associer que la date d'observation sans qu'il soit possible de préciser davantage la durée de vie aérienne. Pour les espèces dites communes, il a été possible d'établir une période d'activités aériennes plus réaliste.

Une extension de la saison de vol connue a pu être constatée chez près du quart des espèces répertoriées au lac des Atocas (tableau 2). L'écart le plus important a été relevé pour l'agrion saupoudré, avec un allongement de 42 jours. Cette espèce à distribution sporadique a d'ailleurs été peu rapportée au Québec (Savard, 2011); cette extension vient préciser l'étendue de sa période automnale d'activité, un trait de comportement jusqu'ici peu connu. Cette observation s'applique aussi pour le sympétrum à dos roux, dont la période d'activité automnale a été allongée de 17 jours additionnels.

Le cas du leste flamboyant diffère puisque l'extension de sa saison de vol connue de 14 jours concerne surtout la période de maturation qui commence vers la mi-mai, avec les premiers individus émergents.

La saison de vol de la lydienne, un anisoptère familier au Québec, qui comptait déjà 124 jours, a été devancée de 2 jours au printemps. Cette espèce robuste et combative serait candidate à profiter du contexte de réchauffement climatique pour élargir sa période d'activité de reproduction. Le pachydiplax (*Pachydiplax longipennis*) semblerait déjà bénéficier de cette tendance climatique: absente en 2012 au lac des Atocas, l'espèce y a été observée pour la première fois durant 3 visites, entre le 5 juillet et le 2 août 2013, en pleine période de combats territoriaux entre les grandes Libellulides. Rapporté pour la première fois au Québec en 2011, dans le haut bassin de la rivière Yamaska en Montérégie (Mochon, 2012), le pachydiplax fait preuve d'une grande capacité de dispersion alors qu'il ne cesse de progresser au Québec, avec de nouvelles populations récemment rapportées au sud de la province (Michel Savard, communication personnelle). Les quelques individus observés au lac des Atocas ne permettent

pas de confirmer si l'espèce a réellement colonisé le site. Cependant, de tels changements phénologiques et de répartition correspondent aux adaptations des espèces qui s'ajustent en réponse au réchauffement climatique (Berteaux et collab., 2014).

Confirmation d'une population de l'æschne des nénuphars

Signalement de sa découverte au Québec

L'æschne des nénuphars (*Rhionaeschna mutata* [Hagen, 1861]) a été découverte à la suite de la capture d'un mâle en vol le 30 juin 2012 (Mochon, 2013a; 2013b). À première vue, sa grande taille (7 cm de longueur) et la coloration bleue de ses bandes thoraciques et de ses marques abdominales permettaient de le classer provisoirement dans la famille des *Æschnides* (Anisoptera: *Æschnidæ*). Cependant, le facial et les yeux bleu ciel sont des caractéristiques inhabituelles chez les espèces d'æschnes présentes au Québec. Dans le doute, des photos avaient été prises et le spécimen conservé en papillote. Un examen ultérieur a révélé sans équivoque les traits morphologiques de l'espèce, notamment la forme particulière des cerques, appendices situés à l'extrémité de l'abdomen. L'épithète du nom scientifique, signifiant « mutant », fait référence à la grande similitude avec une autre espèce trouvée dans l'ouest et le centre de l'Amérique du Nord (Paulson, 2011; Paulson et Dunkle, 2012; NatureServe, 2014).

Contrairement aux æschnes du genre *Æshna*, dont la pointe d'activité est observée au mois d'août, la saison de vol de l'æschne des nénuphars est plus hâtive et de plus courte durée, s'étalant de la fin mai au début juillet dans les États américains où elle est inventoriée (NYNHP, 2013). L'espèce est reconnue pour se reproduire dans des étangs stagnants dépourvus de poissons, généralement en présence de plantes aquatiques, dont les nénuphars (Paulson, 2011), d'où l'épithète spécifique accolée à ses noms anglais (*spatterdock darner*) et français.

Individu erratique ou population établie ?

La capture d'un seul spécimen le 30 juin 2012 ne permettait pas d'établir avec certitude s'il s'agissait d'un individu erratique, d'une présence accidentelle au Québec, étant donné que les espèces de ce genre sont connues parfois pour errer sur de longues distances (White et collab., 2010), ou s'il s'agissait d'une population réellement établie dans le lac des Atocas. Malgré des visites subséquentes en 2012, aucun autre adulte n'avait pu être observé. Pour cette raison, des visites additionnelles ont été menées de la fin mai à la mi-juillet 2013. Les résultats se sont révélés des plus probants: une femelle ténérale, récemment émergée, fut d'abord capturée le 10 juin dans la végétation riveraine, à une dizaine de mètres de distance du plan d'eau. Par la suite, plusieurs mâles furent aperçus en vol le 21 juin, patrouillant typiquement au-dessus de l'eau dans les zones recouvertes de nénuphars. Enfin, une femelle est capturée en vol le 5 juillet dans les mêmes circonstances (figure 6). De plus, l'inspection minutieuse des herbaçales riveraines, des hampes florales de nénuphars et des macrophytes émergents, réalisée en embarcation le 10 juin, avait permis une récolte d'exuvies et la pêche de naïades de cette espèce. En examinant les



A



B



C



D



E



F

Photos: Alain Mochon

Figure 6. L'æschne des nénuphars (*Rhionaeschna mutata*) découverte au lac des Atocas, parc national du Mont-Saint-Bruno: a) Exuvie ♀ 9.vi.2012 (LT: 38 mm); b) Ténéral ♀ 10.vi.2013 (LT: 67,5 mm / Ab: 50,7 mm / AP: 47 mm); c) et d) Imago ♀ 5.vii.2013 (LT: 70,4 mm / Ab: 53,3 mm / AP: 50,6 mm); e) et f) Imago ♂ 30.vi.2012 (LT: 72,7 mm / Ab: 56,5 mm / AP: 51,2 mm). Longueur totale (LT); Abdomen (Ab); Ailes postérieures (AP).

exuvies d'Æschnides collectées en 2012, 3 spécimens additionnels ont été identifiés, dont celui d'une femelle récolté le 9 juin 2012. L'analyse de ce matériel atteste de l'émergence locale d'au moins une vingtaine d'individus dans des proportions équivalentes de mâles et de femelles et confirme, par le fait même, la présence d'une première population connue de l'æschne des nénuphars au Québec. La période de vol observée au lac des Atocas s'étalerait du 9 juin au 5 juillet, avec une pointe d'activités autour du 20 juin. Aux États-Unis, Needham et collab. (2014) ont établi une période maximale de vol qui s'étend du 17 mai (Michigan) au 29 août (Ohio).

Vérification au lac à la Tortue en 2014

Une vérification restait à faire pour déterminer si la population de l'æschne des nénuphars pouvait se rencontrer dans un autre biotope aquatique qui diffère de celui du lac des Atocas. En raison de ses caractéristiques hydrographiques et morphométriques, il a été choisi de valider cette hypothèse au lac à la Tortue (45,551195 N / 73,315306 O), situé à 0,75 km à vol d'oiseau du lac des Atocas (figure 1). Lors d'une visite exploratoire effectuée le 27 juin 2014 dans des conditions d'ensoleillement et de chaleur idéales à l'activité des Æschnides, aucune trace de l'æschne des nénuphars n'a pu être décelée au terme d'un effort de 4 h d'inventaire. Bien que l'environnement forestier soit similaire, les deux lacs diffèrent sur certains aspects: le lac à la Tortue présente un fond rocheux, avec relativement peu de nénuphars, et il est poissonneux, un écosystème ne semblant pas répondre aux exigences de l'æschne des nénuphars. Par ailleurs, un assemblage différent d'espèces de libellules y a aussi été observé (tableau 3). L'épithèque à queue de beagle (*Epitheca cynosura*), absente au lac des Atocas, y a été relevée. De plus, l'espace aérien du lac à la Tortue était dominé par les patrouilles incessantes de la voluptueuse qui, à l'inverse, se trouvait très discrète au lac des Atocas. De façon moins exubérante, l'agrion enivré y a été remarqué en grand nombre (>100 individus), alors qu'il était quasi absent au lac des Atocas.

Conservation

Au Québec, l'æschne des nénuphars serait confinée à l'extrême sud de la province. L'essentiel de son aire de répartition se rencontre aux nord-est des États-Unis, où son statut de conservation national est considéré comme « apparemment sécuritaire » (N4). Cependant, dans la plupart des États, l'espèce se classe au rang S1, soit comme étant « sévèrement en péril ». C'est le cas pour les États frontaliers du New Hampshire et du Vermont, alors qu'elle est jugée « en péril » (S2) dans l'État de New York et « vulnérable » (S3) dans le Massachusetts (NatureServe, 2014). Son statut demeure encore indéterminé dans le Maine où, signalée en 1998 sur la base de 2 individus

Tableau 3. Liste des libellules, abondance relative et rang de priorité pour la conservation des espèces inventoriées le 27 juin 2014 au lac à la Tortue, parc national du Mont-Saint-Bruno, Montérégie, Québec.

ESPÈCES Nom français ^a	TAXONS Nom scientifique ^b	CLASSE ABONDANCE ^c	RANG QC ^d
AGRIONIDES	COENAGRIONIDÆ		
Agrion enivré	<i>Enallagma ebrium</i>	H	S5
Agrion de Hagen	<i>Enallagma hageni</i>	X	S5
Agrion posé	<i>Ischnura posita</i>	A	S4
Agrion vertical	<i>Ischnura verticalis</i>	F	S5
ÆSCHNIDES	ÆSHNIDÆ		
Anax précoce	<i>Anax junius</i>	C	S5
GOMPHIDES	GOMPHIDÆ		
Gomphe exilé	<i>Gomphus exilis</i>	E	S5
CORDULIDES	CORDULIIDÆ		
Cordulie de Shurtleffer	<i>Cordulia shurtleffii</i>	D	S5
Cordulie écorcée	<i>Dorocordulia libera</i>	D	S5
Épithèque à queue de beagle	<i>Epitheca cynosura</i>	C	S5
LIBELLULIDES	LIBELLULIDÆ		
La julienne	<i>Ladona julia</i>	F	S5
La voluptueuse	<i>Libellula incesta</i>	F	S3
La gracieuse	<i>Libellula pulchella</i>	A	S5

^a Nomenclature tirée de Savard (2011)

^b Nomenclature tirée de Paulson et Dunkle (2012)

^c Classe d'abondance: A=1 individu; B=2; C=3 à 5; D=6 à 10; E=11 à 20; F=21 à 50; G=51 à 100; H=101 à 200; I>200; X=nombre indéterminé/présence confirmée

^d Rang subnational de priorité pour la conservation tel que défini par NatureServe (2014) : S1=Sévèrement en péril (*Critically Imperiled*); S2=En péril (*Imperiled*); S3=Vulnérable (*Vulnerable*); S4=Apparemment hors de danger (*Apparently Secure*); S5=Stabilité démontrée (*Secure*); SNA=Non applicable (*Status Not Applicable*)

observés (Brunelle et deMaynadier, 2005), elle demeure « une espèce de grand intérêt pour la conservation » (Maine, 2015).

Au Canada, NatureServe (2014) considère l'æschne des nénuphars « sévèrement en péril » (N1). L'espèce a été observée seulement dans quelques localités du sud-ouest de l'Ontario (Curry, 2012; Oldham, 2006). En 2005, un individu aurait été capturé en Nouvelle-Écosse sans qu'il soit possible d'y confirmer la présence d'une population bien établie (Cook et Bridgehouse, 2005; White et collab., 2010). Le Comité sur la situation des espèces en péril au Canada a inscrit l'æschne des nénuphars sur la liste des espèces candidates de priorité intermédiaire (catégorie 2) à l'obtention d'un statut légal de conservation (COSEPAQ, 2015). La population découverte au lac des Atocas représente une extension nordique de son aire de répartition connue (Denis Doucet, Programme de recensement des odonates de l'Atlantique, et Martina Furrer, ministère des Richesses naturelles et des Forêts de l'Ontario, communication personnelle).

Outre l'æschne des nénuphars, d'autres espèces considérées rares au Québec ont été trouvées au lac des Atocas (figure 7). L'æschne pygmée, qualifiée de rare dans toute son aire de répartition, et l'érythème des étangs, toutes 2 classées au rang S2, sont placées sur la liste des espèces susceptibles d'être désignées menacées ou vulnérables (Québec, 2006). Selon NatureServe (2014), 6 autres espèces se classent au rang S3 de vulnérabilité.



Photos: Alain Mochon

Figure 7. Quelques espèces au rang subnational de conservation S2 (en péril) et S3 (vulnérable) selon NatureServe (2014), répertoriées au lac des Atocas: a) *Æschne pygmée* (*Gomphæschna furcillata*) ♂ 10.vi.2013 (S2); b) *Cordulégastré oblique* (*Cordulegaster obliqua*) ♂ 3.vii.2012 (S3); c) *Gomphe cornu* (*Arigomphus cornutus*) ♂ 21.vi.2013 (S3); d) *Gomphe fourchu* (*Arigomphus furcifer*) ♂ 9.vi.2012 (S3); e) *Gomphe marqué* (*Stylurus notatus*) ♂ 7.viii.2012 (S3); f) *Agrion saupoudré* (*Enallagma aspersum*) ♂ 24.viii.2012 (S3).

Conclusion

Les écosystèmes tourbeux, comme le lac des Atocas au sommet du mont Saint-Bruno, sont devenus rares dans la région naturelle des basses terres du Saint-Laurent. Des espèces végétales et animales spécialisées dépendent de ces milieux. Le lac des Atocas et son environnement forestier, protégés dans le parc national du Mont-Saint-Bruno, constituent une enclave naturelle exceptionnelle dans le paysage agricole du Saint-Laurent, avec des conditions ambiantes favorables à une faune et une flore diversifiées et inusitées. C'est particulièrement le cas pour son odonatofaune, tel que révélé dans cette étude qui rapporte une richesse spécifique d'au moins 53 espèces, soit 18 zygoptères et 35 anisoptères.

La découverte d'une population bien établie de l'æschne des nénuphars constitue un des faits les plus marquants de cet inventaire. Il s'agit maintenant de la population la plus nordique connue pour cette espèce en Amérique du Nord. Il est fort probable que les effectifs de cette grande libellule soient très réduits dans la province compte tenu de la destruction historique des milieux tourbeux par l'occupation humaine et de l'introduction volontaire de poissons dans les plans d'eau qui en étaient dépourvus. Le statut précaire de l'æschne des nénuphars est d'ailleurs signalé dans toute son aire de répartition. Sa conservation assurée au parc national du Mont-Saint-Bruno protégera également le biote caractérisé par une longue liste d'éléments rares déjà répertoriés. Les écosystèmes qui n'abritent aucun poisson sont devenus rarissimes dans le sud du Québec et doivent être protégés. L'exemple de l'æschne des nénuphars indique bien l'importance déterminante de cette caractéristique écologique dans la composition d'une biocénose.

Remerciements

L'auteur désire remercier Michel Savard, responsable de l'Initiative pour un atlas des libellules du Québec, pour les propositions judicieuses apportées à la révision du manuscrit et pour son soutien à l'identification d'exuvies d'Æschnides et de spécimens d'*Enallagma* et de *Kalosympetrum*, Caroline Piché pour son apport à l'identification des exuvies de Cordulides et de Libellulides, ainsi que Michel Crête et Christian Hébert pour avoir commenté le manuscrit. Des remerciements spéciaux s'adressent aussi à toute l'équipe des gardes-parc du parc national du Mont-Saint-Bruno, dont Nathalie Rivard, responsable du service de la conservation et de l'éducation et Donald Rodrigue, responsable des opérations, pour leur appui logistique à la réalisation de ce projet. ◀

Références

- BERTEAUX, D., N. CASAJUS et S. DE BLOIS, 2014. Changements climatiques et biodiversité du Québec : vers un nouveau patrimoine naturel. Presse de l'Université du Québec, Québec, 169 p.
- BRUNELLE, P.M. et P.G. DE MAYNADIER, 2005. The Maine damselfly and dragonfly survey, a final report. Maine Department of Inland Fisheries and Wildlife (MDIFW), Augusta, 31 p.
- CARLE, F.L., 1993. *Sympetrum janeae* spec. nov. from eastern North America, with a key to nearctic *Sympetrum* (Anisoptera : Libellulidae). *Odonatologica*, 22 : 1-16.
- CATLING, P.M., R.A. CANNINGS et P.M. BRUNELLE, 2005. An annotated checklist of the odonata of Canada. *Bulletin of American Odonatology*, 9(1) : 1-20.
- COOK, C. et D. BRIDGEHOUSE, 2005. *Æshna mutata* Hagen (spatterdock darner) in Nova Scotia, a new provincial record, and significant range extension. *Argia*, The news journal of the dragonfly society of the America, 16(4) : 5.
- COSEPAQ (Comité sur la situation des espèces en péril au Canada), 2015. Espèces sauvages candidates, partie 2 : les listes des espèces candidates des sous-comités de spécialistes des espèces – Arthropodes, catégorie 2 : les espèces de priorités intermédiaires, dernière mise à jour 5 janvier 2015. Disponible en ligne à : http://www.cosewic.gc.ca/fra/sct3/index_f.cfm#8. [Visité le 15-01-23].
- CURRY, B., 2012. Provincially rare dragonflies and damselflies in Hamilton, 2011. *The Wood Duck*, Journal of the Hamilton naturalists' club, 65 : 133-134.
- DOMAINE, É., N. DESROSIER et B. SKINNER, 2010. Les insectes susceptibles d'être désignés menacés ou vulnérables au Québec. *Le Naturaliste canadien*, 134(2) : 16-26.
- DUBOIS, B., 2005. *Damselflies of the north woods*. Kollath-Stensaas publishing, Duluth, 132 p.
- EQ (Entomofaune du Québec inc.), 2015. Les libellules du Québec. Disponible en ligne à : <http://entomofaune.qc.ca/entomofaune/odonates/Atlas.html>. [Visité le 15-01-20].
- GRATTON, L., 1980. Étude floristique et phytosociologique du mont Saint-Bruno. Mémoire de maîtrise, Université du Québec à Montréal, Montréal, 218 p.
- GTNTH (Groupe de travail national sur les terres humides), 1997. *Système de classification des terres humides du Canada*. 2^e édition. Warner, B.G. et C.D.A. Rubec (édit.). Université de Waterloo, Waterloo, 68 p.
- JONES, C.D., A. KINGSLEY, P. BURKE et M. HOLDER, 2008. *Field guide to dragonflies and damselflies of Algonquin park and the surrounding area*. The friends of Algonquin park, Whitney, 263 p.
- KALKMAN, V.J., V. CLAUSNITZER, K.-D.B. DIJKSTRA, A.G. ORR, D.R. PAULSON et J. VAN TOL, 2008. Global diversity of dragonflies (Odonata) in freshwater. *Hydrobiologia*, 595 : 351-363. Doi : 10.1007/s10750-007-9029-x.
- LAM, E., 2004. *Damselflies of the Northeast: A guide to the species of eastern Canada and the northeastern United States*. Biodiversity books, Forest Hill, 96 p.
- MAINE, 2015. Spatterdock darner (*Rhionæschna mutata*) : Priority 3 species of greatest conservation need (SGCN). *Wildlife Action Plan Revision*, Report date : January 16, 2015. Disponible en ligne à : <http://www.maine.gov/ifw/wildlife/index.html>. [Visité le 15-01-23].
- MEAD, K., 2009. *Dragonflies of the north woods*. 2^e édition. Kollath-Stensaas publishing, Duluth, 193 p.
- MOCHON, A., 2012. Découverte de la libellule pachydiplax au Québec durant l'inventaire de l'odonatofaune du ruisseau Castagne en Montérégie. *Le Naturaliste canadien*, 136 (3) : 49-59.
- MOCHON, A., 2013a. Découverte de l'æschne des nénuphars au lac des Atocas : une première au Québec. *Bulletin de conservation 2013-2014*, Parcs Québec, Sépaq : 18-20.
- MOCHON, A., 2013b. Capture of the *Rhionæschna mutata* (Odonata : Æshnidae) in Quebec, A new provincial record. *Argia*, The news journal of the dragonfly society of the America, 25(1) : 6-8.

- NATURESERVE, 2014. NatureServe Explorer: An online encyclopedia of life (Web application). NatureServe, Arlington. Disponible en ligne à : <http://www.explorer.natureserve.org>. [Visité le 15-01-02].
- NEEDHAM, J.G., M.J. WESTFALL, Jr et M.L. MAY, 2014. Dragonflies of North America: The Odonata (Anisoptera) fauna of Canada, the continental United States, northern Mexico and the Greater Antilles. 3^e édition, Scientific publishers, Gainesville, 657 p.
- NYNHP (New York Natural Heritage Program), 2013. Online conservation guide – Spatterdock darner (*Rhionæschna mutata*). Disponible en ligne à : <http://www.acris.nynhp.org/report.php?id=8214>. [Visité le 15-01-23].
- OLDHAM, M.J., 2006. Spatterdock darner (*Rhionæschna mutata*) in Ontario. Ontario Odonata, 7: 10-15.
- PAULSON, D.R., 2011. Dragonflies and damselflies of the East. Princeton field guides, Princeton, 538 p.
- PAULSON, D.R. et S.W. DUNKLE, 2012. A checklist of North American Odonata: Including English name, etymology, type locality, and distribution. Édition 2012. Johnson, J. (édit.). Occasional paper No. 56, (révisé complètement en 2009; mis à jour en 2012), Slater museum of natural history, University of Puget Sound, Tacoma, 86 p.
- PELLERIN, S. et M. POULIN, 2013. Analyse de la situation des milieux humides au Québec et recommandations à des fins de conservation et de gestion durable. Rapport final. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Québec, 104 p.
- PERRON, J.M. et Y. RUEL, 2002. Saison de vol des Odonates du territoire du marais Léon-Provancher, Neuville, division de recensement de Portneuf (Québec). Le Naturaliste canadien, 126(2): 13-17.
- PILON, J.G. et D. LAGACÉ, 1998. Les odonates du Québec: traité faunistique. Entomofaune du Québec inc., Chicoutimi, 367 p.
- QUÉBEC, 2006. Faune vertébrée du Québec: liste des espèces désignées menacées ou vulnérables au Québec. Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs. Disponible en ligne à : <http://www3.mffp.gouv.qc.ca/faune/especes/menacees/liste.asp#insectes>. [Visité le 15-01-23].
- SAVARD, M., 2011. Atlas préliminaire des libellules du Québec (Odonata). Initiative pour un atlas des libellules du Québec, avec le soutien d'Entomofaune du Québec (EQ) inc., Saguenay, 53 p.
- SAVARD, M., 2013. Dates record de vol des 144 espèces de libellules inventoriées au Québec (Odonata). Initiative pour un atlas des libellules du Québec, Entomofaune du Québec (EQ) inc, Saguenay, 6 p.
- SAVARD, M., 2014. L'anax précoce au Québec: une libellule migratrice. Le Naturaliste canadien, 138(1) : 20-31.
- VON ELLENRIEDER, N., 2003. A synopsis of the neotropical species of *Æshna* Fabricius: The genus *Rhionæschna* Förster (Odonata: *Æshnidae*). Tijdschrift voor Entomologie, 146: 67-207.
- WALKER, E.M., 1958. The odonata of Canada and Alaska, part II: The anisoptera, four families. University of Toronto Press, Toronto, 317 p.
- WALKER, E.M. et P.S. CORBET, 1975. The odonata of Canada and Alaska, part III: The anisoptera, three families. University of Toronto Press, Toronto, 307 p.
- WESTFALL, M.J. jr. et M.L. May, 2006. Damselflies of North America, revised edition. Scientific publishers, Gainesville, 503 p.
- WHITE, E.L., J.D. CORSER et M.D. SCHLESINGER, 2010. The New York dragonfly and damselfly survey 2005-2009: Distribution and status of the Odonates of New York. NYNHP (New York natural heritage program), Albany, 324 p.

Groupe Hemispheres
L'heure juste en environnement!

- Aménagement écosystémique et génie environnemental
- Caractérisation et cartographie des écosystèmes
- Conservation des lacs et cours d'eau
- Évaluation environnementale
- Gestion des eaux usées
- Communication et gestion environnementale

QUÉBEC
5731, rue Saint-Louis, bureau 201
Lévis (QC) G6V 4E2
Téléphone: 418 903-9578
Sans frais: 1 866 574-7032

MONTREAL
1453, rue Beaubien Est, bureau 301
Montréal (QC) H2G 3C6
Téléphone: 514 509-6572
Sans frais: 1 866 569-7140

info@hemis.ca | www.hemis.ca

Évolution du statut nutritif des sapinières à la Forêt Montmorency entre 1967 et 2011

Rock Ouimet, Jean-David Moore et Louis Duchesne

Résumé

Cette étude avait pour objectif d'évaluer l'évolution du statut nutritif des sapinières de la Forêt Montmorency en se basant sur des analyses foliaires faites en 1967, 1988 et en 2011. La composition minérale des aiguilles du sapin baumier (*Abies balsamea*) a grandement fluctué au cours de ces 45 ans. Entre 1967 et 2011, nous avons observé une baisse de 5,7 % des teneurs en azote dans le feuillage, de 13,5 % des teneurs en potassium (aiguilles âgées de 1 an) et de 18 % des teneurs en magnésium (aiguilles âgées de 2 et de 3 ans). En 1988, les teneurs étaient en général beaucoup plus faibles que celles observées lors des 2 autres campagnes d'échantillonnage. Cette baisse peut s'expliquer en partie par le choix des peuplements visités, la hausse des précipitations acides depuis le début des années 1970, les épidémies d'insectes ravageurs et les extrêmes climatiques. Les teneurs en potassium du feuillage âgé de 1 an demeurent plus faibles que celles rapportées ailleurs dans la littérature pour le sapin baumier. La baisse des teneurs en potassium et en magnésium de 1967 à 2011 laisse croire à une perte de fertilité des sols dans cette région au cours des 45 dernières années.

MOTS CLÉS : *Abies balsamea*, concentrations foliaires, monitoring, potassium, Québec

Abstract

The objective of this study was to use foliage analyses conducted in 1967, 1988 and 2011, to assess the evolution of the nutritional status of balsam fir (*Abies balsamea*) stands at the Montmorency Forest (Québec). The elemental composition of balsam fir needles varied greatly over the 45-year study period. Between the 1967 analysis and that of 2011, the foliar nitrogen concentration decreased by 5.7%; the potassium concentration in 1-year-old needles, by 13.5%, and the magnesium concentration in 2- and 3-year-old needles, by 18%. The mineral concentrations in the tissues analysed in 1988 were much lower than those of the other 2 samplings. This decrease can be explained partly by the choice of the stands sampled, the increase of atmospheric acid precipitation since the 1970s, the effects of past insect outbreaks, and climatic extremes. Potassium concentrations in 1-year-old needles were lower than values reported elsewhere for balsam fir. The decreases in foliar potassium and magnesium concentrations from 1967 to 2011 suggest a loss of soil fertility in this region over the last 45 years.

KEYWORDS: *Abies balsamea*, foliar concentrations, monitoring, potassium, Québec

Introduction

Depuis le milieu des années 1980, des symptômes visuels de carence foliaire ont été rapportés sporadiquement dans les forêts formées de sapin baumier (*Abies balsamea*) et d'épinette blanche (*Picea glauca*) dans la réserve faunique des Laurentides (RFL) au Québec. Cette région a été particulièrement touchée par les épidémies de la tordeuse des bourgeons de l'épinette (*Choristoneura fumiferana*) et d'arpenteuse de la pruche (*Lambdina fuscicollis fuscicollis*), les extrêmes climatiques, la coupe forestière (à 2 reprises) et les précipitations acides (Ouimet et collab., 2013). Cet ensemble de perturbations, parfois chroniques, soulève des inquiétudes concernant la résilience de la fertilité des sols de ces forêts et le maintien de leur productivité. Par exemple, l'évaluation du bilan en éléments nutritifs à l'échelle du bassin versant du lac Laflamme, situé à la Forêt Montmorency dans la RFL, montre que les pertes annuelles en potassium (K) des sols ont été substantielles de 1980 à 2005, particulièrement durant et après l'épidémie de la tordeuse des bourgeons de l'épinette (Duchesne et Houle, 2008; Houle et collab., 2009). Les exportations par la récolte forestière ont pu aussi causer des pertes importantes en éléments nutritifs. Dans ce bassin versant, les réserves en

K disponibles dans le sol des sapinières âgées de 55 ans sont d'environ 60 kg·ha⁻¹, une valeur à peu près égale à la quantité de K stockée dans la biomasse des arbres (Tremblay et collab., 2012). De plus, la coupe forestière cause l'augmentation du lessivage en K du sol pendant quelques années (Tremblay et collab., 2009), notamment en raison de l'augmentation de la température du sol et du taux de minéralisation de la matière organique.

L'objectif de cette étude était d'évaluer l'évolution du statut nutritif des sapinières de la Forêt Montmorency en se basant sur des analyses foliaires faites en 1967, 1988 et en 2011. L'analyse foliaire permet d'évaluer les conditions actuelles du statut nutritif des peuplements forestiers car la majorité des éléments nutritifs sont concentrés dans cette partie des arbres (van den Driessche, 1974; figure 1).

Rock Ouimet (ingénieur forestier pédologue, Ph. D.), Jean-David Moore, (ingénieur forestier, M. Sc.), et Louis Duchesne (ingénieur forestier, M. Sc.), sont des chercheurs de l'équipe Écosystèmes et Environnement à la Direction de la recherche forestière du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec.

rock.ouimet@mffp.gouv.qc.ca



Figure 1. L'analyse foliaire permet d'évaluer les conditions actuelles du statut nutritif des peuplements forestiers.

Matériel et méthodes

Milieu d'échantillonnage

Les données de la présente étude proviennent de la Forêt Montmorency, la forêt expérimentale de l'Université Laval, située dans la RFL, à environ 80 km au nord de la ville de Québec, au Canada (47° 17' N., 71° 9' O.). Cette péninsule est montagneuse (600-1 100 m d'altitude); la pente du terrain varie de 0 à 30 %, avec une moyenne d'environ 10 %. La température moyenne annuelle à cet endroit est de -0,6°C, et les précipitations annuelles sont de 1 300 mm, dont 33 % tombent sous forme de neige (moyennes 1971-2000 de la station météo n° 7042388 d'Environnement Canada). La végétation est dominée par le sapin baumier (80 %) en association avec le bouleau à papier (*Betula papyrifera*), l'épinette blanche et l'épinette noire (*Picea mariana*). Les sols pierreux, relativement profonds et généralement de texture sableuse, sont classifiés principalement dans le grand groupe des podzols ferro-humiques ou humo-ferriques (Groupe de travail sur la classification des sols, 1998). L'humus de ces sols est un mor de 5 à 15 cm d'épaisseur. Le matériel parental est un till acide dérivé de la roche mère locale, ici des roches ignées et métamorphiques datant du Précambrien (granite, gneiss granitique, mangerite), avec comme minéraux dominants le quartz, le feldspath et les plagioclases (Ouimet et Duchesne, 2005).

Périodes d'échantillonnage foliaire

Le premier échantillonnage a été réalisé du 13 au 21 septembre 1967, dans le cadre de travaux de maîtrise à l'Université Laval (Allaire, 1969; Brazeau, 1969) et les principaux résultats ont été publiés en 1973 (Allaire et collab., 1973; Brazeau et Bernier, 1973). On peut trouver dans ces références la composition minérale des aiguilles en azote (N), phosphore (P), K, calcium (Ca), magnésium (Mg), manganèse (Mn), zinc (Zn), fer (Fe) et aluminium (Al), âgées de 1, 2 et 3 ans de sapins baumiers provenant de 20 sapinières matures.

Un second échantillonnage a été réalisé en septembre 1988 dans 11 sapinières réparties dans divers secteurs à la Forêt Montmorency par le professeur Bernard Bernier de l'Université Laval. La composition minérale moyenne des aiguilles en N, P, K, Ca, Mg, Mn, Zn et Fe a été publiée dans un rapport (Bernier et Brazeau, 1991). Ces peuplements étaient différents de ceux échantillonnés en 1967, car ces derniers avaient été coupés. Dans leur rapport, Bernier et Brazeau (1991) mentionnent que plusieurs des peuplements échantillonnés en 1988 étaient tout de même encore jeunes et avaient subi une éclaircie précommerciale quelques années auparavant.

Nous avons réalisé un troisième échantillonnage du 12 octobre au 8 décembre 2011 dans 9 sapinières matures de la Forêt Montmorency. Comme les campagnes précédentes, le feuillage a été prélevé dans le tiers supérieur de 10 arbres dans chaque peuplement. Dans tous les cas, les aiguilles des 3 premières années de croissance ont été récoltées séparément; cependant, en 2011, des aiguilles des deuxième et troisième années ont été prélevées dans seulement 5 des 9 peuplements échantillonnés.

Analyses de laboratoire

À chaque période d'échantillonnage, les aiguilles ont été séchées à 65°C, broyées, puis dissoutes dans des acides concentrés pour déterminer leur composition minérale, selon diverses méthodes de mesure qui ont évolué au fil du temps. Cependant, bien que ces méthodes se soient raffinées avec les années, il est de notre avis qu'elles demeurent comparables étant donné qu'elles visaient toujours à déterminer les concentrations totales. Il est à noter que les teneurs en Al des aiguilles dans l'échantillonnage de 1988 n'ont pas été publiées.

Analyses statistiques

Nous avons considéré que chaque année d'échantillonnage correspondait à un échantillon de sapinières parmi la population de toutes les sapinières de la Forêt Montmorency. L'analyse de variance a permis de tester l'effet du temps sur la composition minérale du feuillage des peuplements, en présumant que ces derniers étaient répartis de façon complètement aléatoire. Dans cette analyse, nous avons employé un modèle de régression linéaire généralisé, avec comme variables dépendantes les concentrations foliaires de chaque élément, et comme variables indépendantes, l'année d'échantillonnage, l'âge des aiguilles et leur interaction. Nous avons considéré que les 3 âges des aiguilles n'étaient pas indépendants les uns des autres; pour en tenir compte, nous avons intégré dans l'analyse une structure d'autocorrélation temporelle (symétrie composée). En présence de résidus hétérogènes lors de l'analyse de régression, nous les avons rendus homogènes en permettant aux variances de varier selon les variables indépendantes. Cette analyse de régression a été réalisée à l'aide de la fonction *gls* du module *nlme* de R (Pinheiro et collab., 2013). Les moyennes obtenues des modèles, dites « moyennes ajustées », pour les différents âges des aiguilles et années d'échantillonnage ont été comparées à

l'aide du module lsmeans de R (Lenth, 2013) et de l'ajustement de Tukey-Kramer.

Nous avons aussi procédé à une analyse discriminante linéaire de la composition foliaire des peuplements dans le temps, en prenant chaque âge des aiguilles séparément. Cette analyse de type multivariée permet d'évaluer le degré de ressemblance entre des groupes établis, en l'occurrence les années d'échantillonnage, en formant des nouvelles variables (les composantes) à partir de combinaisons linéaires orthogonales de la composition minérale du feuillage. Pour cette analyse, les données de composition minérale foliaire ont été transformées préalablement (transformation en valeurs de log-ratio isométriques ou LRI) (van den Boogaart et Tolosana Delgado, 2013), afin d'éviter les biais mathématiques, la non-normalité de la distribution et la redondance des variables exprimées en concentrations (Parent et collab., 2012). Cette analyse a été effectuée à l'aide de la fonction lda du module MASS de R (Venables et Ripley, 2002).

Résultats

Évolution des concentrations foliaires des différents éléments

Azote

Les teneurs en N du feuillage des sapins ont diminué en moyenne de 5,7% (changement moyen \pm erreur type: $-0,76 \pm 0,23$ g·kg⁻¹) au cours des 45 ans de suivi ($p = 0,004$; figure 2). Cependant, cette évolution a grandement varié selon l'âge des aiguilles. La teneur en N des aiguilles de 1 an a légèrement augmenté de 1967 à 1988, pour ensuite diminuer en 2011. Celle des aiguilles de 2 ans n'a pas changé significativement dans le temps ($p \geq 0,654$), tandis que celle des aiguilles de 3 ans a d'abord baissé de 1967 à 1988 ($p < 0,001$), puis remonté en 2011 à une teneur qui ne différait pas significativement de celle de 1967 ($p = 0,910$). En 2011, les teneurs moyennes en N des aiguilles de 1, 2 et 3 ans étaient respectivement de $13,0 \pm 0,3$, $12,6 \pm 0,4$ et $12,7 \pm 0,4$ g·kg⁻¹.

Phosphore

Les teneurs en P du feuillage du sapin baumier ont varié principalement selon l'âge des aiguilles, et ont diminué avec celui-ci ($p < 0,001$; figure 2). Les teneurs moyennes globales en P des aiguilles âgées de 1, 2 et 3 ans sont respectivement de $2,05 \pm 0,02$, $1,56 \pm 0,02$ et $1,39 \pm 0,02$ g·kg⁻¹. Les teneurs en P selon l'âge des aiguilles n'ont pas changé avec l'année d'échantillonnage ($p_{\text{âge} \times \text{année}} = 0,254$). L'analyse a tout de même permis de déceler une baisse des teneurs en P de 1967 à 1988 chez les aiguilles de 2 et de 3 ans ($p = 0,007$). Par contre, cette baisse a disparu en 2011, et les teneurs en P à cette date sont remontées à des teneurs similaires à celles mesurées en 1967 ($p = 0,501$).

Potassium

Les teneurs en K du feuillage du sapin baumier échantillonné à la Forêt Montmorency ont fluctué grandement au cours des 45 ans de suivi (figure 2). Elles ont d'abord connu une baisse majeure de 1967 à 1988, passant en moyenne de

$4,51 \pm 0,04$ à $1,91 \pm 0,06$ g·kg⁻¹ ($p = 0,004$). Par contre, elles sont remontées, en 2011, à des valeurs similaires à celles de 1967 ($p \geq 0,772$), sauf pour les aiguilles de 1 an, où elles ont aussi augmenté, mais sont restées 13,5% plus basses que les teneurs mesurées en 1967 ($4,40 \pm 0,11$ g·kg⁻¹ en 2011 vs $5,09 \pm 0,08$ g·kg⁻¹ en 1967; $p < 0,001$).

Calcium

En général, le Ca s'accumule dans le feuillage avec l'âge des aiguilles ($p < 0,001$; figure 2). Dans ce cas-ci, les aiguilles de sapin baumier de 2 et de 3 ans possédaient respectivement en moyenne $1,4 \pm 0,2$ et $2,6 \pm 0,2$ g Ca·kg⁻¹ de plus que les aiguilles âgées de 1 an. On a noté une baisse notable des teneurs en Ca du feuillage de 1967 à 1988 ($p < 0,001$). Par contre, dans les aiguilles de tous âges en 2011, les teneurs en Ca étaient revenues aux valeurs observées en 1967 ($p \geq 0,099$).

Magnésium

La teneur en Mg du feuillage a aussi baissé de 1967 à 1988 ($p < 0,001$), puis remonté de 1988 à 2011 ($p \leq 0,004$; figure 2). Cependant, en 2011, bien que la teneur en Mg dans les aiguilles de 1 an soit remontée aux valeurs mesurées en 1967 ($1,49 \pm 0,05$ g·kg⁻¹, $p = 0,984$), celle des aiguilles de 2 et de 3 ans est demeurée environ 18% plus faible que la valeur moyenne de 1967 ($p \leq 0,008$).

Manganèse et zinc

Les teneurs en Mn et Zn du feuillage ont suivi les mêmes tendances que celles du K, du Ca et du Mg (figure 2). Elles ont diminué de 1967 à 1988 ($p < 0,001$), puis remonté en 2011 à des valeurs similaires à celles de 1967, et ce, quel que soit l'âge des aiguilles ($p \geq 0,096$).

Fer et aluminium

La teneur en Fe du feuillage a augmenté de 1967 à 1988 ($p < 0,001$), puis est redescendue en 2011 aux valeurs mesurées en 1967 ($0,055 \pm 0,004$ g·kg⁻¹, $p \geq 0,731$; figure 2). La teneur en Al du feuillage est demeurée la même en 1967 et en 2011 ($p = 0,553$). La teneur en Al a augmenté cependant avec l'âge des aiguilles, passant de $0,193 \pm 0,007$ g·kg⁻¹ dans les aiguilles de 1 an, à $0,231 \pm 0,019$ g·kg⁻¹ dans les aiguilles de 2 ans et à $0,257 \pm 0,021$ g·kg⁻¹ dans les aiguilles de 3 ans ($p < 0,001$).

Différences de composition foliaire entre les années

L'analyse discriminante démontre bien que la composition foliaire en 1988 était très différente de celle de 1967 et de 2011, peu importe l'âge des aiguilles (figure 3). À l'exception du Fe et de l'Al, tous les éléments analysés contribuèrent à la première composante. Les teneurs en éléments majeurs contribuèrent principalement à la deuxième composante. Le recouplement des étendues de composition foliaire en 1967 et en 2011 indique que celle-ci n'était pas très différente entre ces 2 années.

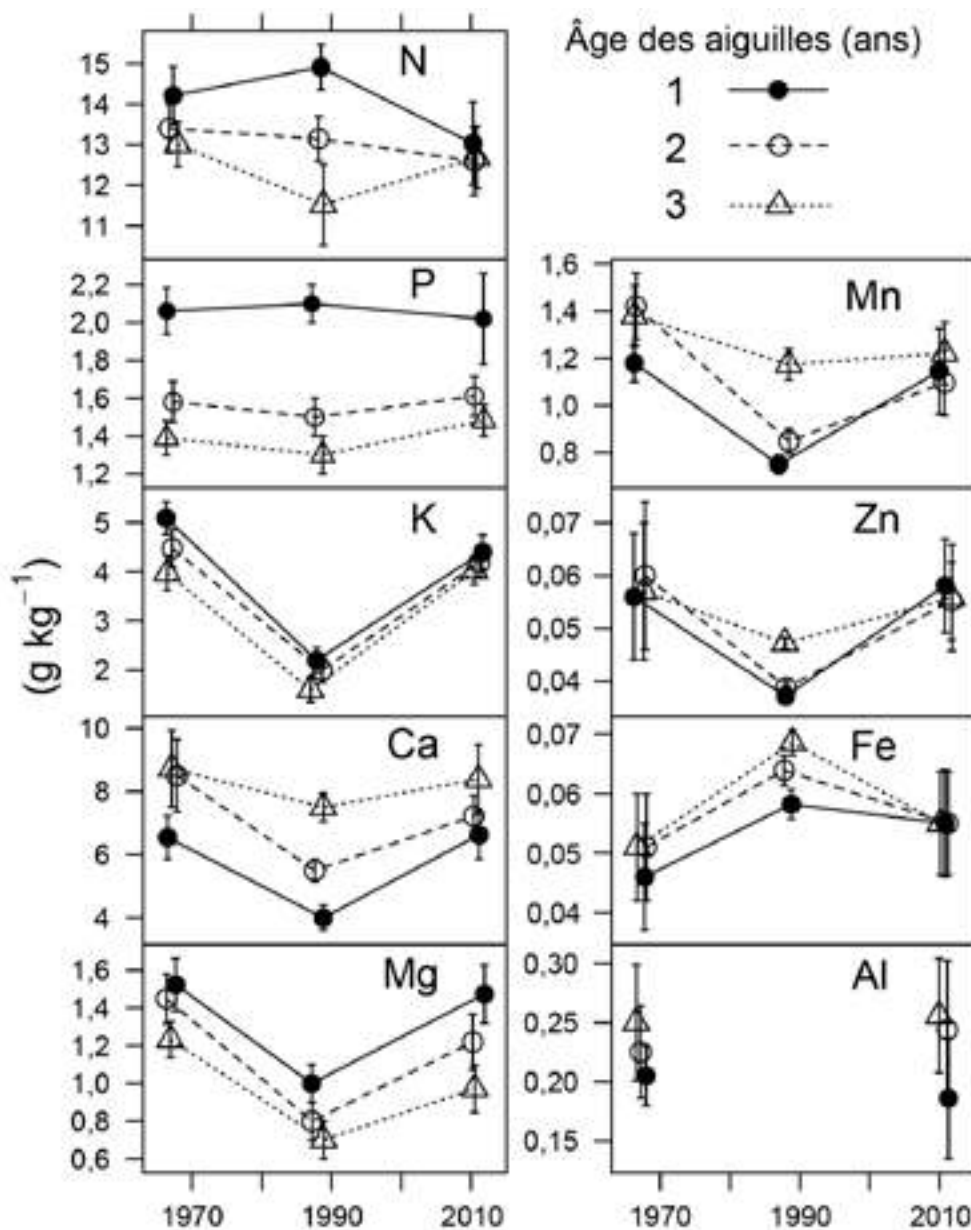


Figure 2. Évolution des concentrations foliaires en N, P, K, Ca, Mg, Mn, Zn, Fe et Al dans les sapinières de la Forêt Montmorency entre 1967 et 2011, en fonction de l'âge des aiguilles (1, 2 et 3 ans). Les points (moyennes brutes \pm 1 écart-type) sont légèrement décalés le long de l'axe des années pour réduire leur superposition.

Discussion

Le suivi sur 45 ans de la composition minérale du feuillage du sapin baumier à la Forêt Montmorency indique que les valeurs de 2011 sont comparables à celles mesurées en 1967, à l'exception des teneurs en N, K et Mg, dont la baisse est statistiquement significative entre 1967 et 2011 pour certains âges d'aiguilles (figure 2).

Les échantillons de 1988

Plusieurs hypothèses peuvent expliquer la baisse importante en K, Ca, Mg, Mn et Zn observée en 1988 dans le feuillage du sapin baumier, comparativement aux valeurs

mesurées en 1967 et en 2011. D'abord, le choix des peuplements échantillonnés (plus jeunes en 1988 qu'en 1967 et en 2011) a pu influencer la composition minérale du feuillage. Il semble que la concentration foliaire en certains éléments des jeunes sapins soit plus faible que celle des sapins plus matures (Ouimet et Moore, 2015), probablement en raison de leur taux de croissance plus élevé, particulièrement à la suite de l'éclaircie précommerciale. Cette fluctuation pourrait aussi s'expliquer par le changement dans les dépôts atmosphériques acides durant cette période. Les retombées acides ont augmenté considérablement dans la RFL à partir des années 1970 et jusqu'à la fin des années 1980, atteignant plus de $30 \text{ kg SO}_4 \cdot \text{ha}^{-1}$, pour ensuite diminuer à

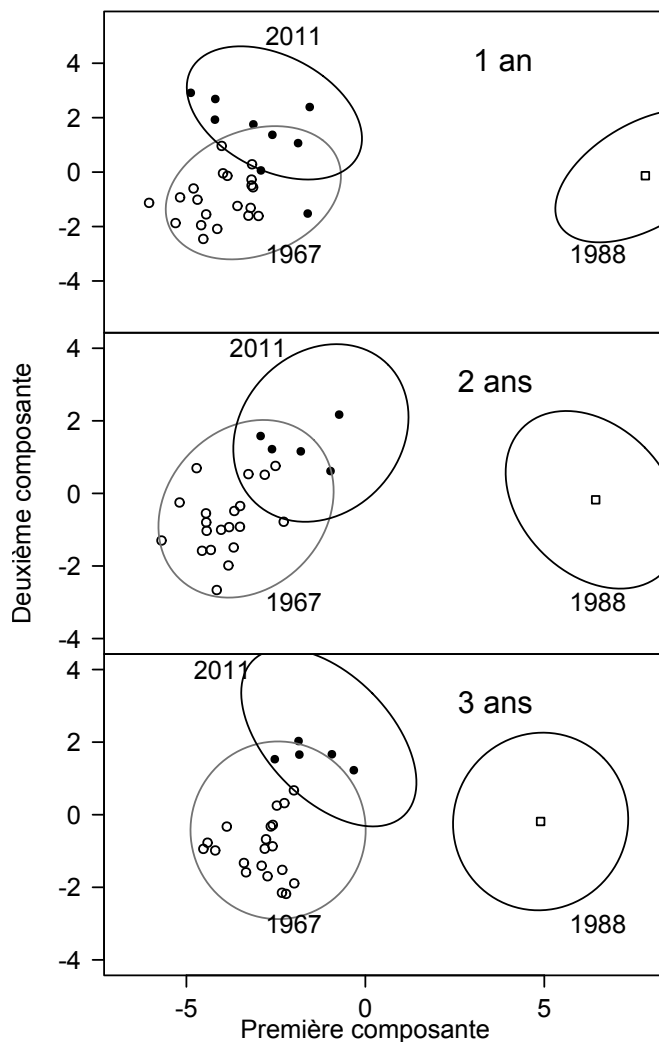


Figure 3. Graphique de la composition foliaire des aiguilles, âgées de 1, 2 et 3 ans, selon les 2 premières composantes résultant de l'analyse discriminante et selon les années d'échantillonnage dans les sapinières. Les ellipses représentent l'espace qui inclut 95% de la distribution théorique de la composition minérale du feuillage chaque année d'échantillonnage. L'ellipse de la composition foliaire en 2008 a été obtenue par simulation en connaissant la moyenne et l'écart-type des concentrations foliaires.

environ $10 \text{ kg SO}_4 \cdot \text{ha}^{-1}$ au cours des années 2010, probablement en partie à la suite de l'Accord Canada – États-Unis sur la qualité de l'air signé en 1991 (Environnement Canada, 2005). Bien que les dépôts atmosphériques azotés interceptés par le feuillage puissent contribuer à la nutrition des forêts (Houle et collab., 1999), les dépôts acides engendrent le lessivage des minéraux du sol (Duchesne et Houle 2006, 2008) et du feuillage des arbres (Houle et collab., 1999).

La baisse de la composition minérale du feuillage en 1988 pourrait aussi s'expliquer, en partie, par un effet « post-tordeuse ». En effet, la dernière épidémie de la tordeuse des bourgeons de l'épinette, qui a sévi de 1977 à 1979 et de 1981

à 1984 à la Forêt Montmorency, a bouleversé le cycle des éléments nutritifs dans ces écosystèmes (Houle et collab., 2009). Grâce à la mesure de l'indice de végétation par différence normalisée (*NDVI* en anglais), on a rapporté un accroissement de la biomasse foliaire des forêts dans la RFL de 1982 à 1991 (Pouliot et collab., 2009). La plupart des jeunes peuplements à la Forêt Montmorency ont également subi une éclaircie précommerciale durant cette période. Cela a pu créer un effet de dilution des éléments contenus dans le feuillage des arbres. Cette augmentation de la biomasse foliaire a ensuite cessé de 1996 à 2003 (Neigh et collab., 2008).

Le climat pourrait aussi expliquer les changements observés en 1988 dans la composition minérale foliaire du sapin baumier. Par ses écarts, il peut jouer un rôle notable dans la croissance et la nutrition des arbres (Duquesnay et collab., 2000). Pendant la saison de végétation de 1986, on a relevé 3 extrêmes climatiques à la Forêt Montmorency (Ouimet et collab., 2013) : la température maximale journalière la plus basse ($25,5^\circ\text{C}$), le plus petit nombre de jours chauds ($> 25^\circ\text{C}$) ($n = 2$) et le plus haut taux moyen de précipitations ($10,7 \text{ mm} \cdot \text{jour}^{-1}$). De pareils extrêmes climatiques n'avaient pas été enregistrés au cours des 44 premières années d'opération de la station météo (de 1965 à 2008).

L'augmentation en 1988 des teneurs en N dans les aiguilles âgées de 1 an et la baisse simultanée des teneurs en N dans celles de 3 ans peuvent s'expliquer par la relocalisation du N des aiguilles plus âgées vers les plus jeunes. Le N et le P sont les principaux éléments touchés par ce processus physiologique (Nambiar et Fife, 1991). Ce processus pourrait être plus important chez les jeunes arbres qui présentent une demande importante en N pour soutenir une croissance supérieure.

La situation en 2011

Le fait que la composition minérale du feuillage mesurée en 2011 soit comparable à celle mesurée en 1967 n'exclut pas nécessairement que ces sapinières souffrent de carences minérales. Une expérience récente a démontré que les jeunes sapinières à la Forêt Montmorency ont réagi fortement à la fertilisation en K (Ouimet et Moore, 2015), ce qui donne à penser que ces peuplements n'arrivent pas à combler leurs besoins en cet élément. L'échantillonnage de 1988 concorde avec cette hypothèse. Les teneurs en K mesurées à ce moment dans le feuillage étaient loin en dehors des limites de variabilité rencontrées en général chez le sapin baumier (figure 4). Il demeure que toutes les teneurs en K du feuillage de 1 an des arbres échantillonnés dans ce secteur étaient plus faibles que la moyenne des valeurs rapportées dans la littérature ($p < 0,001$).

Les plus faibles teneurs en K dans le feuillage des sapins de la Forêt Montmorency peuvent avoir plusieurs causes :

- La faible disponibilité du K dans le sol (Duchesne et Houle, 2006);
- Les épidémies de la tordeuse des bourgeons de l'épinette, qui entraînent des pertes de K du sol par lessivage (Houle et collab., 2009);

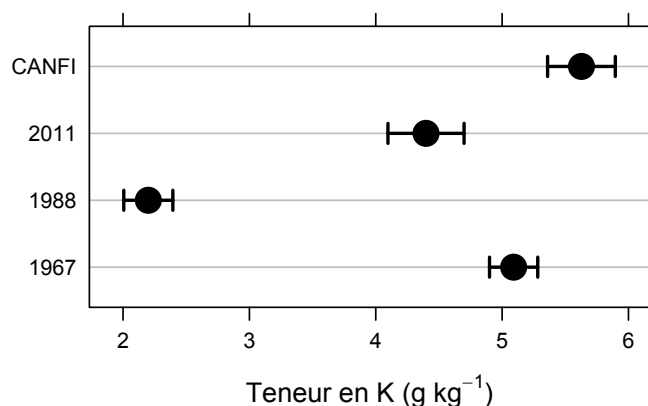


Figure 4. Teneurs moyennes en K du feuillage de 1 an des sapins de la Forêt Montmorency échantillonnées de 1967 à 2011, et moyenne que l'on trouve dans la littérature (valeurs présentes dans la base de données CANFI (Paré et collab., 2012). Les barres d'erreur représentent l'intervalle de confiance de 99 %.

- La récolte forestière (la plupart des peuplements à la Forêt Montmorency ont été récoltés 2 fois au cours du 20^e siècle), ce qui entraîne des pertes de K par 1) l'exportation des troncs d'arbres hors de l'écosystème (le bois de sapin est très riche en K) (Ouimet et Moore, 2015) et 2) le lessivage hors du sol (Tremblay et collab., 2009);
- Les précipitations acides, qui contribuent au lessivage des éléments minéraux du sol (Ouimet et collab., 2006).

De plus, 2 études récentes réalisées dans cette région indiquent que les carences en K peuvent provoquer une baisse de croissance du sapin (Ouimet et Moore, 2015) et de l'épinette blanche (Ouimet et collab., 2013).

En publiant ces données sur la composition minérale du feuillage du sapin baumier à la Forêt Montmorency (tableau 1), nous souhaitons que son suivi se poursuive dans les décennies à venir. Les tissus récoltés en 2011 ont été archivés et sont disponibles auprès des auteurs pour des analyses futures.

Remerciements

Nous tenons à remercier Julie Bouliane, ingénieure forestière responsable de l'aménagement forestier à la Forêt Montmorency, pour son aide dans le choix des peuplements à échantillonner en 2011, Benoît Toussaint et Jacques Martineau, techniciens spécialistes, pour leur aide au conditionnement des échantillons, le personnel du Laboratoire de chimie organique et inorganique de la Direction de la recherche forestière, pour les nombreuses analyses chimiques des tissus foliaires et leur contrôle de qualité, et Denise Tousignant, pour son aide précieuse à la révision linguistique de cet article. ◀

Références

ALLAIRE, D., 1969. Contenu en oligoéléments dans le feuillage du sapin baumier (*Abies balsamea* (L.) mill.). Mémoire de maîtrise, Université Laval, Québec, 79 p.

ALLAIRE, D., B. BERNIER et Y. LAFLAMME, 1973. Microelement status of balsam fir in the southern Laurentians. *Canadian Journal of Forest Research*, 3: 379-386.

BERNIER, B. et M. BRAZEAU, 1991. Recherches sur le dépérissement et le statut nutritif de l'érablière au Québec. Chapitre 4.2. Statut nutritif du sapin baumier. Rapport final (non publié). Département des sciences forestières, Université Laval, Québec, p. 192-196.

BRAZEAU, M., 1969. Relations entre le contenu en éléments majeurs du feuillage et la croissance du sapin baumier dans la Forêt Montmorency. Mémoire de maîtrise, Université Laval, Québec, 96 p.

BRAZEAU, M. et B. BERNIER, 1973. Composition minérale du feuillage du sapin baumier selon les modalités d'échantillonnage et relations avec quelques indices de croissance. *Le Naturaliste canadien*, 100: 265-275.

DUCHESNE, L. et D. HOULE, 2006. Base cation cycling in a pristine watershed of the Canadian boreal forest. *Biogeochemistry*, 78: 195-216.

DUCHESNE, L. et D. HOULE, 2008. Impact of nutrient removal through harvesting on the sustainability of the boreal forest. *Ecological Applications*, 18: 1642-1651.

DUQUESNAY, A., J.L. DUPOUEY, A. CLEMENT, E. ULRICH et F. LE TACON, 2000. Spatial and temporal variability of foliar mineral concentration in beech (*Fagus sylvatica*) stands in northeastern France. *Tree Physiology*, 20: 13-22.

ENVIRONNEMENT CANADA, 2005. Évaluation scientifique 2004 des dépôts acides au Canada. Environnement Canada, Ottawa, 440 p.

GROUPE DE TRAVAIL SUR LA CLASSIFICATION DES SOLS, 1998. Le système canadien de classification des sols. Agriculture et Agroalimentaire Canada, Publication 1646, Ottawa, 187 p.

Tableau 1. Composition foliaire moyenne (g · kg⁻¹) du feuillage du sapin baumier à la Forêt Montmorency selon les années (écart-type entre parenthèses). Nombre d'échantillons : 1967, n = 20; 1988, n = 11; 2011, n = 9; *n = 7; †n = 18; ‡n = 5; §n = 2.

Élément	Âge des aiguilles (1967)			Âge des aiguilles (1988)			Âge des aiguilles (2011)		
	1 an	2 ans	3 ans	1 an	2 ans	3 ans	1 an	2 ans	3 ans
N	14,21 (0,71)	13,40 (0,60)	13,01 (0,55)	14,91 (0,55)	13,14 (0,55)	11,52 (1,00)	13,03 (1,02)	12,60‡ (0,84)	12,69‡ (0,77)
P	2,06 (0,12)	1,58 (0,11)	1,39 (0,09)	2,10 (0,10)	1,50 (0,10)	1,30 (0,10)	2,02 (0,24)	1,61‡ (0,11)	1,48‡ (0,08)
K	5,09 (0,33)	4,47 (0,39)	3,97 (0,35)	2,20 (0,25)	2,00 (0,25)	1,60 (0,25)	4,40 (0,35)	4,19‡ (0,28)	4,02‡ (0,28)
Ca	6,54 (0,69)	8,50 (1,15)	8,73 (1,22)	4,00 (0,40)	5,50 (0,35)	7,50 (0,45)	6,63 (0,76)	7,22‡ (0,64)	8,39‡ (1,10)
Mg	1,52 (0,14)	1,45 (0,13)	1,23 (0,09)	1,00 (0,10)	0,80 (0,10)	0,70 (0,10)	1,47 (0,15)	1,22‡ (0,15)	0,97‡ (0,13)
Fe	0,046* (0,009)	0,051 (0,009)	0,051 (0,010)	0,058 (0,002)	0,064 (0,003)	0,069 (0,002)	0,055 (0,009)	0,055‡ (0,009)	0,055‡ (0,009)
Mn	1,18† (0,26)	1,42 (0,30)	1,38 (0,28)	0,75 (0,04)	0,85 (0,05)	1,17 (0,07)	1,15 (0,18)	1,10‡ (0,14)	1,22‡ (0,13)
Zn	0,056‡ (0,012)	0,060 (0,014)	0,057 (0,013)	0,037 (0,001)	0,039 (0,001)	0,047 (0,001)	0,058 (0,009)	0,055‡ (0,007)	0,056‡ (0,007)
Al	0,205§ (0,080)	0,225 (0,090)	0,250 (0,105)				0,186 (0,051)	0,244‡ (0,059)	0,256‡ (0,048)

- HOULE, D., L. DUCHESNE et R. BOUTIN, 2009. Effects of a spruce budworm outbreak on element export below the rooting zone: A case study for a balsam fir forest. *Annals of Forest Science*, 66: 707(1-9).
- HOULE, D., R. OUIMET, R. PAQUIN et J.-G. LAFLAMME, 1999. Interactions of atmospheric deposition with a mixed hardwood and a coniferous forest canopy at the Lake Clair Watershed (Duchesnay, Quebec). *Canadian Journal of Forest Research*, 29: 1944-1957.
- LENTH, R.V., 2013. lsmeans: Least-squares means. R package version 1.10-4. Disponible en ligne à : <http://cran.r-project.org/web/packages/lsmeans>. [Visité le 15-03-10].
- NAMBIAR, E.K.S. et D.N. FIFE, 1991. Nutrient retranslocation in temperate conifers. *Tree Physiology*, 9: 185-207.
- NEIGH, C.S.R., C.J. TUCKER et J.R.G. TOWNSHEND, 2008. North American vegetation dynamics observed with multi-resolution satellite data. *Remote Sensing of Environment*, 112: 1749-1772.
- OUIMET, R. et L. DUCHESNE, 2005. Base cation weathering and release rates from soils and watersheds in three calibrated forest catchments on the Canadian Shield, Quebec, Canada. *Canadian Journal of Soil Science*, 85: 245-260.
- OUIMET, R. et J.D. MOORE, 2015. Effects of fertilization and liming on tree growth, vitality and nutrient status in boreal balsam fir stands. *Forest Ecology and Management*, 345: 39-49.
- OUIMET, R., J.D. MOORE, L. DUCHESNE et C. CAMIRÉ, 2013. Etiology of a recent white spruce decline: Role of potassium deficiency, past disturbances, and climate change. *Canadian Journal of Forest Research*, 43: 66-77.
- OUIMET, R., P.A. ARP, S.A. WATMOUGH, J. AHERNE et I. DEMERCHANT, 2006. Determination and mapping critical loads of acidity and exceedances for upland forest soils in Eastern Canada. *Water, Air and Soil Pollution*, 172: 57-66.
- PARÉ, D., B.D. TITUS, B. LAFLEUR, D.G. MAYNARD et E. THIFFAULT, 2012. Canadian Tree Nutrient Database. Disponible en ligne à : <https://apps-scf-cfs.rncan.gc.ca/calc/bundles/biomasse/files/data/Canadian%20Tree%20Species%20Nutrient%20Database.zip>. [Visité le 15-03-10].
- PARENT, S.É., L.E. PARENT, D.E. ROZANNE, A. HERNANDES et W. NATALE, 2012. Nutrient balance as paradigm of plant and soil chemometrics., Dans: Issaka, R.N. (édit.). *Soil Fertility*. Intech, Rijeka, p. 83-114
- PINHEIRO, J., D. BATES, S. DEBROY, D. SARKAR et R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2013. nlme: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models. Package R version 3.1-113. Disponible en ligne à : <http://cran.r-project.org/web/packages/nlme/index.html>. [Visité le 15-03-10].
- POULIOT, D., R. LATIFOVIC et I. OLTHOF, 2009. Trends in vegetation NDVI from 1 km AVHRR data over Canada for the period 1985-2006. *International Journal of Remote Sensing*, 30: 149-168.
- TREMBLAY, S., R. OUIMET, D. HOULE et L. DUCHESNE, 2012. Base cation distribution and requirement of three common forest ecosystems in eastern Canada based on site-specific and general allometric equations. *Canadian Journal of Forest Research*, 42: 1796-1809.
- TREMBLAY, Y., A.N. ROUSSEAU, A.P. PLAMONDON, D. LÉVESQUE et M. PRÉVOST, 2009. Changes in stream water quality due to logging of the boreal forest in the Montmorency Forest, Québec. *Hydrological Processes*, 23: 764-776.
- VAN DEN BOOGAART, K.G. et R. TOLOSANA DELGADO, 2013. *Analysing compositional data with R*. Springer, New York, 258 p.
- VAN DEN DRIESSCHE, R., 1974. Prediction of mineral nutrient status of trees by foliar analysis. *Botanical Review*, 40: 347-394.
- VENABLES, W.N. et B.D. RIPLEY, 2002. *Modern applied statistics with S*. 4^e édition. Springer, New York, 495 p.

L'ÎLE AUX LIÈVRES

www.ileauxlievres.com

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

Réservé aux amoureux du Saint-Laurent

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

Aire de répartition du campagnol-lemming boréal au Québec: mentions les plus nordiques

Christian Fortin et Benoit Caron

Résumé

Dans le cadre d'une étude d'impact environnemental et social, un inventaire de micromammifères a été réalisé, en août 2014, à l'extrémité nordique de la péninsule d'Ungava, au Nunavik. Trois espèces ont été capturées à l'aide de pièges-trappes, soit le lemming d'Ungava (*Discrotonyx hudsonius*), le campagnol des champs (*Microtus pennsylvanicus*) et le campagnol-lemming boréal (*Synaptomys borealis*). Les spécimens de campagnol-lemming boréal représentent les mentions publiées les plus nordiques pour cette espèce au Québec. La précédente mention la plus septentrionale était située à 311 km de la mention la plus nordique de la présente étude.

MOTS CLÉS : aire de répartition, campagnol-lemming boréal, Nunavik, Québec, *Synaptomys borealis*

Abstract

A small mammal survey was conducted in August 2014 at the northern tip of the Ungava Peninsula (Nunavik, Québec), as part of an environmental and social impact assessment. Three species of rodents were captured using snap traps: the Ungava collared lemming (*Discrotonyx hudsonius*), the meadow vole (*Microtus pennsylvanicus*), and the northern bog lemming (*Synaptomys borealis*). The northern bog lemming specimens represent the northernmost records for this species in Québec. The farthest north in the province that this species had previous been found was 311 km south of the most northerly occurrence reported in this study.

KEYWORDS: distribution range, northern bog lemming, Nunavik, Québec, *Synaptomys borealis*

Introduction

Peu accessible et éloignée des grands centres, l'extrémité nordique de la péninsule d'Ungava a été relativement peu fréquentée par les biologistes, notamment ceux intéressés par l'étude des rongeurs. Le groupe des micromammifères, qui comprend essentiellement les campagnols, les musaraignes, les souris et les taupes, est en conséquence méconnu dans cette région du Nunavik. Les connaissances actuelles reposent essentiellement sur des mentions anecdotiques dont la majorité a été obtenue avant 1960 (Harper, 1961; ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, 2015). En fait, jusqu'à tout récemment, seules 2 espèces avaient été recensées au-delà du 61^e parallèle, soit le campagnol des champs (*Microtus pennsylvanicus*) et le lemming d'Ungava (*Discrotonyx hudsonius*). La présente étude rapporte des mentions du campagnol-lemming boréal (*Synaptomys borealis*) dans cette région, soit au-delà de la limite nordique de l'aire de répartition jusqu'alors connue pour cette espèce (Desrosiers et collab., 2002; ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, 2015). Cette découverte est survenue dans le cadre de l'étude d'impact environnemental et social du projet de développement de nouvelles mines souterraines sur la propriété de Mine Raglan.

Aire d'étude

La propriété de Mine Raglan, et plus précisément le complexe d'hébergement Katinniq, est localisée au nord du 61^e parallèle, à environ 90 km à l'ouest du village de Kangiqsujuaq et à 115 km au sud-est du village de Salluit (figure 1). Cette région

est située dans la sous-zone du Bas-Arctique et dans la province naturelle de la péninsule d'Ungava, selon le cadre écologique de référence du Québec (Li et Ducruc, 1999). Cette province, dont le sol est composé en majeure partie par du pergélisol continu, possède le climat le plus rigoureux du Québec, soit un climat de type polaire semi-aride où la saison de croissance est très courte.

L'aire d'étude fait partie d'un immense plateau rocheux incliné vers l'ouest et formé de basses collines. L'altitude dépasse 600 m à quelques endroits et celle-ci diminue progressivement jusqu'à la baie Déception. Sur la propriété de Mine Raglan, les affleurements rocheux dominent le paysage. On peut observer des dépôts glaciaires minces uniquement dans ses extrémités est et ouest.

L'aire d'étude touche au domaine bioclimatique le plus nordique du Québec, soit la toundra arctique herbacée (Gouvernement du Québec, 2015). En raison du climat très rigoureux, les arbustes et les arbres sont absents. Les cypéracées et les graminées se mêlent aux mousses et aux lichens où les dépôts le permettent, mais le roc et le sol minéral dénudé dominant dans le paysage. Les dénudés secs, qui supportent une végétation très clairsemée sur la roche en place et des tills rocheux, couvrent la majeure partie du secteur minier. Aux extrémités est et ouest de la propriété minière, on observe des muscinaies dominées par des mousses et des lichens, des

Christian Fortin et Benoit Caron sont biologistes chez SNC-Lavalin inc., spécialisés respectivement en faune terrestre et en faune aquatique.

christian.fortin@snc-lavalin.com

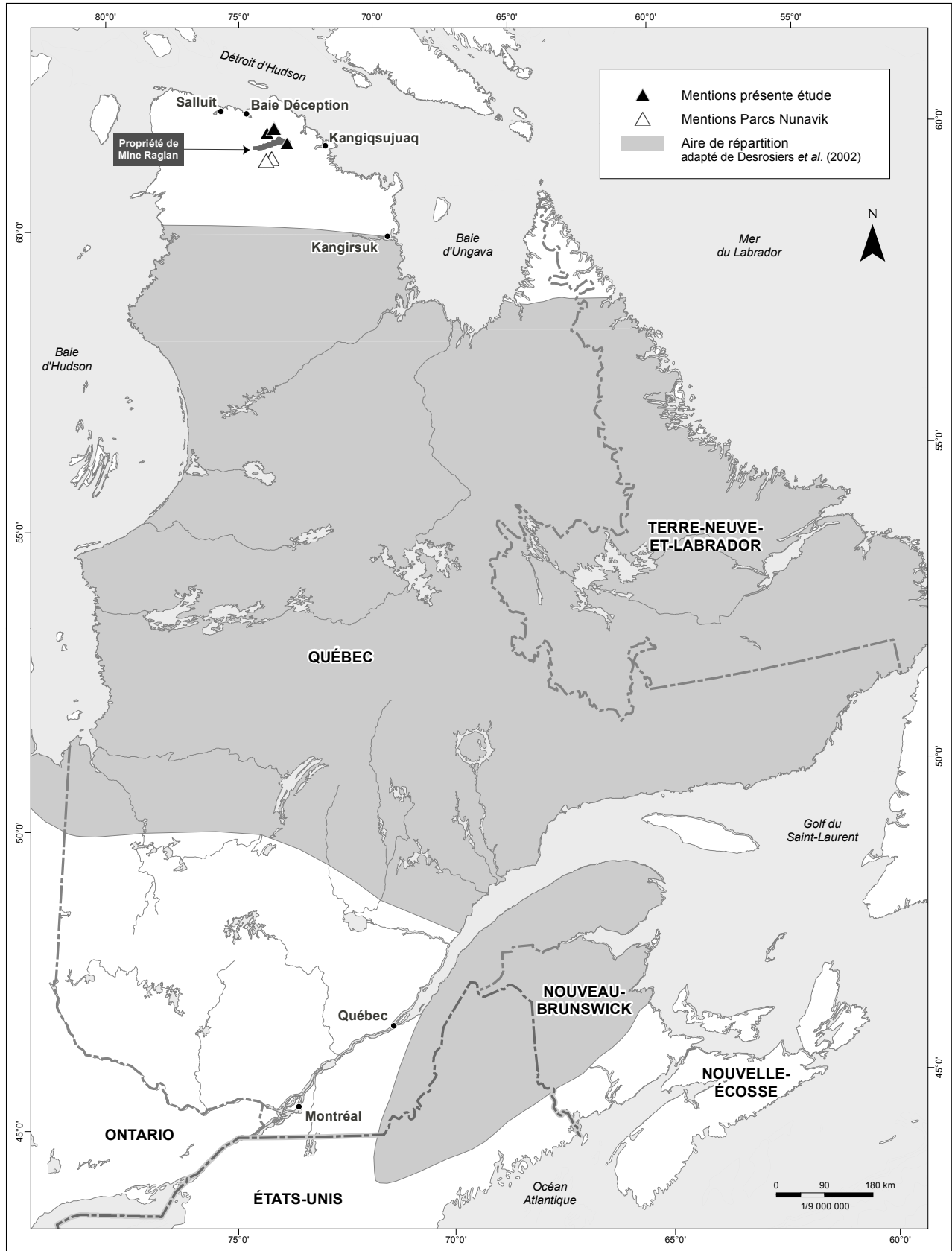


Figure 1. Localisation de l'aire d'étude et aire de répartition du campagnol-lemming boréal au Québec. Adapté de Desrosiers et collab. (2002).

prairies dominées par des herbacées ainsi que quelques fens minces et d'étroits marais. Les cours d'eau de la zone d'étude présentent des rivages dégarnis de toute végétation et sont exempts de végétation aquatique.

Méthodes

L'inventaire s'est déroulé du 9 au 16 août 2014 puisque les densités de micromammifères sont plus élevées à la fin de l'été (Jutras, 2005). L'échantillonnage a été effectué à l'aide de pièges-trappes de type Museum Special disposés à 8 stations (figure 2; tableau 1). Les stations ont été établies de façon à bien représenter les habitats disponibles, selon le jugement de l'équipe de terrain. Six stations ont été positionnées à l'intérieur des limites de la propriété de Mine Raglan alors que 2 stations ont été déployées tout près de Purtuniqu. Les stations 1, 2, 3, 7 (figure 3) et 8 (figure 4) étaient associées à des milieux où le recouvrement en herbes était élevé alors que les stations 4, 5 et 6 étaient représentatives des milieux pauvres en herbes, où le substrat rocheux dominait largement (figure 5).

Chaque station comprenait 100 pièges-trappes disposés à environ tous les 5 à 15 m, selon les indices de présence observés (déjections et sentiers) et la disponibilité de terriers potentiels.

Tableau 1. Habitat, coordonnées et altitude des stations d'inventaire des micromammifères réalisées en août 2014 au Nunavik, Québec.

N° de la station	Habitat	Latitude (NAD83)	Longitude (NAD83)	Altitude (m)
1	Marais	61° 40' 9,3"	73° 18' 2,3"	565
2	Fen et marais	61° 40' 36,0"	73° 18' 4,7"	568
3	Prairie humide	61° 40' 34,5"	73° 16' 57,9"	568
4	Muscinaie	61° 40' 47,9"	73° 21' 34,4"	606
5	Dénué sec	61° 41' 37,9"	73° 30' 54,1"	615
6	Muscinaie	61° 41' 28,0"	73° 36' 6,0"	605
7	Prairie mésique	61° 50' 50,1"	73° 59' 42,4"	370
8	Prairie mésique, en bordure d'une rivière	61° 50' 45,0"	73° 59' 47,3"	345

Les trappes étaient appâtées avec du beurre d'arachide, lequel était renouvelé au besoin, notamment après des épisodes de pluie. Les trappes ont été visitées chaque matin et ont été activées durant 6 à 7 jours consécutifs. La correction recommandée par

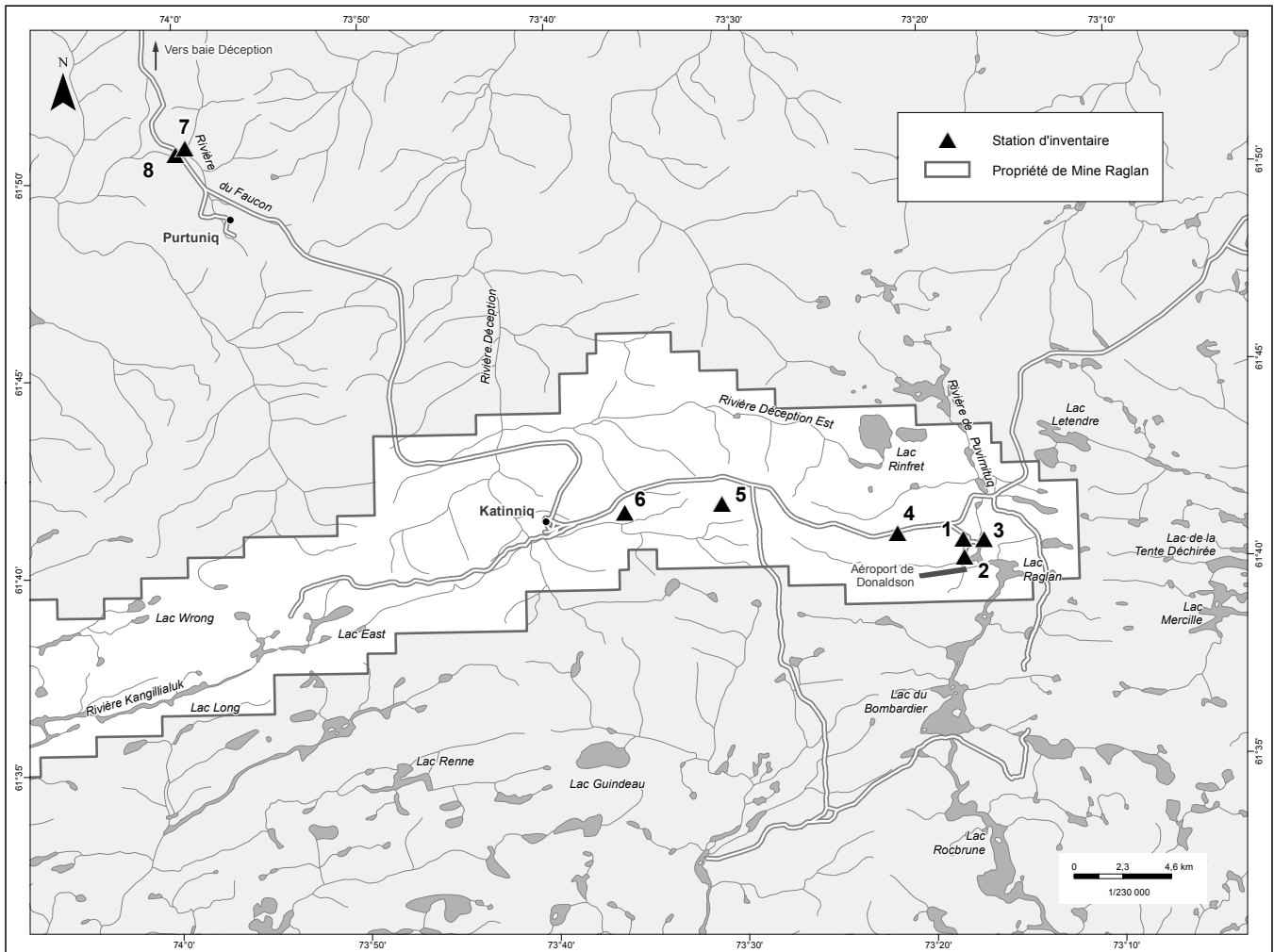


Figure 2. Localisation des stations d'inventaire de micromammifères dans et autour de la propriété de Mine Raglan au Nunavik, Québec.



Christian Fortin

Figure 3. Vue de la station d'inventaire 7, un des sites de capture du campagnol-lemming boréal.



Benoit Caron

Figure 4. Les arbustes sont absents dans l'aire d'étude, même en bordure des principaux cours d'eau, résultat du climat rigoureux qui y prévaut.



Benoit Caron

Figure 5. La faible densité de végétation est caractéristique de la majeure partie de la superficie de la propriété de Mine Raglan au Nunavik, Québec.

Nelson et Clark (1973) pour estimer l'abondance des micromammifères avec les trappes déclenchées ou ennoyées a été appliquée, c'est-à-dire que ces trappes ont été considérées opérationnelles pendant 0,5 nuit-piège. L'identification des spécimens s'est faite selon les critères suggérés par Lupien (2002).

Résultats et discussion

Quarante-huit micromammifères ont été capturés au cours de 5 211,5 nuits-pièges, soit un succès de capture global de 0,9 spécimen par 100 nuits-pièges (tableau 2). La principale espèce capturée a été le lemming d'Ungava, avec 38 spécimens. Ce rongeur a été recensé à toutes les stations. Le campagnol des champs et le campagnol-lemming boréal sont les seules

autres espèces qui ont été observées, avec 5 captures chacune. Ces campagnols ont été capturés dans seulement 3 stations.

Le succès de capture de la présente étude est relativement faible. À titre de comparaison, Fortin et Doucet (2003) ont observé un succès de capture global variant de 4,2 à 53,5 spécimens par 100 nuits-pièges dans la région du réservoir Manicouagan de 1999 à 2001. Le succès de capture du campagnol des champs au cours de ces 3 années a varié entre 0,2 et 12,2 spécimens par 100 nuits-pièges alors que celui du campagnol-lemming boréal a été nul au cours de 2 années et de 7,2 spécimens par 100 nuits-pièges lors du pic d'abondance de 1999. Au Labrador, Simon et collab. (1998) rapportent un succès de capture moyen de 0,3 spécimen par 100 nuits-pièges

Tableau 2. Nombres d'individus de chaque espèce de micromammifères capturés aux 8 stations d'inventaire échantillonnées du 8 au 16 août 2014, Nunavik, Québec.

Station	Effort de piégeage (nuits-pièges)	Lemming d'Ungava	Campagnol des champs	Campagnol-lemming boréal	Total
1	647,5	6	1	1	8
2	648,0	8	0	0	8
3	659,5	3	0	0	3
4	661,0	1	0	0	1
5	682,0	2	0	0	2
6	673,5	1	0	0	1
7	667,5	16	1	1	18
8	572,5	1	3	3	7
Total	5 211,5	38	5	5	48

pour le campagnol des champs. Crête et collab. (1997) ont pour leur part observé, sur des îles situées au nord de la forêt boréale québécoise, un succès de capture moyen de 0,14 et 0,52 spécimen par 100 nuits-pièges pour le campagnol des champs et de 0,02 et 0,10 spécimen par 100 nuits-pièges pour le campagnol-lemming boréal, selon les milieux.

Seul le lemming d'Ungava a été capturé dans les stations avec un faible couvert en herbes (4, 5 et 6) alors que le recouvrement en herbes était élevé dans les 3 stations où les 3 espèces ont été capturées (1, 7 et 8). Ces résultats correspondent bien aux connaissances disponibles puisque les milieux herbeux seraient les habitats préférentiels du campagnol des champs (Desrosiers et collab., 2002; Naughton, 2012) et du campagnol-lemming boréal (Reichel et Corn, 1997; Linzey et NatureServe, 2008). Les dénudés secs et les muscinaies ne semblent donc pas propices à ces 2 espèces, alors que le lemming d'Ungava y était présent, mais apparemment à de faibles densités.

La seule station où l'espèce la plus fréquemment capturée n'était pas le lemming d'Ungava est la station 8. À cette station, 6 des 7 individus capturés étaient des campagnols des champs ($n = 3$) ou des campagnols-lemmings boréaux ($n = 3$). Cette station était située dans une pente abrupte présentant plusieurs anfractuosités rocheuses (figure 6) et localisée en bordure d'une rivière, soit dans un milieu semblable à celui observé sur la figure 4. Les trappes ont été disposées à la fois à l'entrée et à l'intérieur des anfractuosités ainsi qu'en bordure de la rivière, le long de petites dépressions plus ou moins linéaires. Ces micro-habitats pourraient être propices pour les campagnols, ce qui expliquerait que les résultats étaient vraiment différents à la station voisine (station 7: 16 lemmings d'Ungava sur les 18 captures), pourtant située qu'à environ 175 m, et où de tels micro-habitats étaient très peu disponibles.

Le campagnol-lemming boréal utilise une variété d'habitats (humides et secs, ouverts et forestiers) où les herbes abondent et lui procurent nourriture et couvert (Desrosiers et collab., 2002; Fortin et Doucet, 2003; Naughton, 2012). Ainsi, contrairement à ce que son nom anglais (*northern bog*



Figure 6. Vue de la station d'inventaire 8, un des sites de capture du campagnol-lemming boréal.

Christian Fortin

lemming) laisse sous-entendre, ce campagnol n'est pas restreint aux tourbières. Dans la présente étude, l'espèce a été capturée dans des milieux mésiques (prairie) et humides (marais) où les herbes abondaient.

Nos résultats doivent être interprétés dans le contexte où les populations de lemmings d'Ungava n'étaient pas à un pic d'abondance au moment de l'inventaire. Les populations de lemmings sont reconnues pour leurs fluctuations cycliques multi-annuelles de densités. Ces cycles possèdent une périodicité régulière d'environ 3 à 4 ans, mais l'amplitude de ces fluctuations peut varier considérablement d'un cycle à l'autre (Gruyer et collab., 2008; Krebs, 2011). Dans l'aire d'étude, le pic d'abondance semble, selon les informations disponibles, être survenu en 2013. En effet, Robillard et collab. (2013), au cours de leur étude sur le harfang des neiges (*Bubo scandiacus*), ont noté une forte abondance de petits mammifères, en particulier des lemmings, lors de leurs déplacements sur le terrain en 2013. De même, nous avons eu de nombreux témoignages des ouvriers de Mine Raglan à l'effet que les lemmings étaient particulièrement abondants l'année précédant notre inventaire.

Les captures de campagnols-lemmings boréaux de la présente étude sont particulièrement intéressantes puisqu'il s'agit des mentions publiées les plus nordiques au Québec pour cette espèce (figure 1). La mention précédente la plus septentrionale (59° 58' 30" N.) provenait d'un secteur tout près du village de Kangirsuk (Harper, 1961), soit à 273 km au sud de la station 1 et à 311 km au sud des stations 7 et 8. Elle a été rapportée en 1949 par Craig Ludwig, alors gestionnaire au Musée national d'histoire naturelle de la Smithsonian Institution (Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, 2015).

Fait intéressant, 2 campagnols-lemmings boréaux ont été capturés en août 2014 dans le parc national des Pingualuit, soit tout juste au sud de la présente aire d'étude (Parcs Nunavik, communication personnelle; figure 1). Il est donc probable que la distribution spatiale de ce campagnol soit assez générale dans cette partie de son aire de répartition.

La présente étude nous rappelle l'importance d'être vigilant lorsque l'on interprète des cartes de répartition d'espèces peu étudiées, tout particulièrement dans une région peu accessible et peu inventoriée comme le Nunavik. Le développement des régions nordiques prévu au cours des prochaines décennies et les études d'impacts associées permettront de préciser l'aire de répartition de plusieurs espèces.

Remerciements

Ce projet a pu se réaliser grâce à l'appui logistique et financier de Mine Raglan. Nous tenons à remercier tout particulièrement Eyetsiak Papigatuk pour sa participation aux travaux de terrain. Merci aussi à Marjorie Belzile, Denis Bouchard, Alain Chouinard, Marie-Ève Côté, Mélanie Côté, Jean-Noël Duff, Gilles Lupien, Alexandra Riverain, Hélène Sénéchal et Jean-François Verret pour leurs contributions respectives. Nous remercions également Michel Crête et 2 réviseurs anonymes pour leurs commentaires sur la version préliminaire du texte. Un permis pour la capture des animaux sauvages à des fins scientifiques, éducatives ou de gestion de la faune a été obtenu auprès du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec. ◀

Références

- CRÊTE, M., J. HUOT, M.-J. FORTIN et G.J. DOUCET, 1997. Comparison of plant and animal diversity on new reservoir islands and established lake islands in the northern boreal forest of Québec. *Canadian Field-Naturalist*, 111: 407-416.
- DESROSIERS, N., R. MORIN et J. JUTRAS, 2002. Atlas des micromammifères du Québec. Société de la faune et des parcs du Québec, Direction du développement de la faune, Québec, 92 p.
- FORTIN, C. et G.J. DOUCET, 2003. Communautés de micromammifères le long d'une emprise de lignes de transport d'énergie électrique, située en forêt boréale. *Le Naturaliste canadien*, 127(2): 47-53.
- GOVERNEMENT DU QUÉBEC, 2015. Zones de végétation et domaines bioclimatiques du Québec. Disponible en ligne à : <https://www.mffp.gouv.qc.ca/forets/inventaire/inventaire-zones-carte.jsp>. [Visité le 15-01-26].
- GRUYER, N., G. GAUTHIER et D. BERTEAUX, 2008. Cyclic dynamics of sympatric lemming populations on Bylot Island, Nunavut, Canada. *Canadian Journal of Zoology*, 86: 910-917.
- HARPER, F., 1961. Land and fresh-water mammals of the Ungava Peninsula. Hall, E.R. (édit.). University of Kansas, Museum of Natural History, Miscellaneous Publications No. 27. The Allen Press, Lawrence, 184 p.
- JUTRAS, J., 2005. Protocole pour les inventaires de micromammifères. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec, Direction du Développement de la faune, Québec, 10 p.
- KREBS, C.J., 2011. Of lemmings and snowshoe hares: The ecology of northern Canada. *Proceedings of the Royal Society B*, 278: 481-489.
- LI, T. et J.-P. DUBRUC, 1999. Les provinces naturelles. Niveau I du cadre de référence du Québec. Ministère de l'Environnement, Québec, 90 p.
- LINZEY, A.V. et NATURESERVE (REICHEL, J.D. et G. HAMMERSON), 2008. *Synaptomys borealis*. The IUNN red list of threatened species. Version 2014.3. Disponible en ligne à : <http://www.iucnredlist.org>. [Visité le 15-01-26].
- LUPIEN, G., 2002. Recueil photographique des caractéristiques morphologiques servant à l'identification des micromammifères du Québec. Volume II: rongeurs. Société de la faune et des parcs du Québec, Jonquière, 26 p.
- MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS, 2015. Demande d'information pour la propriété de Mine Raglan au-delà de 2020 (Phases II et III): poursuite des opérations minières à l'est de Katinniq. Extraction de la banque de données sur les micromammifères du Québec (MMACH). Résultats transmis le 15-01-14.
- NAUGHTON, D., 2012. The natural history of Canadian mammals. University of Toronto Press et Canadian Museum of Nature, Toronto, 784 p.
- NELSON, L. et F.W. CLARK, 1973. Correction for sprung traps in catch/effort calculations of trapping results. *Journal of Mammalogy*, 54: 295-298.
- REICHEL, J.D. et J.G. CORN, 1997. Northern bog lemmings: Survey, population parameters, and population analysis. Rapport remis au Kootenai National Forest. Montana Natural Heritage Program, Helena, 27 p.
- ROBILLARD, A., G. GAUTHIER, J.-F. THERRIEN et J. BÉTY, 2013. Étude des mouvements et de la nidification du harfang des neiges au Nunavik. Rapport d'activités présenté à Glencore. Université Laval, Hawk Mountain Sanctuary et Université du Québec à Rimouski, Québec, 17 p.
- SIMON, N.P.P., F.E. SCHWAB, E.M. BAGGS et G.I.M.C.T. COWAN, 1998. Distribution of small mammals among successional and mature forest types in western Labrador. *Canadian Field-Naturalist*, 112: 441-445.

Selection 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

www.lagta.ca



Gervais Comeau
Conseiller en placement



Industrielle Alliance
Valfurs mobiliers inc.
est membre de la FCPE.

1040, avenue Bélédère, bureau 101
Québec (Québec) G1S 3G3

Téléphone : 418 681-7442
Sans frais : 1 800 207-2445
Cellulaire : 418 852-6282
Télécopieur : 418 681-7710
gervais.comeau@lagta.ca

VOTRE PARTENAIRE DE CONFIANCE.

OFFREZ-VOUS UN CADEAU PRINTANIER: *la Flore printanière de Fleurbec*



Spécial
40^e anniversaire :
19,85 \$
au lieu de 36,95 \$

Pour fêter les **40 ans** du lancement de son premier livre *Plantes sauvages printanières*, le Groupe Fleurbec vous offre le meilleur... à prix d'autrefois.

Le successeur de ce premier livre, *Flore printanière*, réunit 123 espèces à floraison « explosant » au printemps. Mais où se trouvent-elles? Dans quels habitats?

Tout au plus une quinzaine de ces plantes, dont le bien connu pissenlit, fréquentent les *lieux ouverts* (champs, villes et autres milieux ensoleillés). Les autres se cachent en milieux ombragés, généralement en forêt, toutes sortes de forêts. C'est dire que dans *Flore printanière*, grosso modo la **flore printanière** c'est aussi la **flore forestière**, et ce volume aurait presque pu s'intituler *Flore forestière*!

La plupart des 123 espèces qui peuplent ce livre habitent donc des forêts. Vivaces, pour la grande majorité, elles s'y trouvent à longueur d'année. Cinq d'entre elles, les printanières éphémères, ne se laissent voir au-dessus du sol que pendant quelques semaines, le temps de fleurir. Elles persistent ensuite seulement grâce à leurs parties souterraines, enfouies.

Flore printanière vous guide pour identifier la centaine d'autres plantes forestières, d'avril à novembre. Car après leur floraison, elles restent bien visibles. Et facilement identifiables grâce aux descriptions et aux nombreuses photos de *Flore printanière*. Guide en main, ne manquez rien de leurs transformations à travers les saisons.

Parue en 2002, *Flore printanière* compte plus du double de pages de *Plantes sauvages printanières* de 1975 (576 contre 252), une trentaine d'espèces de plus, une centaine de cartes de répartition. Toutes les photographies (290) sont nouvelles, et tous les textes, aussi. C'est donc un livre complètement nouveau.

- Regroupe plus d'un tiers de millions de guides de terrain vendus en 40 ans, totalisant environ 3 000 pages, 520 dossiers de plantes traités en détail, environ 1 500 photos publiées et plus de 320 cartes.
- Rassemble des équipes qui travaillent de concert depuis 1973, qui ont déjà publié 7 guides de terrain et un guide de cuisine raisonnée mettant en valeur les plantes sauvages.
- Présente des textes rédigés par des botanistes professionnels triés sur le volet, détenteurs de diplômes universitaires.

FLEURBEC

- Produit des guides conçus pour le Québec, cependant utilisables de l'Atlantique jusqu'au Manitoba et du Nunavik à la Virginie où poussent les mêmes espèces.
- Assure une identification des photos au-dessus de tout soupçon.
- Offre des photos impeccables, nettes et précises, mettant en valeur les caractères spécifiques qui permettent une identification sûre.
- Est une introduction à la Flore laurentienne de Marie-Victorin qui, elle, fête ses 80 ans.

Commandes en ligne, à frais postaux réduits :
www.fleurbec.com

Les livres

Guide de reconnaissance des habitats forestiers des plantes menacées ou vulnérables : Abitibi-Témiscamingue et Nord-du-Québec (secteur sud-ouest)



Un nouveau guide de reconnaissance des habitats forestiers des plantes menacées ou vulnérables vient de paraître. Cinquième d'une série de 6 guides destinés à couvrir l'ensemble du territoire forestier québécois, il concerne la région de l'Abitibi-Témiscamingue ainsi que la partie de la région Nord-du-Québec située au sud de la limite nordique des forêts exploitées. Fruit d'une collaboration entre le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs et le ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, ce guide s'adresse à ceux qui interviennent dans les

forêts publiques et privées. Conçu pour aider à mieux orienter les efforts d'inventaire et de conservation de la diversité forestière, il présente, sous forme d'un tableau, les caractéristiques des habitats forestiers susceptibles d'abriter des plantes menacées ou vulnérables. On y trouve également un aperçu du contexte écologique régional, une synthèse des connaissances de la flore menacée ou vulnérable du territoire, des fiches descriptives et des cartes de répartition des espèces concernées. Les 5 guides publiés à ce jour sont en vente aux Publications du Québec. Il est possible de s'en procurer une version numérique en format PDF, disponible en ligne à : <https://www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/guide-plantes-menacees-2014.pdf>.

Labrecque, Jacques, Norman Dignard, Pierre Petitclerc, Line Couillard, Abdoul Ousmanne Dia et Denis Bastien, 2014. *Guide de reconnaissance des habitats forestiers des plantes menacées ou vulnérables : Abitibi-Témiscamingue et Nord-du-Québec (secteur sud-ouest)*. Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs et ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Québec, 148 pages. (Prix régulier = 15 \$; membres de la Société = 13,80 \$*)

Source : Norman Dignard

Orchidées du bout du monde



Avec quelque 30 000 espèces décrites, les orchidées forment l'une des familles du règne végétal les plus diversifiées et évoluées. Serait-ce à cause de leurs formes extravagantes, de leurs parfums entêtants ou de leur mode de vie complexe – la plupart sont épiphytes – les orchidées ont suscité et suscitent toujours beaucoup d'intérêt. La présence de nombreux clubs d'orchidophiles suffit pour s'en convaincre. Dans ce nouvel ouvrage, Catherine Vadon s'est concentrée sur la passion qu'ont

suscitée les orchidées au 19^e et au début du 20^e siècle. Comme 95 % des orchidées croissent sous les tropiques, les naturalistes qui accompagnèrent les explorateurs européens, à cette période, en rapportèrent un grand nombre. Rapidement, il y eut des tentatives de culture qui finirent par réussir. La bourgeoisie s'intéressa rapidement à ces plantes exotiques dont la possession témoignait de la réussite sociale. Ce nouveau marché amena l'apparition de chasseurs d'orchidées qui parcouraient les forêts tropicales à la recherche de nouvelles espèces, ainsi que d'importateurs qui organisaient des encans pour les vendre aux plus offrants. Cette passion et cette effervescence durèrent plusieurs décennies. Ce nouvel ouvrage, richement illustré et concis, intéressera les orchidophiles passionnés, mais aussi ceux et celles qui portent intérêt à l'histoire et à la sociologie sous l'angle des relations complexes que les humains entretiennent avec la nature. Il s'agit d'un ouvrage qu'il faut étiqueter « beau livre ».

Vadon, Catherine, 2014. *Orchidées du bout du monde*. Éditions de la Martinière, Paris, 224 pages. (Prix régulier = 84,95 \$; membres de la Société = 69,65 \$*)

Source : Michel Crête

* La librairie L'Horti-centre du Québec offre aux membres de la Société Provancher un rabais de 18 % pour ce livre :

HORTI-CENTRE DU QUÉBEC INC. Division CLUB DE LIVRES HORTIGRAF

2020, rue Jules-Verne, Québec (Québec) G2G 2R2

Tél. : 418 872-0869, poste 117; téléc. : 418 872-7428;

courriel : horti-centre@floraliesjouvence.ca

Vie de la Société

Les conférences de la Société Provancher

Au-delà des préjugés et des mythes : le monde fascinant des insectes forestiers

Le 19 novembre 2014, la Société Provancher d'histoire naturelle du Canada recevait M. Richard Berthiaume, biologiste, Ph. D., et coordonnateur du Consortium de recherche forestière iFor de l'Université Laval, pour une conférence sur les insectes forestiers.

À l'aide d'exemples reliés au monde forestier et particulièrement à l'arpenreuse de la pruche (*Lambdina fuscicollis fuscicollis*) et au longicorne noir (*Monochamus scutellatus*), M. Berthiaume a parlé du fonctionnement et des capacités d'adaptation que possèdent les insectes afin de tirer avantage de leur environnement.

En agronomie tout comme en foresterie, les insectes causent des dommages importants aux végétaux et peuvent ainsi réduire la rentabilité des exploitations. Dans le domaine forestier, les insectes ravageurs qui sont souvent des défoliateurs et des perceurs du bois, arrivent aussi à changer passablement la composition forestière des paysages.

M. Berthiaume, qui a beaucoup étudié l'arpenreuse de la pruche dans ses travaux, a fait part de ses connaissances sur la dynamique des populations de cet insecte et ses adaptations plus locales sur le territoire. Par exemple, des différences existent dans le nombre des stades larvaires de cet insecte entre le sud et le nord de la province. Alors qu'on trouvera 4 stades larvaires de l'insecte au nord, il s'en développera 5 au sud, les populations étant fortement influencées par la température. Des différences sont observées également dans le nombre d'œufs pondus par les femelles et au niveau de la taille de ceux-ci.

Les données sur les épidémies d'arpenreuse de la pruche au Québec depuis 1900 nous apprennent que l'insecte a occupé les forêts résineuses de la Côte-Nord et de l'Est du Québec. Fait plus rare, depuis 2012, il est présent plus à l'ouest, dans le parc national de la Jacques-Cartier, dans la réserve faunique des Laurentides et à la Forêt Montmorency. Plus de 3 000 ha ont été touchés après 3 années d'infestation dans les sapinières de ces secteurs depuis 2012.

En terminant sa conférence, M. Berthiaume a partagé avec l'auditoire quelques observations concernant le longicorne noir. Elles en disaient long sur la capacité de cet insecte, dit secondaire, à détériorer rapidement le bois après les feux et les épidémies. Les études qui sont faites par les chercheurs avec des tomoglyphes ont notamment permis de calculer l'étonnante progression de l'insecte dans les galeries qu'il perce.

C'est avec passion que le conférencier a su capter son auditoire et témoigner de l'importance de pousser la recherche en entomologie forestière. L'ensemble de ces connaissances nous en apprend certes davantage sur les insectes eux-mêmes mais aussi sur leurs relations avec les activités humaines.

Source : Élisabeth Bossert, Société Provancher



Richard Berthiaume, conférencier

R. Berthiaume

L'avenir du caribou au Québec

La Société Provancher d'histoire naturelle du Canada recevait M. Denis Vandal, biologiste, M. Sc., le 28 janvier 2015, à Québec pour une conférence sur le caribou. Une cinquantaine de personnes ont assisté à cette présentation : « L'avenir du caribou au Québec ». Le sujet est d'actualité alors qu'on s'inquiète de la dynamique de plusieurs populations de cette espèce. M. Vandal, qui a travaillé plus de 30 ans dans le nord du Québec, bénéficie d'une expérience solide en gestion faunique. Il a su captiver son auditoire en faisant référence non seulement aux aspects scientifiques du dossier mais aussi aux considérations légales, juridiques, politiques et médiatiques.

Faisant d'abord un historique, il a fait valoir l'importance du caribou dans la culture autochtone. Il s'agit d'une ressource-clé qui, encore de nos jours, nourrit les communautés avec 9 000 caribous récoltés chaque année, à des fins de subsistance.

Par ailleurs, M. Vandal a fourni des précisions sur les divers écotypes et nous avons été en mesure de connaître les particularités du caribou migrateur, du caribou forestier et du caribou montagnard. L'écotype migrateur est celui vivant le plus au nord dans la province. Actuellement, les populations de la rivière George et de la rivière aux Feuilles baissent. Les suivis qui se font à l'aide de colliers émetteurs fournissent des données sur les déplacements des bêtes avec une assez bonne précision. Elles révèlent que le troupeau de la rivière George, qui comptait 800 000 têtes en 1993, ne totalisait plus que 14 200 individus en 2014. Le troupeau de la rivière aux Feuilles, qui atteignait quant à lui à 600 000 têtes en 2001, a atteint à 430 000 individus en 2011. Ces baisses sont multifactorielles. La présence de prédateurs tels l'ours noir et le loup gris, le taux de survie des femelles qui est à la baisse, la mortalité des jeunes qui est en hausse, le taux de récolte et la présence de parasites sont autant de causes à considérer. Le troupeau de la rivière aux Feuilles est plus stable que celui de la rivière George qui compte davantage de vieux individus. Les principales menaces du caribou migrateur sont reliées à la présence humaine (construction de routes, exploitation minière, développement hydroélectrique ...). Avec les changements climatiques, s'ajoutent des impacts pressentis, comme l'arrivée de nouveaux insectes et parasites pouvant être dévastateurs.



Pierre Fontaine

De gauche à droite, Robert Patenaude, président de la Société Provancher, Denis Vandal, conférencier, Élisabeth Bossert administratrice, Société Provancher.

Ces mêmes menaces guettent aussi le caribou forestier et son habitat. Le caribou forestier demeure un symbole de la forêt boréale. Il vit en hardes et son domaine vital est plus petit. Il recherche des peuplements mûrs d'épinette noire et des dénudés secs. Sa population varie entre 6 000 et 8 500 têtes. Il a aussi comme prédateurs l'ours et le loup. La perturbation de son habitat devient critique quand elle atteint entre 30 et 45 %.

En ce qui concerne le caribou montagnard, celui-ci vit en Gaspésie et dans les monts Torngat, sur des plateaux à plus de 700 m d'altitude. Le troupeau de la Gaspésie est en déclin depuis 1950 et son suivi est assez bien documenté.

Il n'est pas facile de répondre à la question : « Quel est l'avenir du caribou au Québec ? ». La difficulté est reliée à la conciliation entre conservation et développement économique. Il ne faut pas tarder; les années à venir seront cruciales pour la sauvegarde de cette espèce et de son habitat. Entre autres, des actions importantes découlant du Plan de rétablissement du caribou forestier 2013-2023 sont attendues. Le travail concerté des nombreux intervenants concernés par l'espèce doit se poursuivre ainsi que les collaborations interprovinciales initiées depuis quelques années.

M. Vandal a terminé sa conférence en nous montrant la photo d'un caribou passablement affaibli, dans un environnement hostile de neige abondante. L'image illustre la vulnérabilité de l'espèce et l'urgence d'agir.

Source : Élisabeth Bossert et Robert Patenaude, Société Provancher

À la découverte de la salamandre cendrée

Le 1^{er} avril 2015, la Société Provancher d'histoire naturelle du Canada recevait M. Jean-David Moore pour sa conférence intitulée : À la découverte de la salamandre cendrée. M. Moore est ingénieur forestier et chercheur au ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec. Ses travaux portent sur le chaulage des érablières et la fertilisation de la forêt boréale. Il connaît aussi très bien la faune du sol et a fait saisir à son auditoire toute l'importance de celle-ci. La salamandre cendrée (*Plethodon cinereus*) est une des 10 espèces d'urodèles du Québec. Elle fait partie de cette faune du sol qui est si intéressante mais, hélas, méconnue de plusieurs.

En début de sa conférence, M. Moore a présenté les caractéristiques physiques et morphologiques de la salamandre et son aire de répartition. La salamandre cendrée demeure très présente dans le nord-est de l'Amérique du Nord. Il s'agit d'une espèce passablement documentée, depuis 150 ans, mais dont les connaissances évoluent encore. Nous avons appris que son cycle de vie se passe entièrement en forêt et que son rôle dans la chaîne alimentaire est déterminant. Au Québec, son habitat se trouve dans l'érablière, la forêt boréale mixte et, plus rarement, dans la forêt boréale résineuse.

Lorsqu'on s'intéresse à la faune du sol, il faut avoir le souci d'observer ce qui se passe dans les microhabitats. La salamandre cendrée choisit particulièrement les débris ligneux pour s'installer. Il est captivant de voir à quel point cette espèce est sensible aux modifications de son habitat. Elle a toutefois une grande résilience lorsque certains attributs de son habitat sont conservés.

Ce qui frappe chez la salamandre cendrée, c'est sa coloration qui peut être très variable au sein des populations. On reconnaît 2 types de coloration à l'espèce : la salamandre cendrée à dos rouge et celle à dos de plomb. Il existe de plus 6 types secondaires (erythristique, iridistique, albinos, leucistique, amélanistique, mélanistique) de coloration et cela interpelle les scientifiques.

Parmi ses travaux, M. Moore a installé un dispositif dans une érablière de Duchesnay pour étudier la résilience de la salamandre cendrée face aux pluies acides. Il a utilisé des rondelles de bois déposées sur l'humus forestier afin d'attirer la salamandre cendrée et suivre son taux de survie ainsi que son état de santé grâce à des observations de poids et de taille des individus. Fait surprenant, l'abondance de cette salamandre était très élevée, même dans les sols très acides ! Dans d'autres érablières de Duchesnay, la résilience de la salamandre cendrée face à 2 traitements sylvicoles couramment utilisés dans les érablières, la coupe partielle et le chaulage, a aussi été étudiée. Une bonne résilience a été notée dans les 2 cas. Dans les secteurs de coupes, la proximité des massifs forestiers, le rétablissement rapide de la végétation après coupe et la présence de débris ligneux ont contribué au maintien de l'espèce. En terminant, M. Moore a partagé avec l'auditoire ses observations en milieu urbain. Il s'intéresse à la salamandre cendrée de quelques petits boisés urbains de moins de 3 ha de la région de Québec. L'espèce est bien adaptée aux conditions du milieu malgré la fragmentation des boisés que crée l'urbanisation. Comme son domaine vital est de quelques mètres carrés et qu'elle n'a pas besoin de cours d'eau pour sa reproduction, la salamandre dispose là également d'atouts appréciables pour sa survie dans ces écosystèmes restreints.

Source : Élisabeth Bossert et Robert Patenaude, Société Provancher



Jean-David Moore

La salamandre cendrée.

Souper reconnaissance du 29 janvier 2015

La force d'une association repose en grande partie sur la force de ses effectifs. Le dynamisme des dirigeants et le dévouement des autres administrateurs assurent la planification et le succès des projets mis de l'avant. Mais cette réussite est aussi attribuable, en grande partie, aux nombreux bénévoles qui, dans l'ombre, œuvrent aux côtés des porteurs de dossiers, quand ils ne sont pas eux-mêmes les responsables de ces dossiers. En guise de remerciements pour cette aide indéfectible, le conseil d'administration a convié ces dévoués collaborateurs à un souper reconnaissance au restaurant *Le Piolet*. Souhaitant la bienvenue à la trentaine de convives présents, l'organisateur de la soirée, Réginald Ouellet, invita la directrice du *Piolet* à expliquer la vocation de ce centre de formation et de réinsertion sociale. Par la suite, le président de la Société, Robert Patenaude, remercia l'assistance d'avoir répondu favorablement à l'invitation et précisa la raison d'être de cette rencontre, soit de rendre hommage aux bénévoles de la Société.

Avant de présenter les bénévoles présents, le président souligna la participation particulière de Jean-Claude Caron, membre de la Société depuis 54 ans, qui a siégé au conseil d'administration durant 44 ans, dont 9 ans à titre de président. Il profita de la circonstance pour lui remettre une carte de membre à vie.

Tout au long du repas qui suivit, les invités ont pu échanger allègrement tout en dégustant les plats offerts par le Chef et servis par un personnel affable. Après le repas, M. Ouellet procéda au tirage des nombreux prix offerts par nos commanditaires et quelques membres du conseil.

Une soirée très agréable. Elle a permis aux administrateurs de connaître les collaborateurs bénévoles et aux bénévoles de se connaître entre eux. De telles rencontres renforcent les liens et contribuent à assurer une relève.

Source : Jean-Claude Caron



Jean-Claude Caron



Jean-Claude Caron



Jean-Claude Caron

Le charme hivernal au marais Léon-Provancher

La Société Provancher d'histoire naturelle du Canada et La Maison Léon-Provancher ont accueilli plusieurs familles et amoureux de nature au marais Léon-Provancher, le samedi 14 février 2015. C'était une Saint-Valentin toute particulière alors que se déroulait l'événement « Tombez en amour avec l'hiver ». Malgré le froid, plus de 100 personnes ont profité des différentes activités proposées.

En collaboration avec Les Primitifs, il était possible de démystifier la construction d'un « quinzie » permettant de s'abriter sous la neige. Le long du sentier de la faune, le public pouvait parfaire ses connaissances sur le cerf de Virginie et son habitat. De plus, un jeu de piste permettait de reconnaître les traces de pas de plusieurs espèces qui fréquentent le marais. La technologie de suivi de la faune à l'aide de colliers émetteurs a su captiver les grands comme les petits. L'identification hivernale des arbres avec leurs bourgeons et d'autres caractéristiques était également



Yvan Bédard

au menu. Au retour, l'odeur épicée d'un breuvage chaud aux pommes se faisait sentir tout autour du préau!

Cette activité marquait aussi le lancement du second circuit de BaladoDécouverte offert au marais Léon-Provancher, celui de la saison hivernale. Ce projet très novateur offre aux nombreux visiteurs du marais une application électronique de découverte des habitats du marais. D'une simple touche sur une tablette ou sur un téléphone intelligent, les visiteurs ont accès à une description de l'environnement et de la faune de ce milieu humide exceptionnel. Le circuit interactif d'interprétation de la BaladoDécouverte d'hiver propose 7 arrêts sur une distance d'environ 2,5 km, dont la visite de 3 types d'habitats : la friche, la forêt ainsi que le rivage du fleuve. Le circuit peut être téléchargé en ligne à : <http://baladodecouverte.com/circuits/476/les-saisons-au-marais-provancher--lhiver>.

Le projet « Les saisons au marais Léon-Provancher » est rendu possible grâce à la collaboration des partenaires suivants : La Fondation de la faune du Québec, Lussier Cabinet d'assurances, la Caisse Desjardins de Neuville, la Ville de Neuville, l'Association des sauvagins de la grande région de Québec, la Fédération québécoise des chasseurs et pêcheurs (Héritage faune), la Fondation québécoise pour la protection du patrimoine naturel, Canards Illimités, Michel Matte, député de Portneuf, ainsi que des acteurs locaux et de nombreux bénévoles. Les travaux entourant la réalisation de ce projet se dérouleront jusqu'en décembre 2015.

La Société Provancher d'histoire naturelle du Canada et La Maison Léon-Provancher sont particulièrement fières de ce projet qu'elles réalisent conjointement.

Source : Élisabeth Bossert, Société Provancher et Virginie Benjamin, Maison Léon-Provancher

Saviez-vous que...

25^e anniversaire de la Loi sur les espèces menacées ou vulnérables

La Loi sur les espèces menacées ou vulnérables (LEMV) est entrée en vigueur le 22 juin 1989. Deuxième province canadienne à se doter d'une telle loi, le Québec se donnait alors les moyens de protéger l'ensemble de la diversité des espèces présentes sur son territoire. Jusqu'alors, seules les espèces fauniques et leurs habitats pouvaient bénéficier d'une protection légale en vertu de la Loi sur la conservation et la mise en valeur de la faune. À partir de ce jour, la flore allait aussi devenir un des enjeux de la conservation de la biodiversité du Québec.

En prévision de l'adoption de cette loi, le gouvernement du Québec s'était aussi doté, en 1988, d'un outil permettant de recueillir, de traiter et de diffuser l'information sur les espèces nécessitant une attention particulière. Enfin, le gouvernement adoptera, en 1992, la Politique sur les espèces menacées ou vulnérables, laquelle précise, notamment, le cadre général d'application de la LEMV et le processus de désignation des espèces et des habitats à protéger. Tout était alors en place pour que se poursuivent, dans un cadre officiel, les activités de conservation des espèces menacées ou vulnérables.

En 1993, le Comité aviseur sur la flore menacée ou vulnérable, responsable de la désignation des espèces floristiques, est mis sur pied, et la première liste des espèces menacées ou vulnérables susceptibles d'être ainsi désignées est publiée. En 1994, c'est au tour du Comité aviseur sur les espèces fauniques menacées ou vulnérables du Québec d'être créé. Où en sommes-nous aujourd'hui ?

La liste des espèces susceptibles d'être désignées menacées ou vulnérables comprend :

- 115 espèces fauniques, dont 72 vertébrées et 43 invertébrées;
- 507 espèces floristiques, dont 314 vasculaires et 193 invasculaires.

La liste des espèces désignées menacées ou vulnérables en vertu de la LEMV comprend :

- 38 espèces fauniques, dont 20 menacées et 18 vulnérables;
- 78 espèces floristiques, dont 57 menacées et 21 vulnérables.

Source : MDDELCC (disponible en ligne à : <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/biodiversite/25-ans/index.htm>)

De quoi meurent les bélugas ?

Chaque année, une quinzaine de bélugas sont trouvés échoués sur les rivages du Saint-Laurent. De quoi sont-ils morts ? L'examen de ces carcasses en dit long sur la santé de la population et suggère des pistes de solution pour son rétablissement.

Le réseau de récupération des carcasses de bélugas existe depuis 1982; ce sont 469 bélugas qui ont été découverts depuis, principalement dans l'estuaire entre avril et novembre, atteignant un pic de mai à août.

L'analyse des 222 bélugas examinés entre 1983 et 2012 a permis de déterminer que les maladies infectieuses d'origine parasitaire (32 %) sont les causes de mortalité les plus fréquentes chez les jeunes bélugas, en particulier la pneumonie vermineuse. Les maladies d'origine bactérienne ainsi que le cancer, particulièrement ceux du système digestif, seraient les principales causes de mortalité chez les bélugas adultes. Toutefois, ces cancers sont à la baisse; aucun béluga né après 1971 n'en est mort, ce qui coïncide avec l'instauration de mesures pour bannir ou mieux encadrer plusieurs contaminants. Les autres

causes de mortalité sont les collisions avec des bateaux, l'inanition, l'empêchement dans des engins de pêche ainsi que l'intoxication à la saxitoxine produite par l'algue *Alexandrium tamarense*.

Le nombre de nouveau-nés trouvés morts a été exceptionnellement élevé en 2008 (8), 2010 (8) et 2012 (16), comparativement à un nombre variant entre 0 et 3 dans les années antérieures. En 2008, ces mortalités auraient été associées, entre autres, à un bloom de l'algue toxique *Alexandrium tamarense* dans l'estuaire, une marée rouge. Cette algue produit des neurotoxines paralysantes pouvant entraîner la mort en bloquant les muscles respiratoires. Beaucoup d'autres animaux marins (oiseaux, poissons, phoques et marsouins communs) avaient connu des mortalités inhabituelles lors de cet épisode.

En 2010 et 2012, d'autres facteurs auraient réduit les chances de survie des jeunes. Cette période coïncide avec une période de changements importants en ce qui concerne leurs proies, la diminution du couvert de glace en hiver et l'augmentation de la température de l'eau. Parallèlement, depuis 2010, une hausse des femelles mortes de complications liées à la naissance (15 %) a été observée, ce qui suggère une problématique liée à la reproduction. Finalement, la mortalité chez les adultes n'a montré aucune tendance temporelle durant la période d'étude. La probabilité de rencontrer une carcasse de béluga adulte était la même quel que soit le sexe de l'animal ou l'année de la période d'étude.

Enfin, l'âge moyen des femelles trouvées mortes a été à la baisse depuis les années 2000; les femelles meurent plus jeunes. L'âge des bélugas morts est déterminé à partir des couches de croissance de leurs dents.

Source : Baleines en direct, GREMM

Brochures sur les changements climatiques au Québec

Alors que la réduction des émissions de gaz à effet de serre est un enjeu planétaire, la gestion des risques climatiques, elle, relève davantage des autorités locales. C'est pourquoi, le Regroupement national des conseils régionaux de l'environnement (RNCREQ) a produit 16 brochures (une par région) « Faire face aux changements climatiques au Québec ». L'organisme souhaite ainsi sensibiliser et interpeller les décideurs sur le rôle qu'ils ont à jouer pour mieux gérer les risques climatiques.

Source : L'Écho du Saint-Laurent n° 38

Une bibliothèque virtuelle du lac Saint-Pierre

Le Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les Changements climatiques (MDDELCC) vient de mettre en ligne la bibliothèque virtuelle du lac Saint-Pierre qui permet de partager et de diffuser les connaissances relatives à cet écosystème unique et d'appuyer les travaux des différents partenaires de la Stratégie d'intervention pour l'avenir du lac Saint-Pierre.

Elle contient plus de 500 références bibliographiques. La majorité des publications sont en français, mais plusieurs d'entre elles ne sont disponibles qu'en anglais. Pour disposer de l'ensemble de la documentation, il faudra donc lancer 2 recherches consécutives en utilisant le même mot-clé dans chaque langue (exemple : perchaude et yellow perch). La bibliothèque virtuelle est disponible en ligne à : http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/bibliotheque/lac_st_pierre/index.asp.

Source : L'Écho du Saint-Laurent n° 37

Le retour du sébaste?

Au début des années 1990, le sébaste fait les beaux jours de la pêche commerciale dans le golfe du Saint-Laurent. Mais en 1995, le stock s'effondre. Un moratoire est instauré et la pêche au sébaste devient interdite.

Quinze ans plus tard, soit en 2010, le stock n'est toujours pas rétabli et la principale population locale est désignée « en voie de disparition » par le Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC). Cette désignation est principalement motivée par 2 facteurs. Premièrement, la quantité de sébaste n'a cessé de décliner à la suite de l'effondrement du stock. Deuxièmement, aucun recrutement significatif n'a été observé en 30 ans, c'est-à-dire depuis la forte classe d'âge de 1980.

En 2013, différents relevés scientifiques de Pêches et Océans Canada créent la surprise : le golfe du Saint-Laurent est tapissé d'une couche de jeunes sébastes âgés de 2 ans, donc nés en 2011. Les relevés de 2014 confirment les observations et révèlent également la présence d'une abondante classe d'âge produite en 2012.

Dans le passé, plusieurs classes d'âge prometteuses au stade juvénile (1985, 1988, 2003) ont disparu du golfe du Saint-Laurent avant d'atteindre la taille adulte. Est-ce que les classes d'âge de 2011 et 2012 auront davantage de succès et contribueront au rétablissement de la population du golfe du Saint-Laurent? C'est ce que laisse espérer une série d'études génétiques basées sur des marqueurs d'ADN microsatellites.

Les connaissances scientifiques actuelles permettent de prédire, avec davantage de confiance, le destin de la cohorte de 2011 du golfe du Saint-Laurent. Cependant, les raisons expliquant le succès de cette classe d'âge, après plus de 30 ans d'absence de recrutement significatif dans le golfe, sont encore inconnues. Par conséquent, malgré l'optimisme généré par la classe d'âge de 2011, la nature épisodique du recrutement chez le sébaste demeure une source d'incertitude importante pour la compréhension et la gestion à long terme des stocks de sébastes.

Source : *Infocéans*, vol 18, n° 2

15 au 17 octobre – Ateliers sur la conservation des milieux naturels

Les Ateliers sur la conservation des milieux naturels visent à soutenir les organismes communautaires dans leurs initiatives locales et régionales de protection et de mise en valeur de sites naturels sensibles et riches en biodiversité. L'événement offre aux organismes

des ateliers de formation de différents niveaux, débutants ou expérimentés. Ces ateliers de formation portent sur les moyens de protéger les milieux naturels ou encore les façons de les gérer et de les mettre en valeur. De façon générale, les Ateliers sur la conservation des milieux naturels appuient les groupes dans leur recherche d'autonomie financière et d'efficacité administrative.

En 2015, ils se tiendront du 15 au 17 octobre à l'Hôtel & Spa du Mont-Gabriel à Sainte-Adèle.

Source: Nature Québec



Le Portrait global de l'état du Saint-Laurent

Réalisé dans le cadre du Plan d'action Saint-Laurent, le Portrait global de l'état du Saint-Laurent dresse un bilan de l'état de santé du fleuve. Il est édité aux cinq ans. Le Portrait s'appuie sur des données provenant d'une série d'indicateurs environnementaux faisant l'objet d'un programme de suivi de l'état du Saint-Laurent par 5 partenaires gouvernementaux du Canada et du Québec et par le réseau de Stratégie Saint-Laurent (comités ZIP).



En 2014, le Saint-Laurent affiche un bilan de santé présentant un équilibre fragile. À la suite de la réintroduction du bar rayé, on enregistre une progression importante de la reproduction naturelle, de la croissance et de la répartition de cette espèce dans le fleuve. Cette bonne nouvelle est cependant ternie par l'état des populations de bélugas et de fous de Bassan qui connaissent une chute notable. Le Portrait soulève également l'enjeu de la dégradation de l'habitat des poissons au lac Saint-Pierre et celui de la contamination toxique par des substances émergentes.

Source : *L'Écho du Saint-Laurent*, n° 39

G3E: 25 ans d'implication pour la protection de l'eau !

Le 9 avril dernier, le Groupe d'éducation et d'écosurveillance de l'eau (G3E) célébrait son 25^e anniversaire en compagnie d'élèves et de professeurs ayant participé aux programmes d'écosurveillance « J'Adopte un cours d'eau » et « Survol Benthos » ainsi que d'organismes partenaires, de bailleurs de fonds et de ses membres. Pour l'occasion, le G3E a mis de l'avant des écoles qui participent à ces programmes par, notamment, l'entremise de Pierre Morin, enseignant, ainsi qu'Annie Turgeon et Catherine Labonté, étudiantes, qui ont présenté l'implication de la Polyvalente de l'Ancienne-Lorette. Cette dernière compte à son actif 9 ans de participation à « J'adopte un cours d'eau » et 12 corvées annuelles de nettoyage!

Pendant l'évènement, les écoles ayant réalisé des programmes d'écosurveillance sur le territoire de la Capitale nationale entre 2013 et 2015 se sont vues remettre des reconnaissances par les représentants des bailleurs de fonds de ces programmes.

Source : *L'Écho du Saint-Laurent*, n° 39

Dr MICHEL COUVRETTE

Chirurgien-dentiste

5886 St-Hubert
Montréal (Québec)
Canada H2S 2L7

sur rendez-vous
seulement
274-2373



MESSAGE DE LA FONDATION DE LA FAUNE DU QUÉBEC

ACTUALISATION DU PROGRAMME FAUNE-FORÊT DE LA FONDATION DE LA FAUNE DU QUÉBEC

Active depuis plus de 25 ans en forêt privée, la Fondation de la faune du Québec vient d'actualiser son programme d'aide financière en milieu forestier sur terre privée. Cette adaptation s'inspire des résultats positifs obtenus par les 6 projets pilotes d'aménagement intégré par sous-bassin versant (réalisés de 2010 à 2014) et d'une consultation menée auprès de divers partenaires fauniques, forestiers, environnementaux et gouvernementaux.

Les objectifs poursuivis par la Fondation sont d'encourager la planification des interventions à l'échelle du territoire et d'optimiser les résultats fauniques par un ciblage plus serré des actions de mise en valeur et de conservation.

Le nouveau programme Faune-Forêt soutiendra une plus grande diversité de types de projets visant à maintenir ou à accroître la productivité faunique et la richesse des habitats présents en forêt privée. L'aide pour l'aménagement de l'habitat hivernal

du cerf, pour la conservation volontaire des milieux humides forestiers et pour la conception des plans d'aménagement forêt-faune sera maintenue.

Ainsi, il sera dorénavant possible d'obtenir une aide financière pour des projets dans les champs suivants :

- Aménagement des habitats,
- Conservation volontaire des habitats,
- Conception d'outils de planification des actions de mise en valeur et de conservation des habitats,
- Transfert de connaissance auprès des propriétaires ou groupes d'intervenants,
- Évaluation des résultats fauniques de projets d'aménagement.

Les propriétaires peuvent bénéficier du programme en ayant recours aux services d'un organisme admissible. Tout organisme légalement constitué qui œuvre en forêt privée (syndicat des producteurs forestiers, groupement ou conseiller forestier, agence de mise en valeur, organisme de conservation ou faunique) peut soumettre une demande.

POUR PLUS D'INFORMATION

http://www.fondationdelafaune.qc.ca/initiatives/programmes_aide/
ou contactez-nous au numéro : 418 644-7926, poste 126.





LA SOCIÉTÉ
PROVANCHER
D'HISTOIRE
NATURELLE
DU CANADA

**FORMULAIRE D'ADHÉSION À LA SOCIÉTÉ PROVANCHER
MEMBRE INDIVIDUEL, FAMILIAL ou CORPORATIF**

ANNÉE _____

N° de membre si connu : _____

TITULAIRE DE LA CARTE DE MEMBRE

Nom : _____ Prénom : _____

Adresse : _____

Ville : _____ Province : _____

Code postal : _____ Téléphone : _____

Adresse électronique : _____

CONJOINT (Si carte familiale)

Nom : _____ Prénom : _____

FRAIS D'ADHÉSION

Membre familial : 40 \$ [] Membre individuel : 35 \$ [] Membre corporatif : 80 \$ []

Toute adhésion comme membre individuel ou familial donne droit à la revue *Le Naturaliste canadien* en format électronique. Un supplément de 10 \$ est chargé pour recevoir le format papier. Les membres corporatifs reçoivent automatiquement le format papier uniquement, sans frais additionnel. Veuillez préciser votre choix en complétant la partie suivante :

Je désire recevoir *Le Naturaliste canadien* :

En format électronique : ___ En format papier : ___ (supplément de 10 \$). (Vous pouvez cocher les deux formats).

Je ne désire pas recevoir *Le Naturaliste canadien* : ___

DON : Un reçu pour fins d'impôt est émis pour les dons de dix dollars et plus.

Je fais un don à la Société Provancher au montant de : _____ \$, à répartir ainsi :

Île aux Basques _____ Marais Provancher _____ *Naturaliste canadien* _____ Société Provancher _____

SIGNATURE : _____

Veuillez rédiger votre chèque ou mandat-poste à l'ordre de la Société Provancher et le faire parvenir à l'adresse ci-dessous :

Adhésion - Société Provancher, 1400, route de l'Aéroport, Québec (Québec) G2G 1G6

Site internet : www.provancher.qc.ca/

Téléphone : 418-554-8636

Pour vos randonnées : deux territoires à découvrir...

Le marais Léon-Provancher

Le territoire 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.qc.ca



L'île aux Basques

L'île aux Basques, située 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.qc.ca



Rock Ouimet

Hêtre à grandes feuilles, p. 14



Jean-David Moore

Lumbricus terrestris, p. 14



Christian Fortin

Paysage de la péninsule d'Ungava, p. 42



Alain Mochon

Erythème des étangs (*Erythemis simplicicollis*), lac des Atocas, p. 20

CONVENTION DE LA POSTE-PUBLICATION NO. 40999003
RETOURNER TOUTE CORRESPONDANCE NE POUVANT ÊTRE
LIVRÉE AU CANADA À :
LA SOCIÉTÉ PROVANCHER D'HISTOIRE NATURELLE DU CANADA
1400, ROUTE DE L'AÉROPORT
QUÉBEC QC G7G 1G6