

le naturaliste canadien

Volume 132, numéro 1
Hiver 2008

LA SOCIÉTÉ PROVANÇHER
D'HISTOIRE NATURELLE
DU CANADA

Revue de diffusion des connaissances en sciences naturelles et en environnement



Au sommaire

- **LES PONTS DE GLACE SUR LE FLEUVE SAINT-LAURENT**
- **LES ALGUES BLEUES CONTAMINENT LA PERCHAUDE**
- **HISTORIQUE DE LA CULTURE DU PEUPLIER HYBRIDE AU QUÉBEC**
- **LE RAT MUSQUÉ TIRE PARTI DE L'ÉLIMINATION DES BANDES RIVERAINES**
- **PLANTES RARES ET PETITS MAMMIFÈRES SOUS LES LIGNES ÉLECTRIQUES TRAVERSANT LES FORÊTS**

Clarence Gagnon
Le Pont de glace à Québec, 1920
Huile sur toile, 56,7 x 74,5

Collection Musée national des beaux-arts du Québec – 34.636

LE MOT DU PRÉSIDENT

La poutre

Le bénévolat, force motrice de la Société Provancher.

par Michel Lepage

GENS D'ACTION

Florence Lafon et Germain Bérubé sont passés à l'action

On honore un couple abitibien pionnier de la protection des milieux naturels.

par Michel Lepage

BOTANIQUE

Une récolte du champignon *Cotylidia carpatica* au Québec

Première mention nord-américaine d'un petit champignon associé aux mousses.

par Pierre-Arthur Moreau et Serge Audet

Les plantes d'intérêt dans les emprises de lignes de transport d'énergie électrique situées au Québec

Les milieux forestiers maintenus artificiellement ouverts sous les lignes de transport d'énergie électrique créent des conditions physiques uniques dont pourraient tirer avantage certaines plantes d'intérêt. On en a actuellement recensé neuf au Québec.

*par Jean Deshayé,
Christian Fortin et G. Jean Doucet*

CONSERVATION

Changements de l'occupation du sol dans le Québec méridional entre 1993 et 2001

À l'aide d'images satellites, on a suivi l'évolution de l'utilisation du sol dans le sud du Québec : les pratiques agricoles changent rapidement avec des conséquences possibles sur la biodiversité.

*par Claudie Latendresse, Benoît Jobin,
Charles Maisonneuve, Aïssa Sebbane
et Marcelle Grenier*

ENTOMOLOGIE

3 *Cerceris halone* Banks (Hymenoptera: Crabronidae): une espèce qui s'ajoute à l'entomofaune du Québec 24

Première mention, au Québec, d'une espèce d'hyménoptère nichant dans le sol et strictement dépendante de trois parasites des glands du chêne rouge.

par Luc J. Jobin et Jean-Marie Perron

4 Premier inventaire entomologique dans la réserve écologique de l'île-Garth 26

On connaît encore très mal la faune entomologique québécoise, même celle des aires protégées. Un premier inventaire d'une île protégée de la région de Montréal a permis l'identification de 29 espèces de papillons et de 28 espèces de coléoptères.

*par Richard Berthiaume,
André Beaudoin et Yves Dubuc*

GESTION DE LA FAUNE

10 Micromammifères et emprises de lignes de transport d'énergie électrique situées en milieu forestier 32

On garde la végétation basse sous les lignes de transport d'énergie électrique traversant les grandes forêts du Québec. Ces tranchées dans la forêt semblent peu influencer sur les souris, les campagnols et les musaraignes qui y vivent.

par Christian Fortin et G. Jean Doucet

L'établissement de bandes riveraines arborées: un outil pour réduire la déprédation du rat musqué en milieu agricole 41

L'élimination de bandes riveraines arborées le long de petits cours d'eau modifie la végétation aquatique et la vulnérabilité aux prédateurs. Le rat musqué semble en profiter dans le Bas-Saint-Laurent.

par Geneviève Bourget et Guy Verreault

FORESTERIE

Le peuplier hybride au Québec: une révolution, une évolution! 46

Historique de l'avènement et du développement de la populiculture au Québec. La table est peut-être mise pour utiliser davantage les arbres à croissance rapide.

par Jean Ménétrier

MILIEUX AQUATIQUES

Toxines de cyanobactéries dans les perchaudes: Analyse exploratoire dans quatre lacs du bassin de la rivière Yamaska

56

Les toxines des algues bleues qui prolifèrent maintenant dans plusieurs lacs du Québec s'accumulent dans les poissons: menacent-elles la santé des pêcheurs?

par Charles P. Deblois,
Alain Mochon et Philippe Juneau

Localisation et caractéristiques des frayères à touladi (*Salvelinus namaycush*) du lac Chibougamau

60

Le suivi de touladis munis de radios a permis de découvrir leurs frayères, souvent situées près de parcs à résidus miniers qui laissent échapper des métaux lourds. Y aurait-il un lien avec la faible vigueur reproductrice de ce poisson?

par Sylvie Beaudet et Pascal Ouellet

SCIENCES DE LA MER

Le comportement de déplacement de l'oursin vert

68

Sédentaires, les oursins? Pas du tout. Des techniques modernes de suivi révèlent que leur mobilité est modulée par leur taille, les petits spécimens étant moins mobiles et mieux cachés pour déjouer les prédateurs, alors que les grands individus bougent plus à la recherche de leur nourriture préférée, les laminaires.

par Clément P. Dumont et John H. Himmelman

ENVIRONNEMENT

Les ponts de glace sur le fleuve Saint-Laurent: Un indicateur de la sévérité des hivers entre 1620 et 1910

75

Les ponts de glace formés occasionnellement entre Québec et Lévis ne sont pas passés inaperçus dans l'histoire. Ils témoignent de la rigueur des hivers depuis le XVII^e siècle et montrent que les grandes éruptions volcaniques ont influencé la température hivernale à Québec.

par Daniel Houle, Jean-David Moore

PARCS ET AIRES PROTÉGÉES

Le parc national du Bic: un parc au service de la science, la science au service d'un parc

80

On recherche des sites exceptionnels pour créer un parc de conservation et la richesse de ces lieux attire souvent des chercheurs. Le parc national du Bic l'illustre de façon éloquent.

par Claude Lavoie

LES LIVRES

89

SAVIEZ-VOUS QUE...

94

En page couverture: Cette œuvre du peintre Clarence Gagnon, *Le Pont de glace à Québec*, illustre les propos de Daniel Houle et Jean-David Moore dans leur article en page 75.

Clarence Gagnon
Le Pont de glace à Québec, 1920
Huile sur toile, 56,7 x 74,5 cm
Collection Musée national des beaux-arts du Québec - N° d'accession 34.636
Achat en 1920. Restauration effectuée par le Centre de conservation du Québec
Photo Patrick Altman

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 remercie ses généreux bienfaiteurs

Parrains du *Naturaliste canadien*

Canards Illimités

Fondation de la faune du Québec

Société des établissements de plein-air du Québec (Sépaq)

Amis du *Naturaliste canadien*

Ahern Normandeau, Marguerite · Archambault, Sylvain · Barrière, Serge · Bélanger Denise · Bergeron, André · Bergeron, Michel · Bernier, Conrad · Bérubé, Anne · Billington, Charles · Bonin, Serge · Bouchard, Michel · Bouchard, Yvon · Boucher, Patrice · Boudreau, Francis · Boulé, Robert · Bourassa, Jean-Pierre · Breton, Martin · Brisebois, Ronald · Brisson, Jean-Denis · Brunelle, François · Cantin, Michel · Cantin, Michel · Castonguay, Gérard · Castonguay, Martin · Cavanagh, Robert · Cayouette, Jacques · Charbonneau, Françoise · Charpentier, Yvan · Chayer, Réjean · Clermont, André · Cloutier, Jean-Pierre · Cloutier, Stéphanie · Club des ornithologues du Bas-Saint-Laurent · Colinet, Bernard · Corriveau, Lina · Couture, Pierre · Couture, Richard · Crête, Michel · Dagenais, Michel · De Serres, Marthe · Delisle, Conrad · Delsanne, René · Desautels, Louise · Desbiens, Jean-Yves · Desjardins-Dulac, Monique · Desmarts, André · Després, Denise · Dionne, Jean-Claude · Doré, Marc · Duclos, Isabelle · Dufresne, Camille · Dumas, Guy · Dupuy, Pierre · Dutil, Jean-Denis · Fordin, Michel · Fortier, Gill · Gadbois, Thérèse · Gagné, François · Gauvin, Alain · Giguère, Jean-Roch · Gingras, Pierre · Girard, Aline · Giroux, Pierre A. · Goyer, Suzie · Gratton, Louise · Grimard, Michèle · Hamelin, Louis-Edmond · Hébert, Christian · Hébert, Yves · Huot, Jean · Huot, Lucien · Ironman, Jules · Jodoin, Yvon · Juneau, Michel · Lafond, André · Lafond, Anne-Marie · Laforce, André · Langelier, Valérie · Lanneville, Jean-Louis · Le Bel, Raymonde · Leboeuf, Michel · Leclerc, Marcel · Lefebvre, Chantal · Lemieux, Jacques · Levasseur-St-Arnaud, Huguette · Lévesque, Madeleine · Loïselle, Robert · Marineau, Kim · Martineau, Pierre · Masson, Hélène · Matte, Sylvie · Mercier, Marthe et Jean · Moisan, Gaston · Morisset, Pierre · Nadeau, Yves · Ouellet, Manon · Painchaud, Jean · Paquette, Denis · Payant, Christian · Piuze, Jean · Plante, Louis · Potvin, François · Potvin, Laurent · Potvin, Paule · Pouliot, Yvan · Proulx, André · Proulx, Diane · Rainville, Pierre · Reed, Austin · Renaud, Michel · Roch, J.-François · Rodrigue, Donald · Rouleau, Arlette · Roy, Odette · Sabourin, André · Shaw, Michel · Simard, Annie · St-Laurent, Martin-Hugues · Tremblay, Éric · Trépanier, Claudette · Varin, Michel · Wapler, Michel · Watelet, Anne

Léopold Gaudreau, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs

Bienfaiteurs de la Société Provancher d'histoire naturelle du Canada

Alarie, Martin · Auger, Geneviève · Beudet, Thérèse · Bédard, Michelle · Bédard, Yvan · Bélanger, Claire · Bellefeuille, Hélène · Bellefeuille, Marie · Belzile, Éric · Belzile, Marie · Belzile, Patrick · Benoit, Suzanne · Bernard, Yves · Bertrand, Luce · Boisseau, Jean-Denis · Brisson, Monique · Campagna, Pierre · Caron, Jean-Claude · Charpentier, Yvan · Chartier, Richard · Corbeil, Christian · Cossette, Julie · Coulombe, Josette · D'Anjou, Gay · Déry, Anne · Des Ruisseaux, Alain · Desautels, Renée · Deschamps, Jean · Drolet, Bruno · Drolet, Sylvie · Duchesneau, Roger · Dumas, Gilbert · Dupéré, André · Fontaine, Pierre · Fortin, Jean · Frenette, Carmen · Gagnon, Mireille · Giroux, Marie · Giroux, Michel · Grenier, Claire · Hamel, François · Harvey, Éric-Yves · Henry, Lise · Hrycak, Maurice Jr · Jones, Richard · K · Laflamme, Michel · Kugler, Marianne · Lafontaine, Johanne · Lahaie, Pierre · Lamoureux, Gisèle · Lebel, Mariette · Lebel-Grenier, Sébastien · Leduc, Pierre · Lepage, Daniel · Lepage, Ronald · Lépine, Rachel · Lessard, Camille · Lessard, Daniel · Léveillé, Danielle · Lortie M^{me} J. · Mailloux, Alain · Mailloux, Claude · Marier, Louise · Massicotte, Guy · Mercier, Jacynthe · Messely, Louis · Myette, Claude · Ouellet, Denis · Ouellet, Jocelyn · Paré, Bruno · Perron, Sylvie · Pilote, Lise · Poirier, Michel · Potvin, Christian · Potvin, Denis · Rasmussen, Arne · Rémillard, Chantal · Renaud, Jean · Riou, Nicolas · Rioux, Cybèle · Roberge, Charlotte · Roberge, Jacques · Roberge, Nicole · Robert, Céline · Robert, Michèle · Robert, Roger · Robillard, Jean R · Roy, Clodin · Sénéchal, André · Soly, Geneviève · St-André, Ghislaine · Trépanier, Laurent · Van Nieuwenhove, Claude · Veilleux, François · Vigneux, Jean · Violette, Michèle



LA SOCIÉTÉ
PROVANCHER
D'HISTOIRE
NATURELLE
DU CANADA

Président

Michel Lepage

1^{er} Vice-président

Éric Yves Harvey

2^e Vice-président

Jean Fortin

Secrétaire

Michel Cantin

Tésorier

André St-Hilaire

Administrateurs

Michel Bélanger
Jean-Claude Caron
Richard Jones
Sylvie Matte
Réginald Ouellet
Marie-Nancy Paquet
Jean Piuze
Jean-Pierre Ricard

le naturaliste canadien

Comité de rédaction

Michel Crête,

rédacteur

Robert Gauthier

Jean Hamann

Christian Hébert

Hélène Jolicœur

Michel Lepage

Jean Painchaud

Jean Piuze

Vincent Roy

Révision linguistique

Huguette Carretier

Camille Rousseau

Comité de financement

Éric Yves Harvey

Michel Lepage

Impression et reliure

AGMV

MARQUIS

Édition



Les Éditions l'Ardoise
9865, boul. de l'Ormière
Québec QC
G2B 3K9
418.843.8008

Le *Naturaliste canadien* est recensé par
Repères, Cambridge Scientific Abstracts
et Zoological Records.

Dépôt légal 2^e trimestre 2007

Bibliothèque nationale du Québec

© La Société Provancher d'histoire

naturelle du Canada 2007

Bibliothèque nationale du Canada

ISSN 0028-0798

Imprimé sur papier 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.

Créée en 1919, la Société Provancher d'histoire naturelle du Canada est un organisme sans but lucratif qui a pour objet de regrouper des personnes intéressées aux sciences naturelles et à la sauvegarde de l'environnement. Entre autres activités, la Société Provancher gère les refuges d'oiseaux de l'île aux Basques, des îles Razades et des îlets de Kamouraska ainsi que le territoire du marais Léon-Provancher dont elle est propriétaire.

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 : 418-831-4188 · Télécopie : 418-831-8744

Courriel : provancher@videotron.ca

Site web : <http://www.provancher.qc.ca>



LA SOCIÉTÉ
PROVANCHER
D'HISTOIRE
NATURELLE
DU CANADA

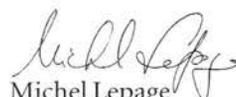
La poutre

C'est en transportant une poutre de plusieurs centaines de kilos que m'est venue cette réflexion sur la force du bénévolat. J'étais émerveillé de la capacité de réaliser des projets d'envergure en s'y mettant à plusieurs. Grâce à l'entraide, il est possible d'alléger pour chacun des participants une tâche extrêmement lourde. Alors que seul, je pouvais à peine soulever l'extrémité de cette poutre, à plusieurs nous avons pu la déplacer sans effort exagéré. Le bénévolat et l'entraide permettent des réalisations extraordinaires, tant dans les domaines sociaux que celui de la protection de l'environnement et des milieux naturels.

Prenons quelques exemples tirés des projets de la Société Provancher au cours des derniers mois. Outre l'administration courante qui repose entièrement sur le bénévolat, notons la publication de chacun des numéros du Naturaliste canadien qui est un exploit en soi. Elle met à profit le talent de nombreuses personnes : rédacteurs, membres du comité de rédaction, réviseurs, membres du comité de financement. Chacun des numéros se construit grâce à ce bénévolat et l'aide apportée par chacun assure la continuité de l'œuvre éducative de l'abbé Léon Provancher.

Plusieurs autres projets réalisés en 2007 n'auraient pu se concrétiser sans l'apport des bénévoles. L'acquisition d'un nouveau bateau pour le transport à l'île aux Basques a nécessité des heures de travail au responsable du projet et à ses collègues : formulaires à remplir, rencontres de fournisseurs, planification du lancement, etc. Mais la satisfaction était grande d'assister au lancement du bateau et de prendre connaissance de l'appréciation des passagers au cours de l'été dernier. La construction de rampes d'accès pour les handicapés au marais Léon-Provancher a aussi fait appel au bénévolat, cette fois-ci en y associant principalement le personnel de la firme PricewaterhouseCoopers. Encore là, un besoin exprimé par les utilisateurs du territoire a été comblé par les efforts conjoints de plusieurs personnes. Dernier exemple, la construction d'un préau au marais Léon-Provancher qui permet aux groupes scolaires de se mettre à l'abri en cas de pluie. Le montage de cette imposante structure a été réalisé sur place par des bénévoles de la Société Provancher, les travaux s'étant échelonnés sur plusieurs jours.

La conservation et la mise en valeur des milieux naturels sont des domaines où le bénévolat est un moteur essentiel. Partout à travers le Québec, tant dans les grandes villes que dans les petites municipalités, des citoyens s'impliquent, qui pour protéger un boisé, qui pour aménager des sentiers d'interprétation ou pour offrir aux jeunes des activités de découverte de la nature. L'implication dans de tels projets apporte beaucoup aux bénévoles : amitié, plaisir de voir les réalisations, satisfaction de contribuer à l'amélioration de notre environnement. Le bénévolat représente un apport considérable au développement durable de la société québécoise. Si trop peu de personnes tiennent la poutre, la charge sera trop lourde. Vous impliquer concrètement vous apportera beaucoup.


Michel Lepage
président

Florence Lafon et Germain Bérubé sont passés à l'action

Michel Lepage

Florence Lafon et son conjoint Germain Bérubé sont surtout connus pour leurs efforts de protection du marais Kergus en Abitibi. Leur implication a débuté lorsqu'ils ont acheté une propriété située en bordure de ce marais. Tout en étant émerveillés par la beauté de ce milieu, ils ont constaté sa fragilité et le peu d'intérêt et de protection que lui accordait la communauté. Ils ont alors milité pour faire cesser les coupes de bois commerciales dans l'écosystème même, qui était pourtant en zone de protection selon le schéma d'aménagement, ainsi que dans le bassin versant du marais. Lors de la vente des lots intramunicipaux, lots cédés par le ministère des Ressources naturelles aux MRC et aux municipalités, ils ont acquis tous les lots disponibles bordant le marais. De plus, conscients des menaces potentielles liées à l'exploration minière, ils ont acheté les droits miniers sur les terrains de leur propriété et de l'écosystème du marais dès qu'un de ces droits devenait libre.

Lorsque la Loi sur la conservation du patrimoine naturel a rendu possible la création de réserves naturelles en milieu privé, ils ont proposé leur patrimoine pour une reconnaissance de protection à perpétuité. Ils ont alors accompagné d'autres propriétaires dans la démarche de reconnaissance de terrains adjacents, ce qui a conduit à la création de la réserve naturelle du Marais-Kergus, en 2003. À la suite de cette reconnaissance, ils ont cédé gratuitement leurs droits miniers pour qu'ils soient abolis à perpétuité. Actuellement, au Québec, très peu de sites protégés sont à l'abri de l'exploitation minière, car la Loi sur les mines prédomine sur toute autre loi.

Grâce à ses connaissances en informatique, Florence a développé une base de données pour recevoir l'inventaire écologique de la réserve naturelle du Marais-Kergus, et une interface avec ArcView pour la consultation interactive sur carte de cette base de données. Graduellement, Florence et Germain améliorent les connaissances sur la diversité faunique et floristique de la réserve.

Cependant, là ne s'arrête pas leur implication. Ils ont créé la Corporation du marais Kergus pour la sensibilisation à la protection des milieux fragiles avec l'eau comme fil directeur.

En 2002 et 2003, dans le cadre de la protection des milieux humides de la rivière Héva, ils ont réalisé une étude du bassin versant de cette rivière. Ils ont ensuite préparé des cahiers de propriétaires pour 36 sites et signé plusieurs ententes de conservation volontaire. En 2002, ils ont participé



à la campagne de sensibilisation « Sans pesticides, naturellement » pour l'Abitibi-Témiscamingue: tenue de kiosques, réalisation de conférences, distribution de trousse d'action et rencontre des équipes d'entretien des espaces verts des principales villes de la région. Depuis 2005, ils fabriquent des cabas en coton pour réduire à la source l'utilisation de sacs en plastique. Ils travaillent actuellement à la protection des milieux humides du bassin versant du lac Malartic, en partenariat avec le Programme de conservation du patrimoine naturel en milieu privé du ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs.

Florence est née en France. Elle y a fait ses études universitaires, en biologie humaine et en mathématiques (maîtrise), complétées dix ans plus tard par une spécialisation en recherche opérationnelle à Grenoble. Elle a œuvré durant plusieurs années dans le domaine de l'informatique. Son conjoint, Germain Bérubé, a travaillé plus de 25 ans en exploration minière, dans le nord de toutes les provinces canadiennes. Ses travaux de terrain lui ont donné de bonnes connaissances en géographie, géomorphologie, géologie, hydrologie et botanique. Il a canoté sur un grand nombre de rivières de l'Abitibi et de la baie James.

Touchés par la beauté des milieux naturels et inquiets des menaces qui pèsent sur eux, ils ont utilisé leurs talents et leurs connaissances pour passer à l'action et contribuer à laisser aux générations futures des milieux naturels protégés. ◀

Michel Lepage, biologiste, est président de la Société Provancher

Une récolte du champignon *Cotylidia carpatica* au Québec

Pierre-Arthur Moreau et Serge Audet

Résumé

Le genre *Cotylidia* regroupe une douzaine d'espèces de champignons (Basidiomycètes, Polyporales, *Podoscyphaceae*) ressemblant à des Polypores, mais à surface fertile lisse, chair mince, et forme typique en pétale ou en cornet. Fréquents sous les tropiques, les *Cotylidia* sont rares en zone tempérée. Quatre espèces de très petite taille, terrestres ou associées aux mousses, ont été décrites pour l'Europe : *Cotylidia undulata*, *C. carpatica*, *C. guttulata* et *C. muscigena*. Les mentions de ces espèces sont rares dans la littérature ; la forme des carpophores (en entonnoir chez *C. undulata*, spatulée ou en pétale chez les autres) et la taille des spores (produites à la face inférieure des carpophores) sont les principaux caractères considérés comme significatifs.

La découverte de *Cotylidia carpatica* (Pilát) Huijsman, la plus petite espèce de ce genre (à peine 1 cm de hauteur) sur un talus moussu aux environs de Québec, pour la première fois sur le continent américain, nous a incités à présenter une description complète de ce champignon très peu connu, proche de *Cotylidia undulata* mais en différant par un pied latéral (non central) et un chapeau zoné en forme de spatule.

Décrit originellement à partir d'une unique récolte sur un tronc moussu en République tchèque, *Cotylidia carpatica* n'a été signalé que trois fois en Europe et deux fois en Asie. Tous les auteurs ayant mentionné cette espèce (dont l'auteur original) signalent des spores très rares de petite taille. La récolte canadienne, malgré des spores abondantes et de taille supérieure aux récoltes citées, pouvait-elle être rattachée à l'espèce européenne ? Des informations inédites recueillies sur le matériel type nous permettent de répondre affirmativement, et de publier ici la première description complète et illustrée de cette espèce apparemment très rare et souvent stérile.

Les petites espèces de *Cotylidia* ont toujours été signalées au voisinage des mousses, ici *Mnium* sp. Nous proposons quelques observations et photographies du mycélium courant à la surface des feuilles des mousses adjacentes, laissant penser à un parasitisme doux du champignon sur la mousse, sans qu'aucune lésion ait été observée sur le végétal. *Cotylidia carpatica* se range ainsi parmi les champignons dits « bryotrophes », dont les relations exactes avec les Bryophytes – parasitisme, commensalisme ou symbiose – demandent encore à être précisées.

Introduction

Lors de l'excursion organisée par le Cercle des mycologues amateurs de Québec à l'occasion du congrès conjoint de la Mycological Society of America, de l'American Phytopathological Society et de la Société phytopathologique du Canada (29 juillet-3 août 2006), dans le parc forestier de Beauport, nous avons récolté plusieurs petits champignons (carpophores) d'une espèce du genre *Cotylidia* P. Karst., un genre de répartition pantropicale, rare et peu représenté en zone tempérée.

Les espèces de *Cotylidia* actuellement connues en Europe (Eriksson et Ryvarden, 1975; Jülich, 1984) se répartissent en deux groupes :

- espèces sans piléocystides¹ : *Cotylidia pannosa* (Sow. : Fr.) D.A. Reid, espèce charnue et terricole;
- espèces à piléocystides abondantes : *Cotylidia undulata* (Swartz : Fr.) P. Karst. et d'autres taxons peu connus : *Cotylidia carpatica* (Pilát) Huijsman, *Cotylidia muscigena* Rémy et *Cotylidia guttulata* Rémy, autour desquels règne une certaine confusion bibliographique.

Pour l'Amérique du Nord, Reid (1965) mentionne également : *Cotylidia aurantiaca* (Pers.) Welden (Floride), *C. diaphana* (Schwein.) Lentz (largement répandu aux États-Unis), *C. pannosa* (est des États-Unis, sans révision du matériel), et *C. undulata* (Michigan, Caroline du Nord, Iowa,



Figure 1. *Cotylidia carpatica* (Beauport, 29-VII-2006).
Basidiomes in situ

Pierre-Arthur Moreau est maître de conférences à la Faculté de pharmacie de Lille (France), spécialisé dans la systématique et l'écologie des champignons Basidiomycètes.

pierre-arthur.moreau@univ-lille2.fr

Serge Audet est mycologue, membre du Cercle des mycologues amateurs de Québec, spécialisé dans l'étude des Polypores et autres Basidiomycètes lignicoles.

s.audet@oricom.ca

Massachusetts, New York, Wisconsin). De plus, Lentz (1955) reporte *C. diaphana* (Canada) et *C. undulata* (Caroline du Sud, Minnesota).

En Amérique du Nord, le groupe de *Cotylidia undulata* n'est illustré, à notre connaissance, que par la récolte type de *Thelephora exigua* Peck (synonymisé à *C. undulata* par Lloyd, 1913 : 28), effectuée à Westport, comté d'Essex (New York, États-Unis), dans les monts Adirondack (Peck, 1902); le protologue, ainsi que la photographie de Lloyd (1913 : 20) illustrent sans ambiguïté un champignon mésopode et omphaloïde, différent du nôtre.

Dans un article en cours de publication (Moreau et collab., 2007), l'un de nous a proposé une révision des *Cotylidia* en Europe. La récolte québécoise correspond en tous points aux récoltes françaises identifiées à *Cotylidia carpatica* dans ce travail; il s'agit d'une espèce rare et critique, connue actuellement de quatre ou cinq récoltes européennes. *Cotylidia undulata*, plus répandue, est caractérisée par son pied central, son port typiquement omphaloïde, et peut-être par un habitat plus xérophile (Lloyd, 1913; Bourdot et Galzin, 1928; Eriksson et Ryvarde, 1975; Breitenbach et Kränzlin, 1986; Monti et collab., 1992; etc.).

Après avoir décrit ce taxon, nous détaillerons les problèmes taxonomiques posés par cette espèce et les raisons pour lesquelles nous avons adopté cette identification.

Matériel et méthodes

La description des spécimens a été réalisée sur matériel frais et complétée sur exsiccata, sous la loupe binoculaire Motic série K. La terminologie est fondée sur Jossierand (1952). L'étude microscopique a été réalisée sur exsiccata, dans les milieux suivants : lessive de potasse à 5 %, rouge congo ammoniacal, melzer, bleu coton lactique, bleu de crésyl².

Taxonomie

Cotylidia carpatica (Pilát) Huijsman 1954

Basionyme : *Skepperia carpatica* Pilát 1927

= *Cotylidia carpatica* f. *alpina* Rémy 1965 (invalide, absence de diagnose latine).

Références : Pilát (1927); Huijsman (1954); Reid (1965); Vidal (1992) (comme *Cotylidia undulata*)

Récolte étudiée : Canada – Beauport (Québec), bois de feuillus périurbain rudéralisé sur alluvions argilosableuses, sur un talus de bord de chemin parmi les mousses du genre *Mnium*, 29 juillet 2006, leg. S. Audet et P.-A. Moreau, herbier personnel S. Audet n° 060729.01 et P.-A. Moreau n° 06-70 (LIP).

Carpophore de 2-4 mm de largeur, jusqu'à 8 mm de haut, lancéolé, en forme de spatule, de rosette ou presque en entonnoir, toujours fendu latéralement; marge très ondulée, érodée, incisée par endroits et lobée.

Surface supérieure stérile, pubérulente, soyeuse avec de fines stries radiales, translucide, nettement bicolore, jaune brunâtre à ocre carné clair vers la marge, brun grisâtre ou gris terne au centre, zonée concentriquement vers mi-rayon.

Hyménophore (surface fertile) lisse, d'aspect mat, légèrement plissé, gris un peu pourpré, bien délimité par rapport au pied.

Pied : 1,2-4 mm de longueur, environ 0,05 mm de largeur, tenace, égal ou légèrement épaissi à la base, cylindrique ou comprimé sous le chapeau, densément sétuleux, opaque, brun grisâtre foncé sur le frais, à mycélium blanc chaussant la base; devenant entièrement blanchâtre et hispide sur le sec.

Chair de moins de 1 mm d'épaisseur, membraneuse. Saveur insignifiante. Odeur non perçue.

Écologie : parmi les *Mnium*.

Spores 4,7-5,5 x 2,2-2,5 µm (moyenne : 5,1 x 2,1 µm), Q = 1,9-2,3, étroitement cylindracées légèrement amygdaliformes à base adnée, incolores, non amyloïdes, non cyanophiles, à contenu à 2 (rarement 1) petites guttules réfringentes (observé sur matériel sec dans KOH 5 %).

Basides 11-15 x 3,8-4,8 µm, cylindro-clavées, à base plus ou moins étirée, tétrasporiques.

Cystides hyméniales très abondantes, 40-55 x 8-11 µm, cylindracées à spatulées, à base le plus souvent longuement radicante issue des hyphes de la trame; paroi mince, incolore; quelques-unes avec un manchon de mucus sur la partie supérieure.

Revêtement de la surface supérieure constitué d'hyphes grêles couchés, larges de 1,8-2,5 µm, lisses, émettant de nombreuses terminaisons redressées clavées ou obtuses, mêlées à de très nombreuses pilécystides 30-55 x 6-9 µm, cylindracées-spatulées à cylindro-fusififormes, atténuées à la base, parfois à apex atténué ou mucroné, à paroi mince, presque

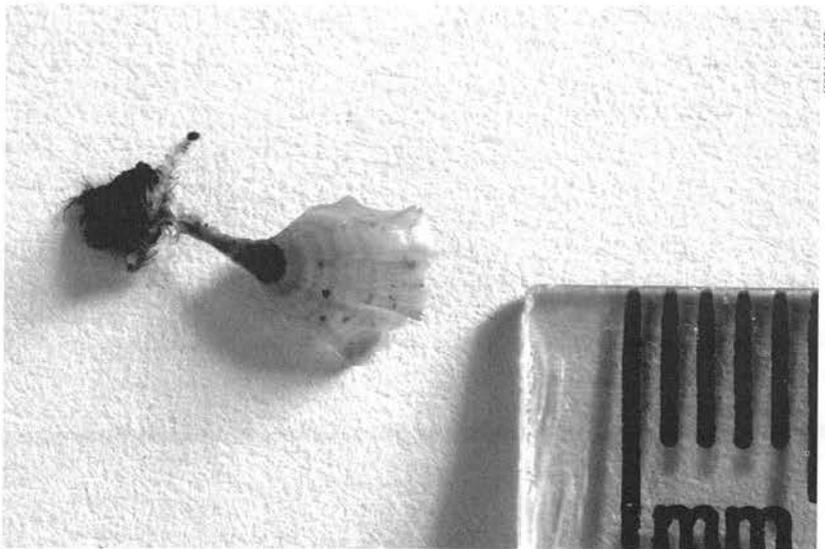


Figure 2. *Cotylidia carpatica* (Beauport, 29-VII-2006).
Un basidiome en gros plan

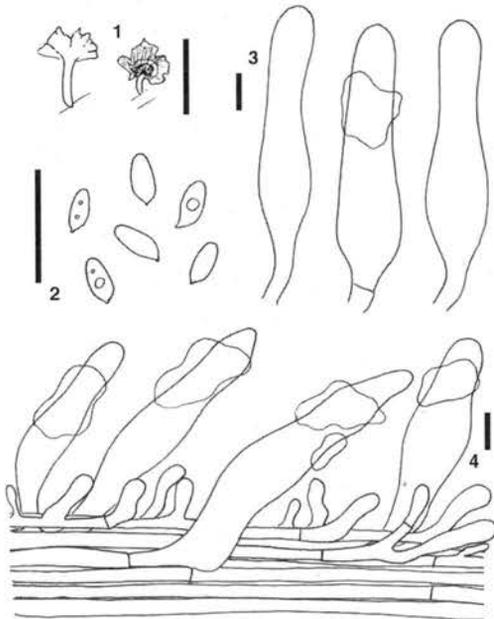


Figure 3. *Cotylidia carpatica* (Beauport, 29-VII-2006)
 1: deux basidiomes; 2: spores; 3: cystides
 hyméniales; 4: revêtement piléique (coupe radiale).
 Échelle: barre = 10 μm (sauf 1: barre = 10 mm)

toutes incrustées d'un manchon de mucus dans leur partie supérieure; paroi des cystides et de l'extrémité des terminaisons des hyphes nettement orthochromatiques (bleues) dans le bleu de crésyl (pas de métachromasie).

Revêtement du pied entièrement couvert d'un tomentum dense d'hyphes grêles \times 2-3 μm , lisses, à paroi jaunâtre épaissie jusqu'à 0,3 (0,5) μm , à article terminal long jusqu'à 150 μm et plus, à apex arrondi, mêlés de caulocystides localement abondantes, souvent fasciculées par 3-6 et agglutinées par le mucus apical, cylindro-fusiformes à apex atténué, 80-200 \times 5-9 μm , à paroi jaunâtre épaissie jusqu'à 1 (1,5) μm , à dépôt de mucus épais sur la partie supérieure.

Boucles absentes de toutes les parties du carpophore.

Discussion

Historique du taxon

Cotylidia carpatica a été initialement décrit par Pilát (1927), avec une très belle planche illustrée (pl. V), dans le genre tropical *Skepperia* (*Thelephoraceae*) sans le rapprocher des *Podoscypha* ou espèces voisines. Huijsman (1954), trouvant un champignon semblable, décrit à nouveau l'espèce et la plaça dans le genre *Cotylidia*, auprès de *C. undulata*. Reid (1965: 70-72) signale également une récolte indonésienne, apparemment conforme mais stérile.

Malheureusement, la récolte de Huijsman est elle aussi quasiment dépourvue de spores, les six spores observées étant jugées douteuses par Reid (1965). Pilát (1927) décrit de très petites spores (3-3,6 \times 1,2-1,7 μm), que Reid (1965) n'a pas pu confirmer: la récolte type, constituée d'un

unique spécimen très petit, n'était pas accessible en prêt. Les dimensions sporales indiquées par Pilát sont recopiées directement par Jülich (1984: 237).

Pour sa part, Rémy (1965) publie un *Cotylidia carpatica* « f. *alpina* » (invalide), à spores petites (3-3,5 \times 1,5 μm), mais « très rares », par ailleurs tout à fait semblable aux récoltes de Pilát et Huijsman. Malgré nos recherches, nous n'avons pas pu localiser les collections de L. Rémy dans les instituts et herbiers de France, Italie et Suisse.

Tirant parti de l'incertitude de Reid quant aux dimensions sporales, Benkert (1980) et Doll (1998) publient sous le nom de *Cotylidia carpatica* deux récoltes à spores nettement plus grandes (respectivement 5-7 \times 1,7-2,3 μm et 5-7 \times 1,7-2,4 μm), par ailleurs à basidiomes plus grands, spatulés-flabelliformes et à surface piléique non zonée; Krieglsteiner (2002), suivi par Moreau et collab. (2007), propose de rapporter ces récoltes à *Cotylidia muscigena* Rémy.

Il n'en reste pas moins qu'au cours de notre révision nous n'avons étudié aucune récolte possédant des spores aussi petites que celles décrites par Pilát et Rémy, alors que la morphologie de *Cotylidia carpatica* semblait très bien définie (taille < 1 cm, chapeau soyeux zoné, pied pâle et bien délimité de l'hyménophore); or toutes ces descriptions précisent que ces spores sont rares ou difficiles à observer, ce qui nous laissait penser que ces spores très petites peuvent être liées à un état d'immaturation général de ces récoltes. De même, nous ne trouvons aucune mention de récoltes matures possédant de telles spores. Nous fondions donc notre interprétation de *Cotylidia carpatica* (Moreau et collab., 2007) sur deux récoltes françaises bien mûres et à spores un peu plus grandes (4,2-5,2 (5,8) \times 2,2-2,5 μm) – mais trop petites pour *Cotylidia muscigena* – par ailleurs parfaitement conformes à la description de Huijsman (1954) et effectuées dans le même secteur géographique.

Interprétation de la récolte québécoise

Parmi les récoltes complètement documentées, c'est des récoltes françaises (Moreau et collab., 2007) que se rapproche le plus la récolte québécoise. À l'incertitude sur les dimensions sporales près, elle correspond aussi parfaitement à la récolte de *Cotylidia carpatica* de Huijsman (1954) prise comme référence par Reid (1965). Elle correspond aussi très correctement au *Cotylidia carpatica* f. *alpina* de Rémy (1965), toutes ces récoltes paraissant définir un taxon homogène et morphologiquement bien caractérisé.

La description originale de Pilát (1927) restait problématique puisque, outre les petites spores déjà mentionnées, on peut noter des cystides moins larges: 45-60 \times 5-6,5 μm (mi-hauteur) \times 3-3,5 μm (sommet) sans dépôts de mucus, et l'absence de piléocystides (toutefois confirmées *a posteriori* par Pilát dans Huijsman, 1954: 59). On se reportera à l'article de Huijsman (1954), qui relate sa correspondance avec Pilát au sujet de sa récolte, l'auteur tchèque confirmant finalement la détermination, en attribuant les différences observées à l'âge avancé de ses spécimens.

Au cours de la rédaction de notre article et par l'intermédiaire de J. Holec (conservateur de l'herbier PRM), le D^r Pouzar, célèbre spécialiste des Corticiés, a bien voulu examiner pour nous les spores de *Cotylidia carpatica* sur le matériel type (PRM 772521, Vysoke Tatry, juillet 1926, leg. A. Pilát). Il nous fournit la réponse suivante : « *the material is very poor in spores with collapsed basidia etc., spores thin-walled, glabrous, inamyloid and indextrinoid, 5-6 x 2.2-3.2 micrometers* » (Ž. Pouzar, communication personnelle). Ces spores, loin de confirmer la description de Pilát, sont en revanche tout à fait compatibles avec celles de nos collections. Elles sont aussi trop courtes pour être attribuées à *C. muscigena* ou *C. guttulata*.

Ainsi redéfini, *Cotylidia carpatica* s'affiche comme une espèce très rare, discrète et à fructification capricieuse (nous n'avons encore jamais observé de seconde apparition sur les stations que nous connaissons), mais à répartition étendue aux zones tempérées d'Europe (République tchèque, France, Pays-Bas), d'Amérique du Nord (Québec), et peut-être à l'Indonésie (récolte stérile étudiée par Reid, 1965). Récemment, il a été rapporté à Taiwan (Wu, 2003), sans description. Nous lui rapportons enfin le *C. undulata* décrit de Catalogne espagnole par Vidal (1992 : planche 513), illustré par une superbe photographie, mais dont les caractères microscopiques ne sont pas précisés.

En l'absence de matériel original complètement étudiable, le taxonomiste en est réduit aux conjectures. Plutôt que de publier un nouveau nom qui ne résoudrait pas l'énigme pour autant, nous proposons donc cette interprétation de *Cotylidia carpatica* appuyée par les dimensions sporales du type. Il faut espérer que le spécimen holotype conservé à PRM livrera un jour ses autres secrets, et que de nouvelles récoltes pourront être obtenues près de la localité type.

Relations avec les Bryophytes

Bien que les *Cotylidia* du groupe *C. undulata* fructifient toujours au voisinage immédiat des Bryophytes, ou même à leur contact direct (Rémy, 1965; Benkert, 1980; Krieglsteiner, 2002), leurs relations trophiques ne semblent pas avoir été spécifiquement décrites jusqu'à présent (Davey et Currah, 2006).

Nous avons observé au microscope optique les feuilles de quelques gamétophytes de *Mnium* au voisinage des carpophores de *Cotylidia carpatica*. On distingue nettement, sur les surfaces supérieure et infé-

rieure, des hyphes grêles (x 2-3 µm), peu ramifiés, à paroi légèrement épaissie brun-jaune, lisse (parfois localement pointillée), à septa rares sans boucles, qui semblent pénétrer çà et là dans le tissu foliaire; toutefois, on ne constate visuellement aucune nécrose des feuilles, et toutes les cellules paraissent vivantes et intactes (vertes) sous le microscope. Un brunissement occasionnel et diffus au niveau des parois est le seul symptôme éventuellement observé.

Les hyphes observés ressemblent fortement à ceux que l'on trouve à la base du pied des carpophores du *Cotylidia* et appartiennent probablement à notre espèce. Nous n'avons pas approfondi ces observations, qui sortaient du champ taxonomique de cet article, mais il nous semble qu'il pourrait exister, entre les *Cotylidia* et ces mousses, une relation de type parasitaire analogue à celles d'autres Basidiomycètes comme l'*Arrhenia retiruga* (Hassel et Kost, 1998) ou les *Rimbachia* (Davey et Currah, 2006).

Remerciements

Nous remercions les animateurs du Cercle des mycologues amateurs de Québec pour l'organisation de la journée de pré congrès de la Mycological Society of America, qui nous a permis de découvrir *Cotylidia carpatica* au Québec.

Merci également à Jan Holec (Herbier du Muséum d'Histoire naturelle de Prague, PRM) pour avoir recherché le matériel de l'herbier Pilát, et à Ždenek Pouzar (Prague) pour avoir étudié à notre intention les spores de la précieuse récolte holotype de *Cotylidia carpatica*.

Nous remercions enfin Jacques F. Trimbach de nous avoir fourni la description originale de *Thelephora exigua* provenant d'un bulletin du musée de l'État de New York. ◀

1. Les cystides sont des cellules stériles proéminentes sur les surfaces des carpophores. Les *Cotylidia* présentent des cystides caractéristiques sur la surface fertile (cystides hyméniales) en mélange avec les basides; en revanche, leur présence à la surface du chapeau (piléocystides) permet de scinder le genre en deux groupes distincts.
2. Pour la composition et l'usage de ces colorants et réactifs classiques en cytologie, voir par exemple Josserand (1952) ou le site internet de M. Lecomte (2007) : <http://membres.lycos.fr/sms/initiation/microscopie.htm>



**Figure 4. *Cotylidia carpatica* (Beauport, 29-VII-2006).
Hyphes sur feuilles de gamétophyte de *Mnium* sp., au pied des carpophores**

Références

BENKERT, D., 1980. Seltene Basidiomyceten aus dem NSG Fresdorfer Moor (Kreis Postdam). *Boletus*, 4 : 41-51.

BOURDOT, H. et A. GALZIN, 1928. Contribution à la flore mycologique de la France. I. Hyménomycètes de France. Hétérobasidiés – Homobasidiés gymnocarpes. Paris, P. Lechevallier, 761 p.

BREITENBACH, J. et K. KRÄNZLIN, 1986. Champignons de Suisse, tome 2. Champignons sans lames: Hétérobasidiomycètes, Aphyllophorales, Gastéromycètes. Lucerne, Mykologia, 412 p.

DAVEY, M.L. et R.S. CURRAH, 2006. Interactions between mosses (Bryophyta) and fungi. *Canadian Journal of Botany*, 84 : 1509-1519.

DOLL, R., 1998. Mykologische Beiträge aus Nordostdeutschland, 3. Teil (Aphyllophoranae – Nichtblätterpilze). *Boletus*, 22 : 112-120.

ERIKSSON, J. et L. RYVARDEN 1975. The Corticiaceae of North Europe. Volume 3. Oslo, Fungiflora, p. 287-546.

FRIES, E.M. 1828. *Elenchus Fungorum sistens commentarium in Systema Mycologicum* volumen I. Greifswald, 238 p.

HASSEL, A. et G. KOST 1998. Untersuchungen zur Interaktion von *Leptoglossum retirugum* (Tricholomataceae, Basidiomycetes) mit *Brachythecium rutabulum* (Brachytheciaceae, Musci). *Zeitschrift für Mykologie*, 64 : 207-216.

HUIJSMAN, H.S.C. 1954. *Cotylidia carpatica* (Pilát) *comb. nov.* Bulletin trimestriel de la Société mycologique de France, 70 : 57-62.

JOSSERAND, M. 1952. La description des champignons supérieurs. *Encyclopédie Mycologique* 21. Paris, Paul Lechevalier, 338 p.

JÜLICH, W. 1984. Die Nichtblätterpilze, Gallertpilze und Bauchpilze. Aphyllophorales, Heterobasidiomycetes, Gastromycetes. Dans : H. Gams, Kleine Kryptogamenflora IIb/2, Basidiomyceten 1. Stuttgart, G. Fischer, 626 p.

KRIEGLSTEINER, L. 2002. Pilze im NSG Sippenauer Moor bei Saal a. d. Donau (Südwestlich Regensburg). Resultate einer einjährigen Untersuchung. *Regensburger mykologische Schriften*, 10 : 67-133.

LENTZ, P.L. 1955. *Stereum* and allied genera of fungi in the Upper Mississippi Valley. United States Department of Agriculture Monographs, 24 : 1-74, pl. I-XVI.

LLOYD, C.G. 1913. Synopsis of the stipitate Stereums. *Mycological Writings*, 4 : 14-44.

MONTI, G., M. MARCHETTI, L. GORRERI et P. FRANCHI. 1992. *Funghi e cenosi di aree bruciate*. Pisa, Pacini edit., 149 p.

MOREAU, P.-A., J.-J. WUILBAUT et R. COURTECUISE 2007. *Cyphellostereum, Cotylidia* et autres *Podoscyphaceae* stipitées d'Europe. *Documents mycologiques*, 135 (sous presse).

PECK, C.H. 1902. Report of the Botanist. *New York State Museum Bulletin*, 54: 953-954.

PILÁT, A. 1927. *Skepperia carpatica* sp. n., nouvelle espèce intéressante du genre *Skepperia* Berk. dans les Carpathes Centrales. *Bulletin trimestriel de la Société mycologique de France*, 43 : 49-58, pl. V.

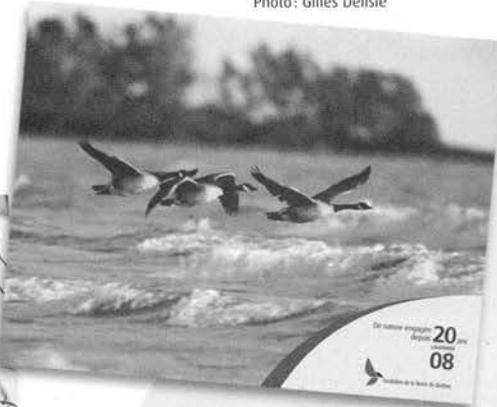
REID, D.A. 1965. A monograph of stipitate stereoid fungi. *Beihefte zur Nova Hedwigia*, 18 : 1-382, pl. 1-48.

RÉMY, L. 1965 ('1964'). Contribution à l'étude de la flore mycologique briançonnaise (Basidiomycètes et Discomycètes). *Bulletin trimestriel de la Société mycologique de France*, 80 : 459-585.

VIDAL, J.M. 1992. *Cotylidia undulata* (Fr.) Karst. Dans : *Bolets de Catalunya*, XI col.lecció. Societat Catalana de Micologia, Premia de Mar, pl. 513.

WU, S.-H. 2003. Lignicolous homobasidiomycetes newly recorded from Taiwan. *Mycotaxon*, 88 : 373-376.

Photo: Gilles Delisle



LE CALENDRIER 2008 DE
LA FONDATION
DE LA FAUNE
DU QUÉBEC

« DE NATURE ENGAGÉE DEPUIS 20 ANS »

Obtenez ce calendrier avec un don de 20 \$ ou plus.

Effectuez votre don en ligne à
www.fondationdelafaune.qc.ca
ou contactez-nous.

Fondation de la faune du Québec
1175, avenue Lavigerie,
bureau 420
Québec (Québec) G1V 4P1

Téléphone: 418 644-7926
Sans frais: 1 877 639-0742
Courriel: ffq@riq.qc.ca

Chaque contribution compte et génère de l'action sur le terrain.



Photo: Suzanne Brûlotte

Les plantes d'intérêt dans les emprises de lignes de transport d'énergie électrique situées au Québec

Jean Deshayé, Christian Fortin et G. Jean Doucet

Résumé

Les emprises de lignes de transport d'énergie électrique, des milieux maintenus artificiellement ouverts, peuvent constituer des habitats potentiels pour les plantes d'intérêt, c'est-à-dire les espèces menacées, vulnérables ou susceptibles d'être ainsi désignées au Québec. La présente étude visait à vérifier cette hypothèse en effectuant des recherches ciblées dans des emprises, situées au Québec, réparties en zone boréale et en zone tempérée et en dressant un bilan des connaissances acquises lors d'études similaires réalisées au Québec. Au total, neuf plantes vasculaires d'intérêt ont été observées en emprise, soit une espèce désignée menacée au Québec (*Carex lupuliformis*), trois espèces désignées vulnérables (*Asarum canadense*, *Cardamine diphylla* et *Matteuccia struthiopteris*) et cinq espèces susceptibles d'être désignées menacées ou vulnérables (*Bartonia virginica*, *Listera australis*, *Platanthera blephariglottis*, *Utricularia geminiscapa* et *Utricularia gibba*). Toutes ces plantes ont été recensées dans la zone tempérée nordique et sept d'entre elles étaient associées à la présence de milieux humides. D'autres études ciblées seront toutefois nécessaires afin de dresser un portrait plus complet de la situation, tout particulièrement dans les Appalaches.

Introduction

Les emprises de lignes de transport d'énergie électrique sont des corridors maintenus artificiellement ouverts, c'est-à-dire non forestiers, par l'entretien mécanique ou chimique récurrent de la végétation (figure 1). Ces modes d'entretien favorisent le développement des strates basses de végétation de sorte que, après quelques décennies de contrôle de la végétation, on observe le plus souvent une prairie plus ou moins ponctuée d'arbustes. En milieu naturel, les emprises peuvent donc constituer une succession ou une mosaïque d'habitats ouverts se caractérisant par diverses conditions ou divers facteurs du milieu (substrat, topographie, drainage, etc.). Sous nos latitudes, cette ouverture permanente de milieux terrestres diffère singulièrement d'autres milieux ouverts en conditions naturelles (friches, brûlis, anciens étangs de castors, etc.), lesquels ne persistent généralement que peu de temps en raison de la succession secondaire.

Dans un contexte de conservation de la biodiversité, il y a lieu de s'interroger sur le potentiel de ces emprises à constituer des habitats de plantes d'intérêt (c.-à-d. les espèces menacées, vulnérables ou susceptibles d'être ainsi désignées au Québec) du fait de la nature particulière des habitats qui s'y trouvent. Des études récentes réalisées aux États-Unis suggèrent que certaines emprises constituent effectivement de tels refuges (Sheridan et collab., 1997).

Le but de la présente note consiste à dresser un bilan des connaissances acquises sur la présence des plantes d'intérêt dans les emprises situées au Québec. Les données inédites proviennent du programme de recherche portant sur la biodiversité dans les emprises de lignes de transport d'énergie électrique entrepris par Hydro-Québec TransÉnergie depuis une dizaine d'années (Deshayé et collab., 1996, 2000; Fortin et collab., 2003, 2006a, b). Les autres mentions sont issues d'études de tracés de lignes (FORAMEC, 1994, 1998; Fortin et Deshayé, 2002).

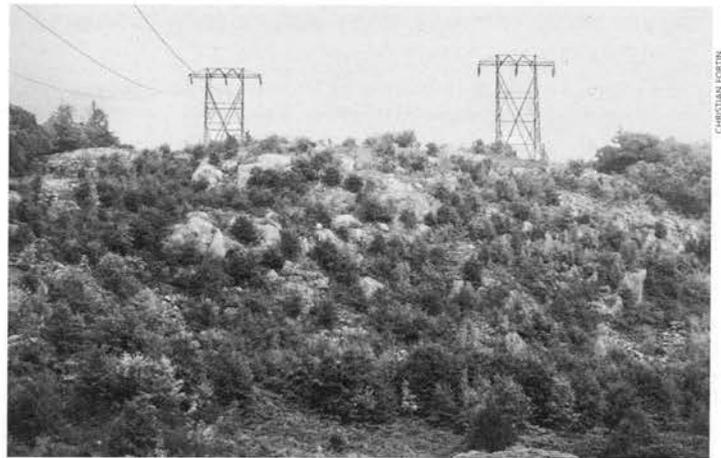


Figure 1. L'escarpement de Eardley: un habitat de prédilection pour *Selaginella rupestris*

Espèces d'intérêt et emprises

Au Québec, les espèces d'intérêt ont fait l'objet de plusieurs études quant à leur identification, leur localisation et leur statut de précarité (Bouchard et collab., 1983, 1985; Brouillet, 1985; Lavoie, 1992; Labrecque et Lavoie, 2002). Dans le cadre de la présente note, le statut des plantes d'intérêt est tiré de la liste de Labrecque et Lavoie (2002) à laquelle s'est ajoutée une mise à jour récente des plantes menacées et vulnérables (Gouvernement du Québec, 2005).

Ces travaux ont permis de constater que: 1) les plantes d'intérêt se répartissent en deux groupes d'inégale importance, soit une majorité de plantes naturellement rares au Québec (groupe 1a) et quelques autres normalement communes, mais sujettes à de fortes pressions anthropiques

Jean Deshayé et Christian Fortin sont biologistes chez FORAMEC et Jean Doucet est biologiste, conseiller en recherche scientifique chez Hydro-Québec TransÉnergie.

jean.deshaye@foramec.qc.ca

(groupe 1b); 2) plus de 60 % des plantes d'intérêt se rencontrent dans les régions méridionales du Québec (Outaouais, Basses-Terres du Saint-Laurent, Montérégie, etc.); et 3) les plantes d'intérêt préfèrent à plus de 80 % les habitats ouverts, c'est-à-dire non forestiers.

Les plantes d'intérêt naturellement rares au Québec (groupe 1a) le sont pour l'une ou l'autre des raisons suivantes: elles sont soit à la limite de leur aire de répartition (environ 80 %), soit sporadiques dans toute leur aire de répartition (10 %) ou endémiques (10 %), c'est-à-dire confinées à une région donnée. Dans tous les cas, les plantes sont généralement restreintes à un habitat précis, forment très rarement de grandes populations et ne sont pas agressives ou envahissantes. On retient de ces observations que la capacité d'expansion ou de colonisation des plantes d'intérêt dans de nouveaux habitats (par exemple, les emprises) apparaît plutôt faible *a priori*. Quant aux plantes normalement communes et aujourd'hui menacées par l'homme (groupe 1b), elles possèdent une plus grande amplitude écologique et sont ainsi probablement plus susceptibles d'être observées dans les emprises.

En principe, à peu près tous les types d'habitats ouverts peuvent être observés dans les emprises, bien que, lors des étapes de planification d'un tracé de ligne de transport d'énergie électrique, on cherche à éviter certains habitats à potentiel élevé en plantes d'intérêt tels que les escarpements, les talus d'éboulis ou les tourbières extensives. Les emprises peuvent cependant traverser d'autres types d'habitats naturellement ouverts et supportant déjà des populations d'espèces d'intérêt (ex. marais, dunes, etc.). Enfin, à la lumière des connaissances actuelles, l'envahissement d'un habitat par une plante d'intérêt dans une emprise nouvellement créée semble très peu probable à court ou moyen terme, et ce, en raison du faible dynamisme des plantes d'intérêt et de leurs exigences strictes en matière d'habitat. À plus forte raison, les emprises aménagées à des fins agricoles – les emprises où le

sol a été bouleversé par scarification de surface, nivellement ou hersage et ensemencement de plantes fourragères – présentent un potentiel pratiquement nul en plantes d'intérêt.

Secteurs d'étude et méthodologie

Les sections d'emprise étudiées dans le cadre du programme de recherche d'Hydro-Québec TransÉnergie et lors des études de tracés se répartissent en zones boréale et tempérée nordique (tableau 1). Elles se situent dans l'un ou l'autre des principaux domaines bioclimatiques du Québec méridional soit, du sud au nord, l'érablière à caryer, à tilleul et à bouleau jaune, la sapinière à bouleau jaune et à bouleau blanc et la pessière à mousses. Ces sections d'emprises ont été inventoriées entre 1994 et 2007 et ont été sélectionnées en fonction de leur situation en forêt et de leur accessibilité. L'ensemble des sections d'emprise étudiées totalisait plus d'une trentaine de kilomètres de longueur.

Une partie des mentions proviennent d'études plus générales visant l'ensemble de la flore présente dans les emprises. La méthode utilisée s'apparentait à la technique de recouvrement par point (Greig-Smith, 1983) et consistait essentiellement à l'échantillonnage de quadrats disposés le long de transects perpendiculaires aux emprises (voir Fortin et collab., 2006a). Les autres mentions sont issues de recherches spécifiques de plantes d'intérêt et la méthodologie s'apparentait à un plan d'échantillonnage non aléatoire au jugé (Scherrer, 1984). Cette approche permet de maximiser les chances d'observer des espèces rares qui, par définition, sont toujours sous-échantillonnées par les techniques habituelles de sondage.

Résultats

La compilation des résultats accumulés depuis 1994 donne un total de neuf plantes d'intérêt recensées à ce jour dans des emprises de lignes de transport d'énergie électrique au Québec (tableau 2). Toutes ces plantes ont été recensées

Tableau 1 Localisation et caractéristiques des sections d'emprises inventoriées

Localité	Circuits	Zone bioclimatique	Domaine (sous-domaine) ¹	Source
Oujé-Bougoumou	7076-7077	Boréale	Pessière à mousses (ouest)	Deshaye et collab. (2000)
Manic-Cinq	3031-3032 3033-3034	Boréale	Pessières à mousses (est)	Deshaye et collab. (2000)
Sept-Îles	7029	Tempérée nordique	Sapinière à bouleau blanc (est)	FORAMEC (1998)
Saint-Cassien-des-Caps	7007-7008 7023	Tempérée nordique	Sapinière à bouleau jaune (est)	Deshaye et collab. (1996)
La Conception	7044-7045	Tempérée nordique	Érablière à bouleau jaune (est)	Fortin et collab. (2003)
Saint-Gilles	7097	Tempérée nordique	Érablière à bouleau jaune (est)	FORAMEC (1994)
Watopeka	450 460	Tempérée nordique	Érablière à tilleul (est)	Fortin et collab. (2003)
Granby	7049	Tempérée nordique	Érablière à tilleul (est)	Fortin et Deshayes (2002)
Quyon	1146 P33C	Tempérée nordique	Érablière à tilleul (ouest)	Fortin et collab. (2006b)
Breckenridge	1113	Tempérée nordique	Érablière à caryer cordiforme	Fortin et collab. (2006b)

1. D'après OIFQ (1996)

Tableau 2 Plantes d'intérêt recensées dans des emprises de lignes de transport d'énergie électrique situées au Québec

Nom latin	Statut ¹	Domaine bioclimatique d'occurrence	Populations (nb)	Présence due à l'emprise
<i>Asarum canadense</i>	V	Érablière à caryer	3	Non
<i>Bartonia virginica</i>	S	Érablière à tilleul	1	Oui
<i>Cardamine diphylla</i>	V	Érablière à bouleau jaune	1	Non
<i>Carex lupuliformis</i>	M	Érablière à caryer	1	Non
<i>Listera australis</i>	S	Érablière à bouleau jaune	1	Oui
<i>Matteuccia struthiopteris</i>	V	Érablière à tilleul Sapinière à bouleau jaune	2	Oui
<i>Platanthera blephariglottis</i>	S	Érablière à bouleau jaune	1	Oui
<i>Utricularia geminiscapa</i>	S	Sapinière à bouleau blanc	1	Non
<i>Utricularia gibba</i>	S	Érablière à tilleul	1	Non

1. M : menacée; V : vulnérable; S : susceptible d'être désignée menacée ou vulnérable.

dans la zone tempérée nordique. Plus précisément, deux plantes provenaient du domaine de l'érablière à caryer, trois plantes de l'érablière à tilleul, trois plantes de l'érablière à bouleau jaune, une plante de la sapinière à bouleau jaune et une plante de la sapinière à bouleau blanc.

Trois de ces plantes (*Asarum canadense*, *Cardamine diphylla*, *Matteuccia struthiopteris*; figure 2) sont normalement communes, notamment dans les domaines de l'érablière, mais elles sont dorénavant protégées (Gouvernement du Québec, 2005). Cinq des six autres plantes, étant naturellement rares, n'ont été observées que pour une seule population. À l'exception de la cardamine carcajou (*Cardamine diphylla*) et du gingembre (*Asarum canadense*), toutes ces plantes sont associées à la présence de milieux humides généralement ouverts.

Lors des visites au terrain, il apparaissait assez évident que certaines plantes, déjà présentes dans un habitat voisin, avaient profité de l'emprise adjacente pour étendre leur population (*Listera australis*, *Platanthera blephariglottis*, *Matteuccia struthiopteris*) ou s'y implanter (*Bartonia virgi-*



Figure 2. *Matteuccia struthiopteris* n'est pas une plante rare en soi; c'est le prélèvement excessif qui pose un problème de conservation.

nica). D'autres populations observées ne semblaient aucunement reliées à la présence des emprises (ex. *Utricularia gibba*; figure 3). Dans tous les cas, les effectifs des populations recensées dépassaient rarement la dizaine d'individus.

Un certain nombre d'autres plantes vasculaires observées dans quelques sections d'emprise méritent d'être mentionnées, notamment : *Cinna arundinacea*, *Panicum clandestinum*, *Selaginella rupestris* (figure 4), *Ophioglossum vulgatum* et *Botrychium dissectum*. Les deux premières (*Cinna arundinacea*, *Panicum clandestinum*) ont été identifiées comme plantes d'intérêt jusqu'en 2002 (Lavoie, 1992) alors que l'*Ophioglossum vulgatum* était considéré comme rare par Marie-Victorin (1995) et Bouchard et collab. (1983). Ces plantes ont une faible fréquence d'occurrence sur le territoire québécois.

Bilan

Il ressort de ce premier bilan que les emprises peuvent supporter des plantes d'intérêt. Les emprises ne sont donc pas des milieux où la flore est banale en raison des différentes interventions chimiques ou mécaniques comme on pourrait s'y attendre à première vue, mais elles comportent des espèces d'intérêt variable possiblement favorisées, dans certains cas, par le maintien de l'ouverture du milieu. Il est toutefois plausible de penser que ce ne sont pas toutes les emprises qui ont la même probabilité de maintenir de telles espèces. À partir des observations faites à ce jour dans les emprises de lignes de transport d'énergie électrique, il semble que certains facteurs puissent augmenter les probabilités d'occurrences de plantes d'intérêt dans les emprises, soit la présence de milieux humides et la localisation des emprises dans la zone tempérée nordique, par opposition à la zone boréale. D'autres facteurs seraient sans doute à considérer, comme la largeur de l'emprise et la nature des assises géologiques.

Des études supplémentaires sont encore souhaitables pour cerner l'influence que pourrait avoir l'âge des emprises ou encore le mode d'entretien de la végétation sur la pérennité des populations de plantes d'intérêt. Outre le triangle Outaouais-Montréal-Richelieu, des recherches similaires



CHRISTIAN FORTIN

Figure 3. Plusieurs plantes d'intérêt sont associées à la présence de milieux humides; ici, un habitat d'*Utricularia gibba*.



CHRISTIAN FORTIN

Figure 4. Population de *Selaginella rupestris* observée dans une double emprise implantée en 1929

pourraient avoir lieu dans les emprises d'autres régions reconnues pour leur nombre élevé de plantes d'intérêt, principalement dans les Appalaches, dans les régions des Cantons de l'Est, du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie.

Remerciements

Nous remercions Marie-Ève Côté, Marie-France La Rochelle, Annie Maloney et Jacques Ouzilleau pour leur collaboration. Nous remercions aussi Michel Crête et un membre anonyme du comité de rédaction pour leurs commentaires sur une version préliminaire. ◀

Références

- BOUCHARD, A., D. BARABÉ, Y. BERGERON, M. DUMAIS et S. HAY, 1985. La phytogéographie des plantes vasculaires rares du Québec. *Naturaliste canadien*, 112 : 283-300.
- BOUCHARD, A., D. BARABÉ, M. DUMAIS et S. HAY, 1983. Les plantes vasculaires rares du Québec. *Syllogeus* n° 48, 79 p.
- BROUILLET, L., 1985. La conservation des plantes rares : le fondement biologique. *Naturaliste canadien*, 112 : 263-273.
- DESHAYE, J., J. BRUNELLE et F. MORNEAU, 1996. Étude de la biodiversité des emprises de lignes de transport d'énergie électrique en forêt mixte. Rapport pour la vice-présidence Environnement et Collectivités, Hydro-Québec. FORAMEC, Québec, 80 p.
- DESHAYE, J., C. FORTIN et F. MORNEAU, 2000. Caractérisation de la biodiversité dans les emprises de lignes de transport d'énergie électrique situées en forêt boréale. Rapport d'ensemble 1998-2000. Rapport pour TransÉnergie, direction Expertise et Support technique de Transport, unité Lignes, Câbles et Environnement. FORAMEC, Québec, 101 p.
- FORAMEC, 1998. Ligne Arnaud — Sainte-Marguerite-3 à 315 kV. Étude de tracés. Hydro-Québec, Direction principale Projets d'Équipements, 127 p.
- FORAMEC, 1994. Ligne à 735 kV Des Cantons — Lévis. Inventaire des plantes vasculaires susceptibles d'être désignées menacées ou vulnérables. Vice-présidence Ingénierie, Hydro-Québec. FORAMEC, Québec, 32 p.
- FORTIN, C. et J. DESHAYE, 2002. Lignes de raccordement du réseau à 120 kV au poste de la Montérégie : espèces fauniques et floristiques rares. Année 2002. Rapport présenté à Hydro-Québec Équipement, Unité Environnement. FORAMEC, Québec, 16 p.
- FORTIN, C., J. DESHAYE, F. MORNEAU, G.J. DOUCET, P. GALOIS, M. OUELLET et J. OUZILLEAU, 2006a. Caractérisation de la biodiversité dans les emprises de lignes de transport d'énergie électrique. Rapport synthèse 1996-2005. Hydro-Québec TransÉnergie. FORAMEC, Québec, 97 p.
- FORTIN, C., F. MORNEAU, J. DESHAYE, P. GALOIS et M. OUELLET, 2003. Caractérisation de la biodiversité dans les emprises de lignes de transport d'énergie électrique situées en forêt décidue. Rapport d'ensemble 2001-2003. Rapport pour TransÉnergie, direction Expertise et Support technique de Transport, unité Lignes, Câbles et Environnement. FORAMEC, Québec, 81 p.
- FORTIN, C., F. MORNEAU, J. DESHAYE, M. OUELLET et P. GALOIS, 2006b. Caractérisation de la biodiversité dans les emprises de lignes de transport d'énergie électrique. Espèces rares et espèces d'intérêt particulier. Rapport d'ensemble 2004-2006. Rapport présenté à Hydro-Québec TransÉnergie, Direction Expertise et support technique de Transport. Lignes, Câbles et Environnement. FORAMEC, Québec, 72 p.
- GOVERNEMENT DU QUÉBEC, 2005. Arrêté ministériel du 17 août 2005. Règlement visant la désignation de 25 espèces menacées ou vulnérables et de 30 habitats floristiques. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Québec : 4851-4859.
- GREIG-SMITH, P., 1983. Quantitative plant ecology. *Studies in Ecology*. Volume 9, 3^e édition. University of California Press, Berkeley et Los Angeles, 359 p.
- LABRECQUE, J. et G. LAVOIE, 2002. Les plantes vasculaires menacées ou vulnérables du Québec. Gouvernement du Québec, ministère de l'Environnement, Direction du patrimoine écologique et du développement durable, Québec, 200 p.
- LAVOIE, G., 1992. Plantes vasculaires susceptibles d'être désignées menacées ou vulnérables au Québec. Gouvernement du Québec, ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction de la conservation et du patrimoine écologique, Québec, 180 p.
- MARIE-VICTORIN, Fr. 1995. Flore laurentienne. 3^e édition, Les Presses de l'Université de Montréal, Montréal, 1083 p.
- ORDRE DES INGÉNIEURS FORESTIERS DU QUÉBEC (OIFQ), 1996. Manuel de foresterie. Les Presses de l'Université Laval, Québec, 1428 p.
- SCHERRER, B., 1984. Biostatistique. Gaëtan Morin Éditeur, Chicoutimi, 850 p.
- SHERIDAN, P.M., S.L. ORZELL et E.L. BRIDGES, 1997. Powerline easements as refugia for state rare seepage and pineland plant taxa. Pages 451-460 dans J.R. Williams, J.W. Goodrich-Mahoney, J.R. Wisniewski, J. Wisniewski (éd.). *Proceedings of the sixth International Symposium on Environmental Concerns in Rights-of-Way Management*. Elsevier Science, New York, 511 p.

Changements de l'occupation du sol dans le Québec méridional entre 1993 et 2001

Claudie Latendresse, Benoît Jobin, Charles Maisonneuve, Aïssa Sebbane et Marcelle Grenier

Résumé

Les activités humaines ont profondément transformé le paysage du sud du Québec. Afin de documenter les changements survenus récemment, deux cartographies de l'occupation du sol du sud de la province, produites à partir d'images satellites acquises vers 1993 et vers 2001, ont été comparées. Les changements les plus importants observés dans l'écocoréion des Basses terres du fleuve Saint-Laurent étaient reliés à l'augmentation de la superficie des cultures annuelles (comme le maïs ou le soya) au détriment des cultures pérennes (fourrages, pâturages). Ces changements étaient particulièrement importants dans les régions de Lanaudière, des Laurentides, de la Montérégie et du Centre-du-Québec, et étaient associés à une expansion vers l'est des paysages d'agriculture intensive. Parallèlement, la superficie du couvert forestier a diminué alors que l'urbanisation s'est accentuée. Dans l'écocoréion des Appalaches, on a observé un enrésinement de la forêt mélangée, surtout dans la partie est de la zone d'étude. Tous ces changements peuvent avoir des implications pour la conservation de la biodiversité dans les paysages agricoles du sud du Québec et démontrent l'urgence de mettre en place et de consolider des mesures de conservation afin de contrer les pertes d'habitats naturels.

Introduction

Le climat plus tempéré, la fertilité des sols et la proximité de la voie navigable du fleuve Saint-Laurent ont fait du sud du Québec la zone où se concentrent la majeure partie de la population humaine ainsi que les activités économiques et industrielles. Ces activités ont profondément transformé le paysage au cours des derniers siècles et l'agriculture domine aujourd'hui un territoire autrefois presque entièrement couvert de forêts décidues et mélangées. Au début du siècle dernier, l'agriculture était centrée sur la production laitière. Depuis le milieu du siècle, principalement dans les régions de la Montérégie et du Centre-du-Québec, on a observé une intensification de l'agriculture accompagnée de l'augmentation du rendement des cultures. Cette intensification a été facilitée par l'avènement de nouvelles technologies et de machineries spécialisées, ainsi que par le développement de nouveaux intrants chimiques (pesticides et fertilisants). Elle s'est manifestée par l'uniformisation des paysages agricoles (destruction de milieux naturels comme les haies, les bandes riveraines et les boisés; redressement des cours d'eau) et par la conversion des champs de fourrages et des pâturages en champs de céréales (maïs, blé) et d'oléagineux (soya). Le nombre de fermes a chuté de façon draconienne et leur taille a augmenté. Parallèlement, le cheptel porcin s'est accru de façon substantielle. Le Québec est alors passé d'une production agricole essentiellement familiale à une production beaucoup plus commerciale. Récemment, la tempête de verglas de 1998 a contribué à la destruction de plusieurs boisés qui ont souvent été convertis en terres cultivées. Tous ces changements ont entraîné une perte accélérée et une fragmentation des boisés en milieu agricole (Bélanger et Grenier, 1998; 2002).

Les activités humaines conduisent généralement à une raréfaction des milieux naturels, faisant en sorte que le maintien de la biodiversité peut s'avérer difficile dans les zones densément peuplées. De fait, la perte et la fragmentation des habitats sont responsables du déclin de nombreuses espèces sauvages (Saunders et collab., 1991; Fahrig, 2003; Kupfer, 2006). Il n'est donc pas étonnant de constater que la majorité des espèces végétales et animales à statut précaire du Québec se concentrent dans les paysages agricoles et agroforestiers du sud de la province (Kerr et Cihlar, 2004; Tardif et collab., 2005). Dans un tel contexte, il est impératif d'y connaître la répartition et l'évolution des habitats.



Paysage « agricole – culture annuelle », près de Lacolle

Claudie Latendresse et Benoît Jobin sont biologistes au Service canadien de la faune d'Environnement Canada; Charles Maisonneuve est biologiste au ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec; Aïssa Sebbane est biologiste-géomaticien au ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec, et Marcelle Grenier est chargée de projet en télédétection et géomatique au Service canadien de la faune d'Environnement Canada.

clatendresse@hotmail.com

Avec le développement de la télédétection, il est possible, depuis quelques années, de quantifier et de cartographier rapidement l'occupation du sol sur de vastes étendues. On peut donc désormais mesurer les changements d'occupation du sol en comparant des classifications d'images satellites obtenues à différentes périodes pour un même territoire. Au Québec, ce type de comparaison a notamment permis d'évaluer l'importance de la réduction du couvert forestier dans des régions agricoles du sud de la province (Li et collab., 2003; Soucy-Gonthier et collab., 2003).

Un premier bilan de l'occupation du sol dans le sud du Québec avait été établi pour la période 1993 à partir de la classification d'images satellites (Bélangier et collab., 1999). Ces informations avaient permis de découper le territoire du sud du Québec en différents paysages agricoles (Jobin et collab., 2003; 2004). Une seconde classification d'images satellites a ensuite été réalisée pour la période 2001 (Service canadien de la faune et collab., 2004). Une analyse visant à dresser le portrait actuel de l'occupation de sol et à quantifier les changements spatio-temporels survenus a donc été réalisée récemment (Jobin et collab., 2007). Nous en présentons ici les plus importants résultats.

Méthode

Afin d'évaluer les changements d'occupation du sol survenus dans le sud du Québec, nous avons comparé des images satellites Landsat-TM obtenues en 1993 et 1994 (période 1993) et des images Landsat-ETM obtenues entre 1999 et 2002 (période 2001). Ces images sont captées par des satellites et nécessitent un traitement afin de transformer les informations, récoltées sous forme de longueurs d'onde, en données visibles à l'écran d'un ordinateur. La résolution de ces images, soit la taille minimale d'un élément observable

au sol, est de 30 m x 30 m. Comme les deux séries d'images couvraient des territoires légèrement différents, nous avons utilisé l'aire d'étude commune aux deux périodes afin de comparer les résultats obtenus. Ce territoire couvre le Québec méridional, de la région de l'Outaouais jusqu'au Bas-Saint-Laurent, incluant le sud des régions de Lanaudière, de la Mauricie et de la Capitale-Nationale (figure 1).

Nous avons classifié les images Landsat à l'aide d'une méthode de classification supervisée (semi-manuelle) par maximum de vraisemblance basée sur des zones d'entraînement (Bélangier et collab., 1999; VIASAT GeoTechnologies inc., 2004; Jobin et collab., 2007). La précision des classifications a été évaluée à l'aide d'une méthode basée sur la connaissance de l'interprète (Grenier et collab., 2007). Elle était de 87 % pour la période 1993 et de 92 % pour la période 2001 (Létourneau, 2007).

Cinq grandes classes d'occupation du sol communes aux deux périodes ont été définies et cartographiées: 1) milieu anthropique (zones résidentielles et industrielles, milieu urbain, routes); 2) cultures annuelles (maïs, céréales, labours); 3) cultures pérennes (foin, pâturages, friches); 4) eau et 5) forêt. Cette dernière classe a été subdivisée en cinq types de forêt: 1) feuillue; 2) mélangée; 3) résineuse; 4) en régénération et 5) coupes et brûlis.

Ces classes d'occupation du sol ont été compilées en valeurs absolues (ha) et en pourcentage selon divers découpages du territoire québécois afin d'analyser les changements observés à différentes échelles: les écorégions telles que définies par le Groupe de travail sur la stratification écologique (1995), les municipalités régionales de comté (MRC) et les bassins versants de niveaux 1 et 2. Par souci de concision, seuls les principaux résultats à l'échelle des écorégions et des MRC seront présentés ici; l'ensemble des résultats est toutefois disponible dans le rapport connexe (Jobin et collab., 2007).

Bien que la zone d'étude ait touché plusieurs écorégions, seules les données relatives aux Basses terres du fleuve Saint-Laurent et aux Appalaches sont présentées puisque leur couverture était la plus complète. Afin d'exclure les MRC dont la couverture par les images Landsat était incomplète au cours de l'une ou l'autre des périodes d'étude, nous avons comparé seulement les unités pour lesquelles au moins 75 % de la superficie était correctement couverte. Il a également été impossible d'évaluer les changements de la couverture des milieux humides puisque les informations sur ces types d'habitat n'étaient pas indépendantes entre les classifications de 1993 et de 2001, les milieux humides de la classification de 2001 étant majoritairement identifiés à l'aide de l'*Atlas de conservation des terres humides*, produit à partir des informations extraites des images Landsat de 1993 (Bélangier et Grenier, 2003).

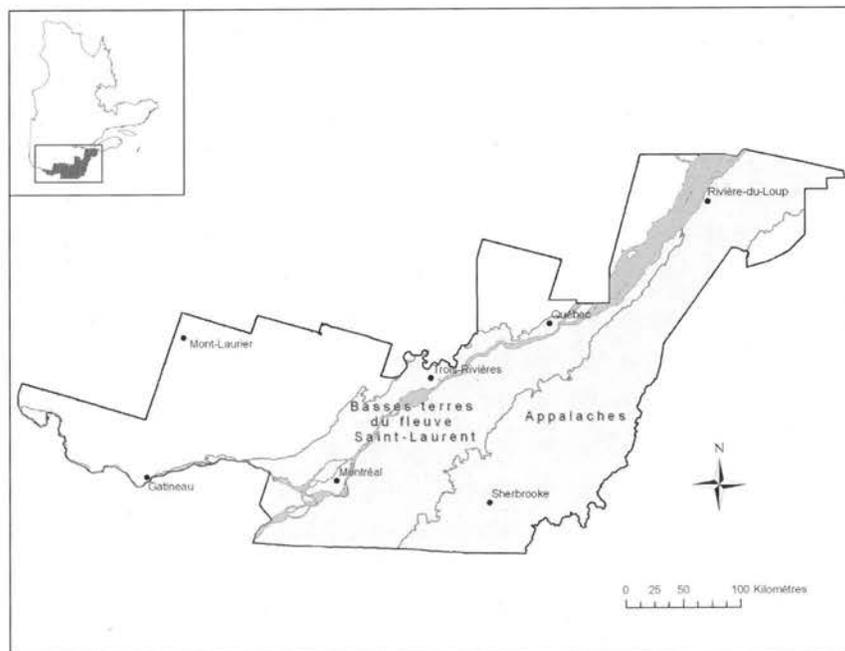


Figure 1. Carte de localisation de la zone d'étude

Les données d'occupation du sol de 1993 avaient permis de délimiter les grands types de paysage agricole du sud du Québec (Jobin et collab., 2003; 2004). La même démarche a été répétée, en combinant cette fois-ci les données de 1993 et celles de 2001 dans une même analyse. Les unités d'analyse utilisées étaient les polygones de sol développés par Agriculture et Agro-Alimentaire Canada (Le groupe de travail du Pêdo-Paysage du Canada, 2006). Seuls ceux compris dans les écorégions des Basses terres du fleuve Saint-Laurent et des Appalaches et dont au moins 75 % de la superficie était couverte par les classes d'occupation du sol ont été retenus. Les couvertures relatives des cinq grandes classes d'occupation du sol (anthropique, cultures annuelles, cultures pérennes, forêt et eau/milieus humides) ont d'abord été compilées pour les polygones sélectionnés pour chacune des périodes. Une analyse de groupement à liens complets, faite à partir de la matrice de dissimilarité basée sur la distance euclidienne, a ensuite été utilisée pour regrouper les polygones en paysages agricoles qui présentent une occupation du sol plutôt homogène. Les polygones dont l'occupation du sol a peu changé entre 1993 et 2001 se regroupaient dans un même paysage pour les deux périodes, alors que ceux pour lesquels des changements importants ont été observés faisaient partie de paysages différents. Cette méthode permet donc de visualiser la répartition et les changements survenus aux limites de ces paysages sur le territoire.

Résultats

Les couvertures des grandes classes d'occupation du sol révélaient une vocation essentiellement agroforestière pour les Basses terres du fleuve Saint-Laurent (figure 2). Les images de 2001 indiquent qu'environ le tiers de ce territoire était couvert par la forêt (32,8 %). Les deux tiers restants étaient occupés par les cultures annuelles (30,5 %) et pérennes (26,7 %) ainsi que par les milieux anthropiques (9,5 %). Les Appalaches étaient, de leur côté, nettement plus boisées, avec plus de 75 % de leur territoire occupé par la forêt. Une certaine proportion de ce territoire était allouée aux cultures pérennes (16,5 %) et les autres habitats ne couvraient que de faibles superficies (3,6 % pour les milieux anthropiques, 2,7 % pour les cultures annuelles et 0,6 % pour l'eau).

Les changements les plus importants observés dans les Basses terres du fleuve Saint-Laurent entre 1993 et 2001 étaient liés à l'augmentation de la superficie des cultures annuelles (gains de 1 700 km²), accompagnée d'une baisse marquée de la superficie des cul-

tures pérennes (pertes de 1 400 km²). La superficie totale en cultures a donc connu une hausse de près de 300 km², soit l'équivalent de 1 % du territoire. En compilant ces résultats par MRC, on observe que les MRC où des gains importants en cultures annuelles ont eu lieu sont les mêmes que celles où des pertes marquées de cultures pérennes ont été observées (tableau 1 et figure 3), indiquant une intensification de l'agriculture dans les régions de Lanaudière, des Laurentides, de la Montérégie et du Centre-du-Québec. De fait, les changements des superficies des cultures annuelles présentaient une relation négative significative avec les changements des superficies en cultures pérennes à l'échelle des MRC (corrélation de Pearson: $r = -0,78$; $P < 0,0001$, $n = 60$). Parallèlement, on a observé, dans les Basses terres du fleuve Saint-Laurent, un recul des superficies forestières de l'ordre de 3 %, soit l'équivalent de plus de 700 km², alors que l'importance du milieu anthropique est passée de 8 à 10 %, pour une augmentation de 400 km².

Les changements observés dans les Appalaches étaient de moindre importance. Les cultures annuelles comptaient pour 3 % du territoire, tant en 1993 qu'en 2001. Pour cette écorégion, une légère baisse de la couverture des cultures pérennes a été observée, avec une perte de 185 km², soit moins de 1 % du territoire. Au total, les surfaces cultivées ont donc connu un léger recul d'environ 185 km² entre les deux périodes. Un gain du milieu anthropique de 250 km² fut observé, ainsi qu'une perte de 150 km² de forêts.

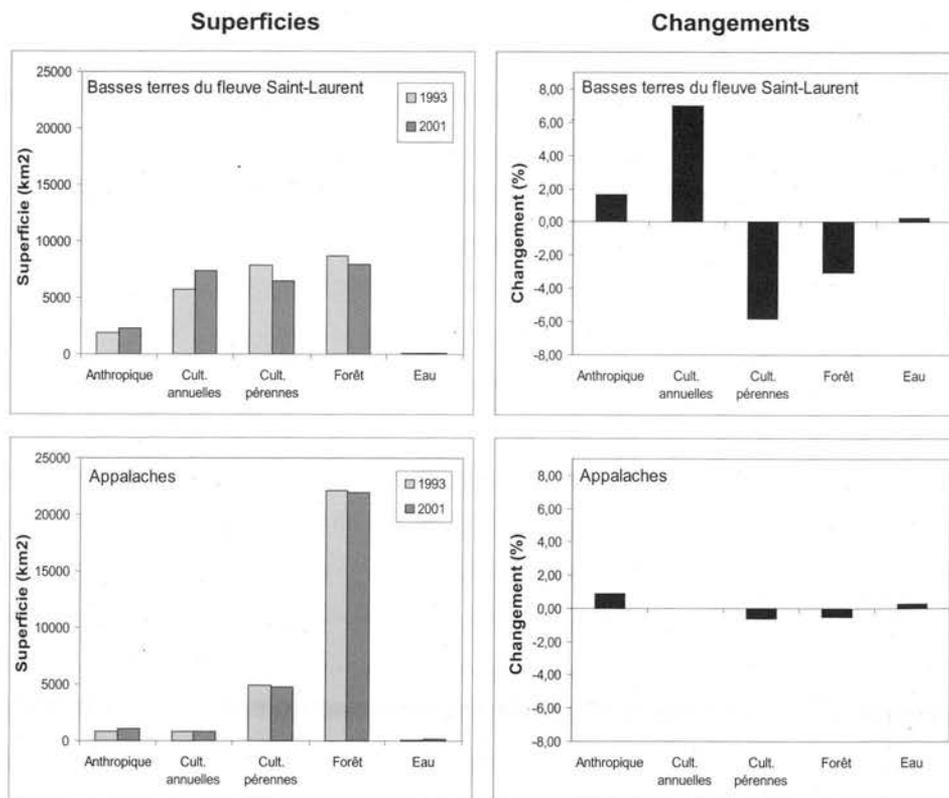


Figure 2. Superficies (à gauche) et changements relatifs (à droite) observés par grandes classes d'occupation du sol pour les écorégions des Basses terres du fleuve Saint-Laurent et des Appalaches

Tableau 1. Couverture moyenne (%) des grandes classes d'occupation du sol pour les cinq paysages obtenus après l'analyse de groupement des polygones de sol de 1993 et 2001 pour les écorégions des Basses terres du fleuve Saint-Laurent et des Appalaches

Région administrative		MRC		Δ Cultures annuelles	Δ Cultures pérennes
14	Lanaudière	63	D'Autray	+ 10 %	- 7 %
		74	Joliette	+ 12 %	- 11 %
		82	L'Assomption	+ 12 %	- 11 %
15	Laurentides	92	Mirabel	+ 11 %	- 12 %
16	Montérégie	76	Le Bas-Richelieu	+ 13 %	- 10 %
		80	Lajemmerais	+ 15 %	- 13 %
		84	Les Maskoutains	+ 10 %	- 6 %
		86	La Vallée-du-Richelieu	+ 16 %	- 14 %
		102	Rouville	+ 16 %	- 11 %
17	Centre-du-Québec	64	Bécancour	+ 10 %	- 6 %
		71	Nicolet-Yamaska	+ 12 %	- 10 %

soit près de 7 % du territoire. La compilation des changements relatifs de ces trois types de forêt par MRC permet un examen de la répartition spatiale de ces transformations (figure 5). Les pertes en forêt mélangée étaient de l'ordre de plus de 6 % pour plus de 24 MRC qui se concentraient dans l'est de la zone d'étude. Les quelques MRC pour lesquelles une augmentation du couvert de la forêt mélangée fut observée se concentraient à l'ouest de la zone d'étude, le long de la rivière des Outaouais. Parallèlement, l'est de la zone d'étude a été marqué par des gains importants en peuplements résineux et en régénération.

On a observé également un certain recul des coupes et brûlis dans les Appalaches, avec une perte de 500 km² ou 2 % du territoire, ainsi qu'un gain de près de 50 km² (moins de 1 % du territoire) pour les forêts feuillues.

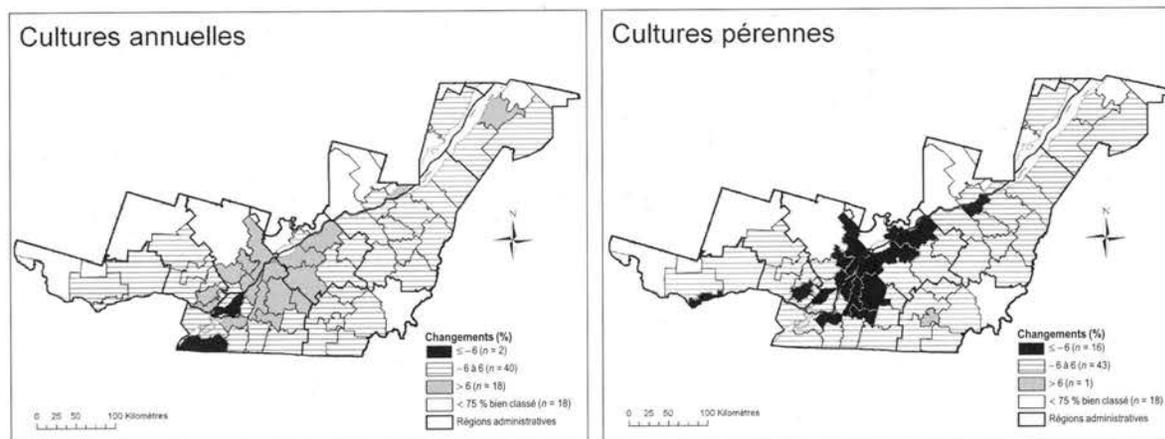


Figure 3. Répartition des changements relatifs des cultures annuelles et pérennes par municipalité régionale de comté, 1993-2001

Les changements par types de forêt

Les forêts des Basses terres du fleuve Saint-Laurent étaient dominées par les peuplements feuillus et mélangés, alors que celles des Appalaches étaient formées de peuplements feuillus, mélangés et résineux (figure 4). Le principal changement de types de forêt pour les Basses terres du fleuve Saint-Laurent fut lié à une réduction de la superficie des peuplements feuillus qui représentait une perte de 1 100 km² ou 5 % du territoire. Les forêts mélangées ainsi que les coupes et brûlis ont été réduits de 500 et 100 km² respectivement. Les peuplements résineux et en régénération étaient les seuls à afficher une hausse de superficie d'une certaine importance, avec 400 et 600 km² de plus en 2001 qu'en 1993.

Les changements du couvert forestier par type de forêt sont particulièrement importants dans les Appalaches. La forêt mélangée y est passée de 34 à 22 % du territoire, ce qui représente une perte pour ce type d'habitat de plus de 3 500 km². Dans la même période, les forêts résineuses et en régénération augmentaient toutes deux de près de 2 000 km²,

Les changements de paysage

L'analyse de groupement a permis d'associer les polygones de sol en fonction de leur similitude pour ce qui est des couvertures des cinq grandes classes d'occupation du sol. Cinq grands types de paysage ont ainsi été obtenus, nommés en fonction des classes d'occupation du sol dominantes dans les polygones de sols regroupés (tableau 2). La figure 6 illustre la répartition spatiale en 1993 et en 2001 des cinq types de paysage retenus. Les Basses terres du fleuve Saint-Laurent comprenaient tous les types de paysage alors que les Appalaches étaient essentiellement couvertes par le paysage « agroforestier – forêt ».

Les changements les plus notables survenus dans les Basses terres du fleuve Saint-Laurent étaient liés aux paysages où l'activité agricole était importante. On y a observé une intensification de l'agriculture qui s'est traduite par une expansion vers l'est pour le paysage « agricole – culture annuelle », au détriment du paysage « agroforestier – culture pérenne ». On y a également observé une urbanisation accrue

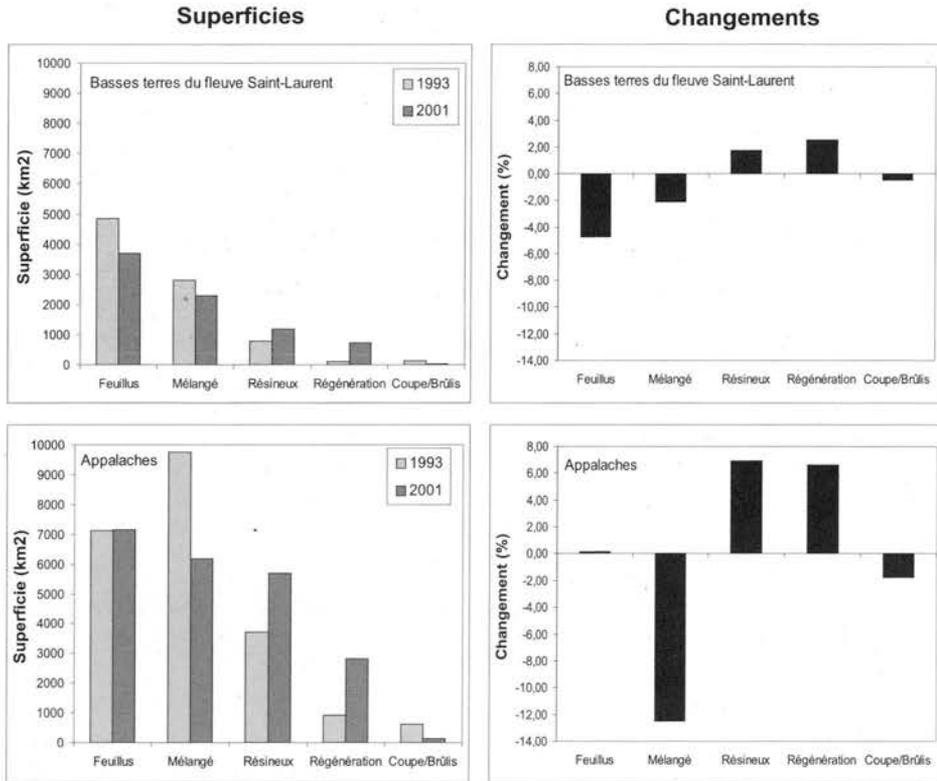


Figure 4. Superficie (à gauche) et changements relatifs (à droite) observés par types de forêt pour les écorégions des Basses terres du fleuve Saint-Laurent et des Appalaches

alors que des polygones du paysage « agroforestier – culture pérenne » ont évolué vers le paysage « urbain ». Dans les Appalaches, les changements de pratiques agricoles se sont traduits par une transformation de polygones faisant partie du paysage « agroforestier – forêt » au paysage « agroforestier – culture pérenne » dans l’Estrie.

étaient de 280 000 ha en 1995 contre 430 000 ha en 2001. La superficie du soya assurée est, quant à elle, passée de 18 000 ha à 146 000 ha entre 1990 et 2001.

Nos résultats démontrent également un recul du couvert forestier dans les régions d’agriculture intensive. Bien que des méthodes différentes aient été utilisées, d’autres

Discussion

Les principaux changements de l’occupation du sol observés entre 1993 et 2001 dans le sud du Québec montrent une conversion des cultures pérennes en cultures annuelles dans les régions où l’agriculture était autrefois dominée par la production de fourrages et par les pâturages, notamment dans Lanaudière, les Laurentides, la Montérégie, le Centre-du-Québec et Chaudière-Appalaches. Ces résultats sont corroborés par les données de recensements agricoles de Statistique Canada effectués en 1991 et 2001 (Statistique Canada, 1992; 2006) qui indiquent que les cultures annuelles (céréales et soya) ont fait un bond au Québec. Les régions présentant les hausses les plus marquées étaient Montréal/Laval, Chaudière-Appalaches, le Centre-du-Québec, le Saguenay–Lac-Saint-Jean et la Mauricie. Les cultures du maïs et du soya étaient celles qui affichaient les plus grandes augmentations de superficie. Les données de la Financière agricole du Québec (voir CRAAQ, 2002) vont dans le même sens, alors que les superficies de maïs-grain couvertes par l’assurance

stabilisation pour l’ensemble du Québec

Tableau 2. Municipalités régionales de comté (MRC) de quatre régions administratives du Québec où les changements du pourcentage de couverture des cultures annuelles ou pérennes ont excédé ± 10 % entre 1993 et 2001.

Écorégion	Anthropique		Culture annuelle		Culture pérenne		Forêt		Eau – milieu humide		Superficie (ha)		n		
	1993	2001	1993	2001	1993	2001	1993	2001	1993	2001	1993	2001	1993	2001	
Basses terres du fleuve Saint-Laurent															
Paysage	71,8	78,7	9,8	4,3	8,8	7,3	7,4	7,4	2,2	2,2	33 532	64 729	3	5	
Urbain	71,8	78,7	9,8	4,3	8,8	7,3	7,4	7,4	2,2	2,2	33 532	64 729	3	5	
Agricole - culture annuelle	6,4	6,1	50,5	56,6	29,2	24,1	9,5	9,8	4,4	3,3	397 025	626 970	11	24	
Agroforestier - culture pérenne	9,8	11,0	21,5	25,7	40,4	33,8	24,9	24,8	3,4	4,7	1 029 767	829 100	81	72	
Agroforestier - forêt	4,3	5,1	9,3	11,9	23,4	21,3	57,1	55,6	6,0	6,1	1 048 730	1 000 225	59	55	
Agroforestier - humide	1,9	2,5	14,6	14,9	13,9	10,6	21,8	20,6	47,8	51,3	103 235	91 265	18	16	
Appalaches															
Urbain	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	
Agricole - culture annuelle	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	
Agroforestier - culture pérenne	9,9	6,6	8,5	18,4	44,3	39,0	31,4	30,2	5,9	5,8	104 815	169 324	6	8	
Agroforestier - forêt	2,8	4,2	2,7	2,2	15,8	15,7	74,8	73,6	3,9	4,3	2 389 987	2 325 479	70	68	
Agroforestier - humide	2,4	2,4	0,8	1,5	8,2	11,1	17,5	13,4	71,2	71,6	3 922	3 922	1	1	

études récentes ont démontré cette tendance au déboisement (Savoie, 2002a; 2002b; 2002c; Li et collab., 2003; Soucy-Gonthier et collab., 2003; Belvisi, 2005). Tout, comme dans l'étude de Li et collab. (2003), nous avons observé que les pertes de superficies forestières sont plus importantes dans les Basses terres du fleuve Saint-Laurent que dans les Appalaches. Parmi les causes de ces pertes de couvert forestier, mentionnons l'urbanisation ainsi que l'agrandissement des terres en

culture lié au prix élevé du maïs-grain et à l'expansion de la production porcine qui nécessite de grandes surfaces d'épandage du lisier. La crise du verglas, qui a perturbé plusieurs boisés et érablières, a contribué à accentuer ce phénomène en réduisant les coûts de leur conversion en cultures (Savoie, 2002a; 2002b; 2002c; Li et collab., 2003).

Notre analyse a permis de démontrer un recul important des forêts mélangées et un accroissement concomitant de la superficie des forêts résineuses et en régénération dans l'est de l'aire d'étude. Il est possible que ces changements soient liés à différentes perturbations, qu'elles soient d'origine naturelle ou anthropique. Une épidémie de tordeuse des bourgeons de l'épinette (*Choristoneura fumifera* (Clem.)) a sévi dans l'est du Québec quelques années avant notre étude, soit entre 1975 et 1992 (Boulanger et Arsenault, 2004). Cette épidémie a pu contribuer à un enfeuillement des peuplements en causant la mort des conifères. Nos travaux couvrent la période suivant cette épidémie et les

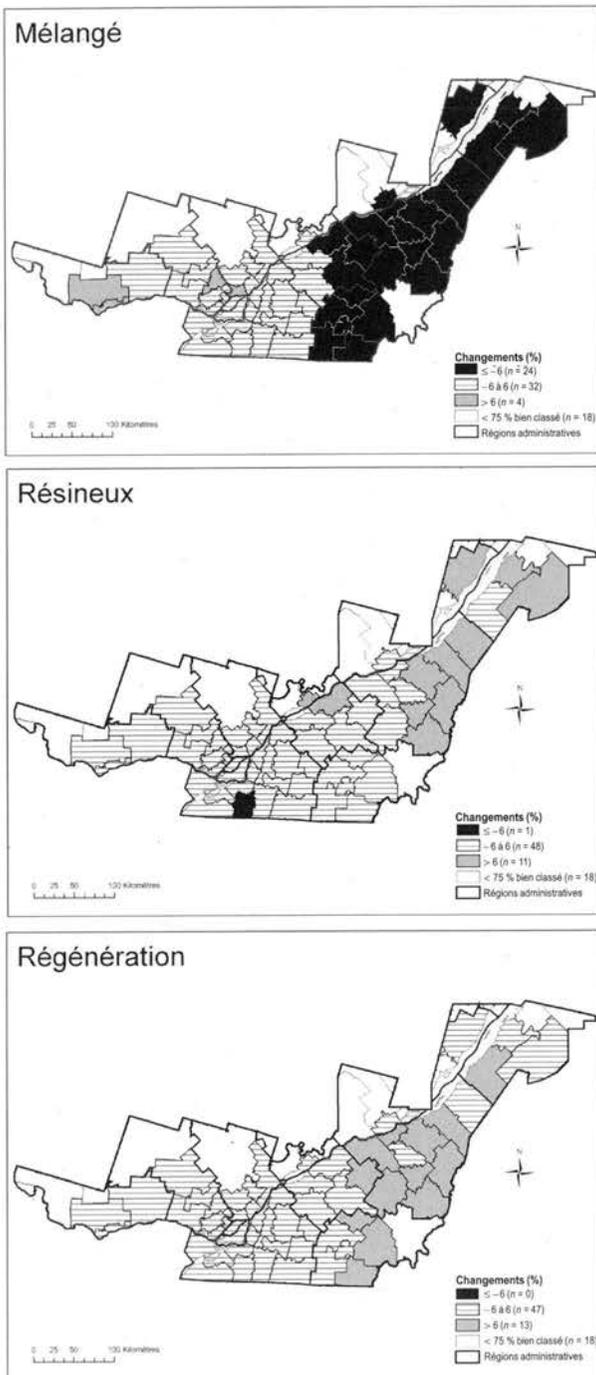


Figure 5. Répartition des changements relatifs des forêts mélangées, résineuses et en régénération par municipalité régionale de comté, 1993-2001

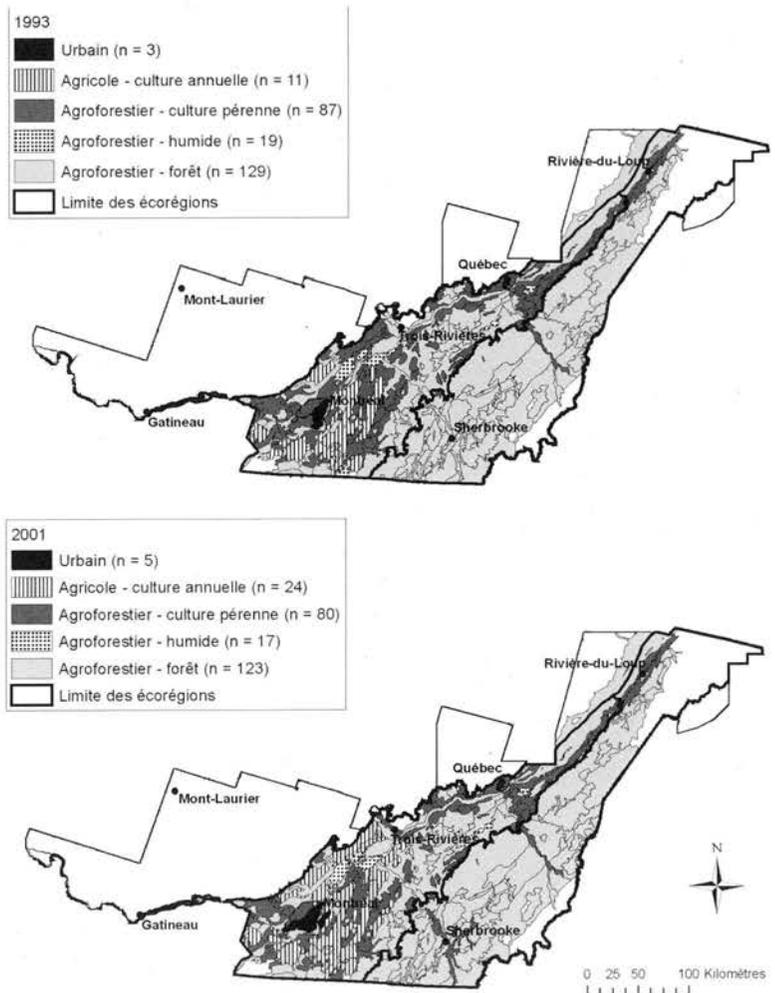


Figure 6. Répartition des cinq paysages pour les écorégions des Basses terres du fleuve Saint-Laurent et des Appalaches obtenus après l'analyse de groupement des polygones de sol de 1993 et 2001 basée sur la couverture des grandes classes d'occupation du sol tirées de l'imagerie Landsat TM/ETM

changements observés sont peut-être le reflet d'un retour à une proportion normale des essences résineuses dans les peuplements de l'est du Québec.

Les activités forestières peuvent également avoir eu un rôle à jouer dans les changements de types de forêt observés. Rappelons que la forêt du Québec méridional est essentiellement de tenure privée et formée de peuplements feuillus et mélangés. Dans ces régions, notamment à la suite de la déprise agricole, nombre de peuplements dégradés, de friches, ou de terrains ayant subi des coupes à blanc ont fait l'objet de reboisement, principale intervention pratiquée en forêt privée. Ainsi, entre 1973 et 2001, plus de trois milliards de plants ont été mis en terre pour l'ensemble du Québec, dont plus de un milliard en forêt privée seulement (MRNF, 2006). Or, la quasi-totalité des arbres plantés sont des résineux (MRNF, 2006), entre autres parce que ces plants sont plus facilement disponibles et que l'entretien des plantations est plus aisé et mieux connu que pour les feuillus. La plantation de conifères sur des terrains occupés autrefois par des peuplements feuillus ou mélangés pourrait ainsi avoir favorisé l'enrésinement (Vézina, 1994; Coulombe et collab., 2004) et il est possible que ce soit ce phénomène que nous ayons observé. Ces plantations représentent souvent des monocultures, surtout d'épinettes, qui sont sujettes aux épidémies et qui contribuent à diminuer la diversité du milieu naturel en fournissant un habitat de faible intérêt pour la faune. De plus, leur entretien requiert souvent l'usage de pesticides. Notons toutefois que l'importance du reboisement a diminué au cours des dernières années (MRNF, 2006), notamment en raison d'une disponibilité moindre de terrains.

Mentionnons que l'éclaircie précommerciale, qui se pratique essentiellement au Québec depuis 1987, mais qui a gagné en importance depuis 1994 (Legris et Couture, 1999), a pu avoir un certain impact sur la composition des forêts du sud de la province en favorisant la présence des conifères. Toutefois, les superficies impliquées, soit environ 35 000 ha pour l'ensemble de la forêt privée du Québec entre 1990 et 1995 (Legris et Couture 1999) et environ 40 000 ha entre 1995 et 2001 (MRNF, 2006), ne peuvent vraisemblablement expliquer l'ampleur du phénomène d'enrésinement que nous avons observé.

Enfin, le remplacement des forêts mélangées par les forêts résineuses peut être simplement attribuable à la succession naturelle dans la composition des espèces. Par exemple, Leak et Smith (1996) ont observé, au New Hampshire, que la pruche de l'Est (*Tsuga canadensis*) prenait de plus en plus d'importance avec le vieillissement des peuplements, au détriment du bouleau à papier (*Betula papyrifera*), du bouleau jaune (*Betula alleghaniensis*) et des peupliers (*Populus spp.*). Au Québec, Crête et Marzell (2006) observaient, de leur côté, que la proportion de feuillus tendait à diminuer avec l'âge dans les peuplements des domaines bioclimatiques de la sapinière et de la pessière.

Quoi qu'il en soit, il s'agit à notre connaissance de la première fois que de tels changements relatifs à un aussi grand territoire sont rapportés. Une meilleure compréhension de ce phénomène nécessitera des recherches plus approfondies.

Il est à remarquer que la dernière classification complète du sud du Québec ayant été effectuée à partir d'images obtenues entre 1999 et 2002, il est probable que des changements dans l'occupation du sol aient eu lieu depuis. Li et collab. (2003) indiquaient d'ailleurs que le déboisement s'est accru dans certaines régions de la vallée du Saint-Laurent au cours de la période 1999-2002 comparativement à ce qui était observé avant 1999, particulièrement en milieu agricole. Pour sa part, Belvisi (2005) a observé que la tendance au déboisement s'est poursuivie entre 1999 et 2004.

Implications pour la conservation de la biodiversité dans les paysages agricoles du sud du Québec

L'intensification de l'agriculture et le recul du couvert forestier dans les Basses terres du fleuve Saint-Laurent augmentent la pression que subissent les habitats naturels résiduels. Les rôles écologiques, agronomiques, récréotouristiques et économiques de ces habitats naturels sont reconnus, et ils représentent souvent les derniers refuges de nombreuses espèces en péril, comme la rainette faux-grillon de l'Ouest (*Pseudacris triseriata*), la tortue des bois (*Glyptemys insculpta*), le ginseng à cinq folioles (*Panax quinquefolius*), l'ail des bois (*Allium tricoccum*), l'aplectrelle d'hiver (*Aplectrum hyemale*) ou la phégoptère à hexagones (*Phegopteris hexagonoptera*) (MDDEP, 2005). En plus de la perte directe des habitats naturels, l'intensification de l'agriculture entraîne une réduction de la qualité des habitats résiduels adjacents aux terres cultivées (Boutin et Jobin, 1998) et influe sur la qualité de l'eau à la suite de la dérivation et du ruissel-



Paysage « agroforestier – culture pérenne », Beauce

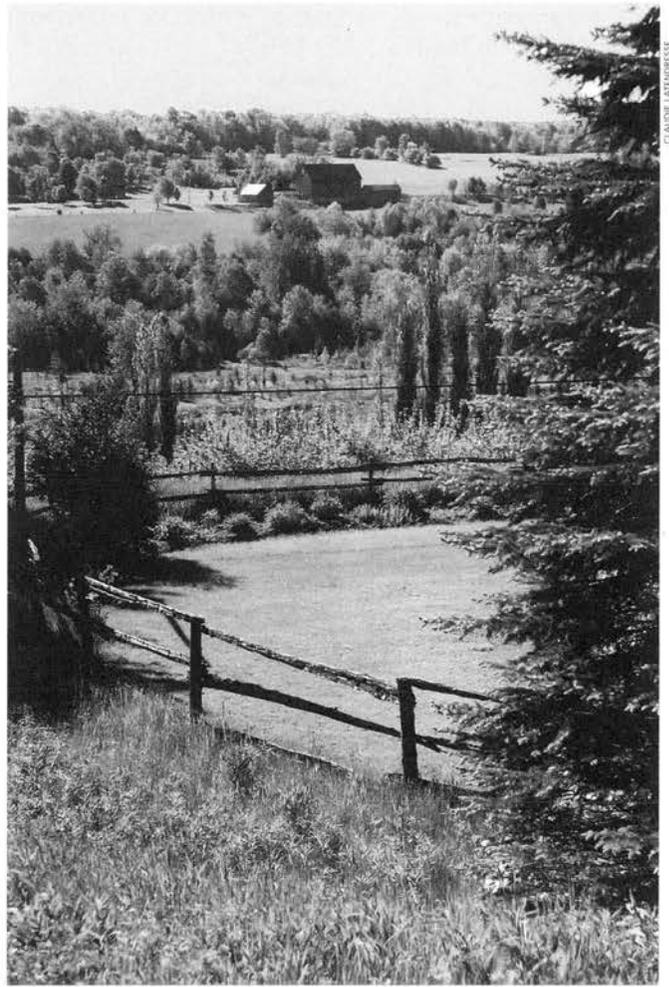
lement des pesticides, fertilisants et matières en suspension (Latreille et collab., 1993; Doré, 1996; Painchaud, 1999). Par ailleurs, nombre d'espèces d'oiseaux champêtres associées au milieu agricole sont en déclin au Québec, en raison du changement des pratiques agricoles et des modifications du paysage rural (Robert et Laporte, 1995; Jobin et collab., 1996). Par exemple, le passage d'un paysage agroforestier vers un paysage dominé par les grandes cultures a favorisé l'expansion du canard colvert (*Anas platyrhynchos*) au détriment des populations de canard noir (*Anas rubripes*) dans le sud du Québec (Maisonneuve et collab., 2006). Enfin, le passage de la forêt mélangée vers la forêt résineuse dans le sud du Québec n'est guère encourageant pour la conservation de la biodiversité du milieu forestier. Ce changement risque de contribuer à réduire ou du moins modifier la biodiversité intrinsèque aux forêts mélangées du Québec méridional. La consolidation et la mise en œuvre d'actions de conservation sont donc impérieuses dans le sud du Québec.

Perspectives d'avenir

Les changements d'occupation du sol dans le sud du Québec entre 1993 et 2001 se sont traduits par des changements majeurs sur le plan des paysages agricoles, tel que l'anticipaient Jobin et collab. (2003; 2004). La limite des paysages d'agriculture intensive dominés par les cultures annuelles s'est étendue vers le nord-est dans les régions entourant le lac Saint-Pierre. Si cette tendance se maintient, il est à prévoir que les paysages d'agriculture intensive s'étendront encore vers les secteurs où on observait en 2001 une mosaïque de cultures pérennes et annuelles, comme dans certains secteurs du Centre-du-Québec, de la Montérégie, des Laurentides et de Lanaudière. De plus, certains paysages à dominance forestière des régions du Centre-du-Québec, de l'Estrie et de la Chaudière-Appalaches pourraient être transformés au cours des prochaines années pour devenir dominés par les cultures pérennes, comme nous l'avons observé dans la région de l'Estrie entre 1993 et 2001.

Ces prévisions s'appuient sur le fait que l'apparition de nouveaux cultivars plus précoces et résistants aux conditions climatiques rigoureuses permet désormais la culture du maïs et d'autres types de céréales et oléagineux dans les régions autrefois principalement à vocation laitière. L'expansion de ces cultures pourrait être accentuée avec la sélection d'hybrides et de variétés encore plus performants, adaptés à des régions de faibles unités thermiques. La hausse du CO₂ atmosphérique et une augmentation des unités thermiques maïs et des degrés jours de croissance, liés aux changements climatiques, pourraient également augmenter le rendement des cultures de maïs et de soya (Singh et Stewart, 1991; Singh et collab., 1996) et permettre leur culture dans des régions moins propices comme l'Abitibi ou le Lac-Saint-Jean.

Il est donc vraisemblable que les habitats fauniques de plusieurs régions du sud du Québec soient sujets à des pressions de plus en plus élevées dans un avenir rapproché.



Paysage « agroforestier – forêt », près de Frelighsburg

Dans un contexte où les ressources financières et territoriales sont limitées, il sera primordial d'analyser les besoins des divers utilisateurs à l'échelle des paysages pour prioriser les sites d'intérêt, identifier les pressions actuelles sur les habitats et mettre en place des mesures de conservation intégrées afin de contrer les pertes d'habitats naturels toujours en cours. Il sera donc important, dans les années à venir, de poursuivre la documentation des changements de l'occupation des sols au Québec.

Remerciements

Nous remercions Sylvain Deslandes pour sa participation à la classification des images de 1993 ainsi que Jason Beaulieu, Charles Savoie, Manon Carignan, Guy Létourneau, Martine Benoit et Ryan Ogston pour leur participation à la classification et aux discussions entourant la classification des images de 2001. Nous remercions également Luc Bélanger, Rhéaume Courtois, René Lafond, Yvon Mercier et Isabelle Ringuet pour leur soutien et leurs encouragements tout au long du projet. Les commentaires de Michel Crête et d'un réviseur anonyme ont contribué à l'amélioration

de ce manuscrit – nous les en remercions. Nous remercions finalement Alain Baril et Céline Boutin pour les discussions et idées échangées sur la dynamique des paysages agricoles et la conservation des habitats fauniques du sud du Québec ainsi que Charles Savoie, Jason Beaulieu et Julien Belvisi pour leurs commentaires concernant le rapport connexe au présent article. ◀

Références

- BÉLANGER, L. et M. GRENIER, 1998. Importance et causes de la fragmentation forestière dans les agroécosystèmes du sud du Québec. Série de rapports techniques n° 327, Service canadien de la faune, Environnement Canada, région du Québec, 38 p. et annexes.
- BÉLANGER, L. et M. GRENIER, 2002. Agriculture intensification and forest fragmentation in the St. Lawrence Valley, Québec, Canada. *Landscape Ecology*, 17: 495-507.
- BÉLANGER, L. et M. GRENIER, 2003. Atlas de conservation des terres humides. Environnement Canada, Service canadien de la faune, région du Québec, site internet : www.qc.ec.gc.ca/faune/atlasterreshumides/html/AtlasTerresHumides_f.html.
- BÉLANGER, L., M. GRENIER et S. DESLANDES, 1999. Bilan des habitats et de l'occupation du sol dans le sud du Québec. Environnement Canada, Service canadien de la faune, région du Québec, site internet : <http://www.qc.ec.gc.ca/faune/bilan/bilanhabitat.html>. Consulté le 22 novembre 2006.
- BELVISI, J., 2005. Portrait des pertes de superficies forestières en Montérégie entre 1999 et 2004. Géomont : Agence géomatique montréalaise, Saint-Hyacinthe, Québec, 28 p.
- BOULANGER, Y. et D. ARSENAULT, 2004. Spruce budworm outbreaks in eastern Quebec over the last 450 years. *Canadian Journal of Forest Research*, 34: 1035-1043.
- BOUTIN, C. et B. JOBIN, 1998. Intensity of agricultural practices and effects on adjacent habitats. *Ecological Applications*, 8: 544-557.
- CENTRE DE RÉFÉRENCE EN AGRICULTURE ET AGROALIMENTAIRE DU QUÉBEC (CRAAQ), 2002. Ré-évaluation des unités thermiques disponibles au Québec pour le maïs et le soya. Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec, Sainte-Foy, Québec, 9 p.
- COULOMBE, G., J. HUOT, J. ARSENAULT, É. BEAUCE, J.-T. BERNARD, A. BOUCHARD, M.-A. LIBOIRON et G. SZARAZ, 2004. Commission d'étude sur la gestion de la forêt publique québécoise, 307 p.
- CRÊTE, M. et L. Marzell, 2006. Évolution des forêts québécoises au regard des habitats fauniques : analyse des grandes tendances sur trois décennies. *The Forestry Chronicle*, 82: 368-382.
- DORÉ, C., 1996. Pour une eau de qualité en milieu rural. Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec, Direction des politiques des secteurs agricole et naturel, Sainte-Foy, Québec, 35 p.
- FAHRIG, L., 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 34: 487-515.
- GRENIER, M., A.-M. DEMERS, S. LABRECQUE, M. BENOÎT, R. FOURNIER et B. DROLET. An object-based method to map wetland using RADARSAT-1 and Landsat-ETM images : test case on two sites in Québec, Canada. *Canadian Journal of Remote Sensing*. Sous presse.
- GRUPE DE TRAVAIL SUR LA STRATIFICATION ÉCOLOGIQUE, 1995. Cadre écologique national pour le Canada. Agriculture et Agroalimentaire Canada, Direction générale de la recherche, Centre de recherches sur les terres et les ressources biologiques, et Environnement Canada, Direction générale de l'état de l'environnement, Direction de l'analyse des écozones, Ottawa/Hull. Rapport et carte nationale 1/7 500 000.
- JOBIN, B., J.-L. DESGRANGES et C. BOUTIN, 1996. Population trends in selected species of farmland birds in relation to recent developments in agriculture in the St. Lawrence Valley. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 57: 103-116.
- JOBIN, B., J. BEAULIEU, M. GRENIER, L. BÉLANGER, C. MAISONNEUVE, D. BORDAGE et B. FILION, 2003. Landscape changes and ecological studies in agricultural regions, Québec, Canada. *Landscape Ecology*, 18: 575-90.
- JOBIN, B., J. BEAULIEU, M. GRENIER, L. BÉLANGER, C. MAISONNEUVE, D. BORDAGE et B. FILION, 2004. Les paysages agricoles du Québec méridional. *Le Naturaliste canadien*, 128 (2): 92-98.
- JOBIN, B., C. LATENDRESSE, C. MAISONNEUVE, A. SEBBANE et M. GRENIER, 2007. Changements de l'occupation du sol dans le sud du Québec pour la période 1993-2001. Série de rapports techniques n° 483, Environnement Canada, Service canadien de la faune, région du Québec, Québec, 112 p. et annexes.
- KERR, J.T. et J. CIHLAR, 2004. Patterns and causes of species endangerment in Canada. *Ecological Applications*, 14: 743-53.
- KUPFER, J.A., 2006. National assessments of forest fragmentation in the US. *Global Environmental Change*, 16: 73-82.
- LATREILLE, A., W. SMORAGIEWICZ et A. BOUTARD, 1993. La pollution agricole diffuse : Une évaluation pour la grande région de Montréal. *Sciences et techniques de l'eau*, 26: 103-107.
- LEAK, W.B. et M.-L. SMITH, 1996. Sixty years of management and natural disturbance in a New England forested landscape. *Forest Ecology and Management*, 81: 63-73.
- LEGRIS, J. et G. COUTURE, 1999. L'éclaircie précommerciale au Québec dans un cadre d'aménagement durable des forêts. Ministère des Ressources naturelles du Québec, Direction de l'environnement forestier, Québec, 80 p.
- LE GROUPE DE TRAVAIL DU PÉDO-PAYSAGE DU CANADA, 2006. Pédopaysage du Canada version 3.1. Agriculture et Agroalimentaire du Canada. (carte numérique et base de donnée à l'échelle de 1 : 1 million (<http://sis.agr.gc.ca/siscan/nsdb/slc/v3.1/intro.html>)).
- LÉTOURNEAU, G., 2007. Suivi de l'occupation du territoire du bassin Grands Lacs - Saint-Laurent, État d'avancement du projet : Avril 2007. Document de travail. Environnement Canada, Direction générale des sciences et de la technologie, Monitoring et surveillance de la qualité de l'eau au Québec, 92 p.
- LI, T., P. BEAUCHESNE et M.-J. OSMANN, 2003. Portrait du déboisement pour les périodes 1990-1999 et 1999-2002 pour les régions administratives de la Chaudière-Appalaches, du Centre-du-Québec, de la Montérégie et de Lanaudière (Rapport synthèse). Direction du patrimoine écologique et du développement durable, ministère de l'Environnement du Québec, 35 p.
- MAISONNEUVE, C., L. BÉLANGER, D. BORDAGE, B. JOBIN, M. GRENIER, J. BEAULIEU, S. GABOR, et B. FILION, 2006. American black duck and mallard breeding distribution and habitat relationships along a forest-agriculture gradient in southern Québec. *Journal of Wildlife Management*, 70: 450-459.
- MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS (MDDEP), 2005. Plantes menacées ou vulnérables au Québec. Site internet : <http://www.mddep.gouv.qc.ca/biodiversite/especes/index.htm>. Consulté le 28 novembre 2006.
- MINISTÈRE DES RESSOURCES NATURELLES ET DE LA FAUNE (MRNF), 2006. Ressources et industries forestières. Portrait statistique édition 2005-2006. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction du développement de l'industrie des produits forestiers, Québec, 41 p.
- PAINCHAUD, J., 1999. La production porcine et la culture du maïs. Impacts potentiels sur la qualité de l'eau. *Le Naturaliste Canadien*, 123: 41-46.
- ROBERT, M. et P. LAPORTE, 1995. Rapport sur la situation de la Pie-grièche migratrice (*Lanius ludovicianus*) au Québec. Série de rapports techniques n° 243, Environnement Canada, Service canadien de la faune, région du Québec. 61 p.
- SAUNDERS, D.A., R.J. HOBBS et C.R. MARGULES, 1991. Biological consequences of ecosystem fragmentation : a review. *Conservation Biology*, 5: 18-32.

- SAVOIE, C., 2002a. Le phénomène de déboisement : Évaluation par télédétection entre le début des années 1990 et 1999. Région Montérégie. Direction de l'environnement et du développement durable, Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, 25 p.
- SAVOIE, C., 2002b. Le phénomène de déboisement : Évaluation par télédétection entre le début des années 1990 et 1999-2000. Région Le Centre-du-Québec. Direction de l'environnement et du développement durable, Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, 24 p.
- SAVOIE, C., 2002c. Le phénomène de déboisement : Évaluation par télédétection entre le début des années 1990 et 1999. Région Chaudière-Appalaches. Direction de l'environnement et du développement durable, Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, 25 p.
- SERVICE CANADIEN DE LA FAUNE, ENVIRONNEMENT CANADA (SCF), FAUNE QUÉBEC (Société de la faune et des parcs du Québec), CANARDS ILLIMITÉS CANADA (CIC), MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, DES PÊCHERIES ET DE L'ALIMENTATION (MAPAQ), MINISTÈRE DES RESSOURCES NATURELLES, DE LA FAUNE ET DES PARCS DU QUÉBEC (MRNFPQ); Agriculture et AGRO-ALIMENTAIRE CANADA (AAC) et CENTRE SAINT-LAURENT-ENVIRONNEMENT CANADA (CSL), 2004. Occupation du sol à partir des images classifiées Landsat-7, Sud du Québec, 1999- 2003. SCF, FAPAQ, CIC, MAPAQ, MRNFPQ, AAFC et CSL. Classification disponible sur CD-ROM, Canards Illimités Canada, Québec.
- SINGH, B. et R.B. STEWART, 1991. Potential impacts of a CO₂-induced climate change using the GISS scenario on agriculture in Quebec, Canada. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 35: 327-347.
- SINGH, B., M. EL MAAYAR, P. ANDRÉ, J.-P. THOUÉZ, C. BRYANT et D. PROVENÇAL, 1996. Influence d'un changement climatique dû à une hausse de gaz à effet de serre sur l'agriculture au Québec. *Atmosphere-Ocean*, 34: 379-399.
- SOUCY-GONTHIER, N., D. MARCEAU, M. DELAGE, A. COGLIASTRO, G. DOMON et A. BOUCHARD, 2003. Détection de l'évolution des superficies forestières en Montérégie entre juin 1999 et août 2002 à partir d'images satellitaires Landsat-TM. Département de géographie de l'Université de Montréal, Réseau Ligniculture Québec, Institut de recherche en biologie végétale, Faculté de l'aménagement de l'Université de Montréal. Rapport présenté à l'Agence forestière de la Montérégie (AFM), 34 p. incluant un cd-rom.
- STATISTIQUE CANADA, 1992. Profil agricole du Québec. Statistique Canada, Ottawa, Ontario.
- STATISTIQUE CANADA, 2006. Recensement de l'agriculture de 2001. Site internet: http://www.statcan.ca/francais/agcensus2001/index_f.htm. Consulté le 29 novembre 2006.
- TARDIF, B., G. LAVOIE et Y. LACHANCE, 2005. Atlas de la biodiversité du Québec. Les espèces menacées ou vulnérables. Gouvernement du Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du développement durable, du patrimoine écologique et des parcs, Québec, 60 p.
- VÉZINA, A., 1994. De la foresterie de cueillette à la sylviculture. *Forêt Conservation*, 61: 11-16.



GENIVAR
des gens constructifs



*Un développement durable
pour les générations futures*

www.genivar.com

Environnement nos solutions

- Planification et gestion stratégique
- Implantation et opération
- Intégration sociale des projets



- *Environnement*
- *Sciences sociales*
- *Économie*

Cerceris halone Banks (Hymenoptera: Crabronidae) UNE ESPÈCE QUI S'AJOUTE À L'ENTOMOFAUNE DU QUÉBEC

Luc J. Jobin et Jean-Marie Perron

Résumé

Le *Cerceris halone* Banks, espèce rare au Canada, a été trouvé pour la première fois au Québec l'été 2000, près de la résidence du premier auteur, en train de nicher dans un sol de remplissage sablonneux recouvert de gazon (figure 1). Situé sur le versant sud du mont Shefford (45° 22' N, 72° 36' O), ce site est le seul endroit où il est actuellement connu au Québec.



Figure 1. Ouvertures des tunnels de *Cerceris halone* Banks

Les *Cerceris* sont des hyménoptères qui, pour la très grande majorité, capturent des coléoptères qu'ils paralysent et apportent dans leurs nids situés en profondeur dans le sol pour nourrir leurs larves. Le *Cerceris halone* est la plus grosse espèce de *Cerceris* répertoriée sur notre territoire. Les femelles mesurent de 13 à 16,5 mm de longueur et les mâles, de 12 à 14 mm. Cette variation dans la taille des spécimens semble attribuable à la quantité de nourriture que les larves reçoivent pour effectuer leur croissance (Willmer, 1985). Les mâles et les femelles (figure 2) se reconnaissent facilement par le nombre d'articles de leurs antennes et le nombre de segments de leur gastre. Le mâle possède 11 articles à ses antennes tandis que la femelle en possède 10; son gastre est divisé en 7 segments tandis que celui de la femelle en a 6. Le dimorphisme sexuel qui existe chez *C. halone* est assez développé pour laisser croire que le mâle appartient à une espèce distincte. Outre les quelques différences anatomiques que nous ne considérons pas ici, référant plutôt le lecteur à des articles plus spécialisés pour plus de détails (Banks, 1912; Scullen, 1965; Bucks, 2005), les différences que nous retenons sont parmi les plus évidentes et concernent les structures spécialisées de la face de la femelle et la coloration faciale des deux sexes. En effet, le clypeus de la femelle

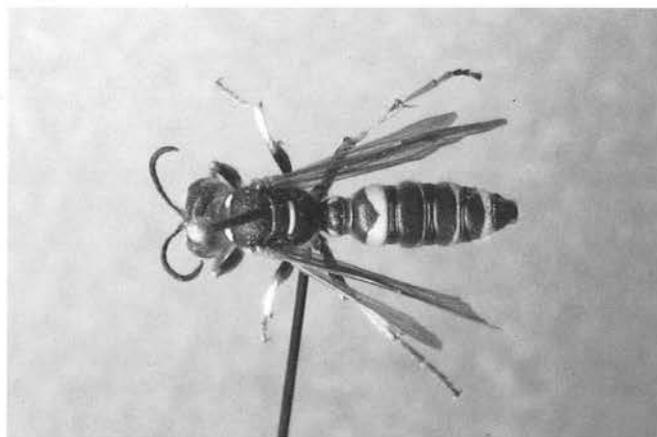


Figure 2. Femelle de *C. halone*

possède une projection antérieure, en forme de croissant, fortement sclérifiée, lui servant à creuser son tunnel dans le sol en plus de deux autres protubérances ventrales (figure 3). Ces structures faciales et les taches jaunâtres de son corps, si

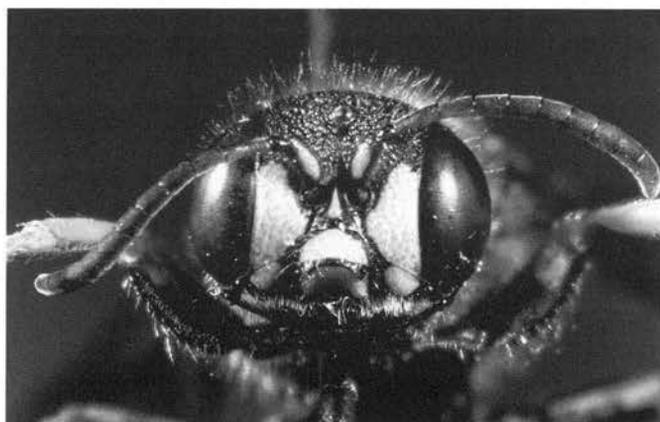


Figure 3. Face d'une femelle de *C. halone*

Luc J. Jobin et Jean-Marie Perron sont tous les deux entomologistes retraités.

lucjobin@sympatico.ca perronjm@videotron.ca



Figure 4. Face d'un mâle de *C. halone*

caractéristiques, nous aident à la distinguer des autres espèces. Le mâle, ne possédant pas de projection clypéale, a en revanche une coloration faciale nettement différente de celle de la femelle (figure 4).

Au mont Shefford, le *C. halone* capture trois espèces de Curculionides parasites des glands du chêne rouge (*Quercus rubra*). Ce sont *Curculio nasicus* (Say), *C. proboscideus* Fabricius et *C. sulcatulus* (Casey). Dans les conditions écologiques existant au mont Shefford, l'activité du *C. halone* commence au début du mois d'août pour se terminer dans la deuxième semaine de septembre. Quelques manuscrits en préparation décriront plus en détail la biologie et le comportement de l'espèce.

C. halone appartient à la sous-famille des Cercerinae qui réunit près de 900 espèces regroupées en deux genres. Le genre *Cerceris*, le plus riche en espèces, en renferme 850,

réparties dans toutes les régions zoogéographiques. En Amérique du Nord, on compte une centaine d'espèces, au Canada, 18 espèces (Goulet et Huber, 1993). Finnamore (1982) en rapporte 8 pour le Québec. Aux États-Unis, le *C. halone* se trouve sur un territoire qui s'étend des États de la Nouvelle-Angleterre jusqu'au sud de la Caroline du Sud en allant vers l'ouest jusqu'au Dakota du Nord, au Nebraska, au Kansas et au Texas (Scullen et Wold, 1969). Au Canada, l'espèce est connue au Manitoba et à l'extrême sud de l'Ontario (Buck, comm. pers.). ◀

Références

- BANKS, N., 1912. Notes on the eastern species of *Cerceris*. Annals of the Entomological Society of America, 5:11-30.
- BUCK, M, S.M. PAIERO et S.A. MARSHALL, 2005. New records of native and introduced Aculeate Hymenoptera from Ontario, with keys of eastern canadian species of *Cerceris* (Crabronidae) and eastern nearctic species of *Chelostoma* (Megachilidae). Journal of the Entomological Society of Ontario, 136: 37-52.
- FINNAMORE, A.T., 1982. The Sphecoidea of southern Québec (Hymenoptera). Lyman Entomological Museum and Research Laboratory, Memoir No. 11, 348 p.
- GOULET, H. et J.T. HUBER, 1993. Hymenoptera of the world: an identification guide to families. Agriculture Canada. 668 p.
- SCULLEN, H.A., 1965. Review of the genus *Cerceris* in America north of Mexico (Hymenoptera: Sphecidae). Proceeding of the Entomological Society of Ontario, 116: 333-548.
- SCULLEN, H.A. et J.L. WOLD, 1969. Biology of wasps of the tribe Cercerini, with a list of the Coleoptera used as prey. Annals of the Entomological Society of America, 62: 209-214.
- WILLMER, P.G., 1985. Thermal ecology, size effects, and the origins of communal behaviour in *Cerceris* wasps. Behavioral Ecology and Sociobiology, 17: 151-160.

Erratum

Naturaliste Canadien, Vol. 131(2). Martel, Gagnon, Gosselin, Paquet, Picard. « Liste des noms français révisés et des noms latins et anglais à jour des mulettes du Canada (Bivalvia; Familles: Margaritiféridés, Unionidés) », page 81 (tableau 1).

Alasmidonta varicosa: le nom français de cette moule devrait être *Alasmidonte renflée* (et non *Alasmidonte reflée*).

Les lecteurs devraient insérer cet ERRATUM à la page 81 du volume 131 (2) pour référence, ou nous contacter [amartel@mus-nature.ca] pour obtenir une copie corrigée de l'article.

Premier inventaire entomologique dans la réserve écologique de l'Île-Garth

Richard Berthiaume, André Beaudoin et Yves Dubuc

Résumé

Un inventaire entomologique nocturne des lépidoptères et des coléoptères de la réserve écologique de l'Île-Garth a été réalisé dans la nuit du 1^{er} au 2 juillet 2004 à l'aide de pièges lumineux disposés dans quatre stations d'échantillonnage représentatives de la réserve. Cette réserve écologique, située dans la rivière des Mille-Îles et couvrant 17,23 ha, est constituée majoritairement de zones inondables. Elle inclut des peuplements forestiers particuliers et des espèces arborescentes menacées ou vulnérables. L'échantillonnage a permis la capture de 28 espèces de lépidoptères et 29 espèces de coléoptères. L'ensemble des captures effectuées permet d'ajouter 57 nouvelles mentions d'espèces pour cette réserve écologique. Notons la capture d'un spécimen de Nymphalidae, l'*Asterocampa celtis* (Boisduval & Le Conte) qui est considéré comme une espèce rare et inféodée au micocoulier.

Introduction

Le gouvernement du Québec a élevé l'île Garth au statut de réserve écologique en 2003 et elle est devenue alors la 68^e réserve écologique du territoire québécois. La réserve écologique de l'Île-Garth couvre la totalité de cette île qui est située en plein cœur de la rivière des Mille-Îles, sur le territoire administratif de la ville de Bois-des-Filion (figures 1 et 2). Cette réserve écologique, d'une superficie totale de 17,23 ha, est constituée majoritairement de zones inondables (près de 90 % de la réserve). Compte tenu de sa localisation et des difficultés d'accessibilité, l'île Garth abrite une végétation naturelle qui a été entièrement épargnée du développement urbain environnant (figure 1) et qui a été peu atteinte par des perturbations naturelles (figure 3). Cette réserve écologique permet de protéger des peuplements forestiers peu représentés au Québec et également raréfiés dans la région, soit un peuplement de micocoulier occidental (*Celtis occidentalis* L.) et une érablière argentée à caryer ovale (*Carya ovata* (Mill.) K. Koch. En plus du micocoulier occidental, l'île abrite également l'érable noir (*Acer nigrum* Michx.) et le staphylier à trois folioles (*Staphylea trifolia* L.), qui sont considérés comme des espèces arborescentes menacées ou vulnérables (Sabourin et collab., 1995; Tardif et collab., 2005). Par ailleurs, le chêne rouge (*Quercus rubra* L.), le chêne à gros fruits (*Quercus macrocarpa* Michx.) et le pin blanc (*Pinus strobus* L.) sont également recensés sur le territoire de la réserve écologique, témoignant de sa grande diversité floristique (Gratton, 1986).

La création d'aires protégées vise le maintien de l'intégrité des écosystèmes et la protection de la diversité biologique associée à ces derniers (Carpentier et Gaudreau, 2000; Gaudreau, 2001; Gratton et Zinger, 2001). Les insectes représentent près de 65 % de la diversité biologique actuellement connue sur la planète (Hébert, 1995), mais ne sont jamais considérés lors de la désignation d'aires protégées. En fait,

les inventaires sur les espèces d'insectes dans les aires protégées sont pratiquement inexistantes. C'est dans cette optique qu'un premier inventaire entomologique, nocturne, de l'île Garth a été réalisé au début du mois de juillet 2004.

Matériel et méthode

Dans la nuit du 1^{er} au 2 juillet 2004, un inventaire entomologique nocturne des lépidoptères et des coléoptères de la réserve écologique de l'Île-Garth a été réalisé à l'aide de pièges lumineux disposés dans quatre stations d'échantillonnage représentatives de la réserve. Ces stations ont été choisies sur la base d'un rapport faisant état de quatre grands groupements arborescents sur l'île (Gratton, 1986). Il s'agit de la pinède blanche qui est située à l'extrémité sud-ouest de l'île (station 1 : 45° 39' 12" N; 73° 45' 56" O) et qui représente la portion la plus élevée de ce territoire. Plusieurs essences feuillues comme le caryer ovale, le caryer cordiforme (*Carya cordiformis* (Wangenh.)), le chêne rouge, l'ostryer de Virginie (*Ostrya virginiana* (Mill.) K. Koch), l'orme d'Amérique (*Ulmus americana* L.) et le tilleul d'Amérique (*Tilia americana* L.) sont associées au pin blanc qui représente cependant l'essence dominante de ce peuplement. Deux peuplements d'érable argenté (*Acer saccharinum* L.) (stations 2 et 4 : 45° 39' 27" N; 73° 45' 41" O et 45° 39' 30" N; 73° 45' 35" O),

Richard Berthiaume termine un doctorat en foresterie à l'Université Laval sur l'écologie évolutive des populations de l'arpenteuse de la pruche.

André Beaudoin est chercheur scientifique en télédétection et modélisation spatiale au Service canadien des forêts et entomologiste amateur.

Yves Dubuc est entomologiste amateur et auteur du livre Les insectes du Québec. Il est également technicien en entomologie au Service canadien des forêts.

richard.berthiaume.1@ulaval.ca

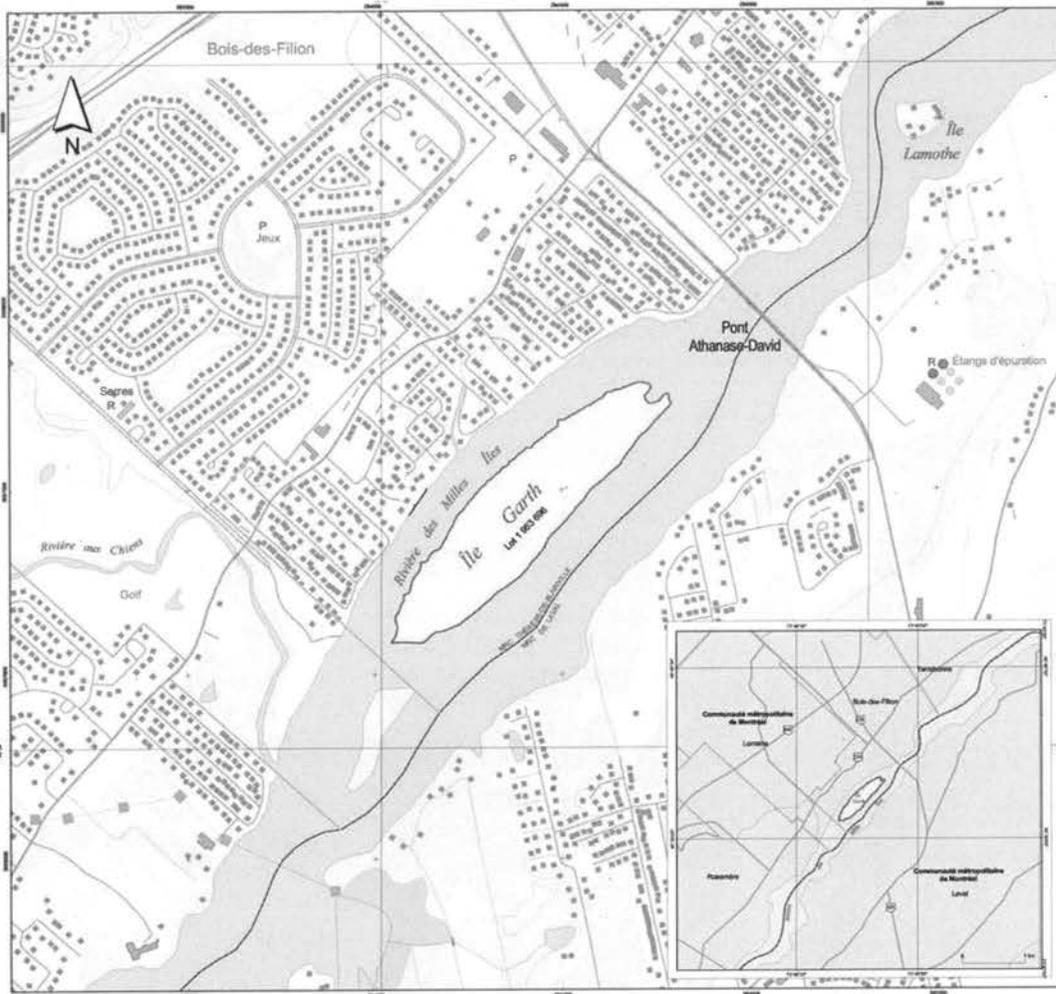


Figure 1. Localisation géographique de la réserve écologique de l'île-Garth



Figure 2. Vue aérienne de la réserve écologique de l'île-Garth avec la localisation des quatre stations d'échantillonnage

le peuplement dominant de la réserve écologique de l'île-Garth, ont aussi été inventoriés. Ces stations ont été installées à la limite entre les parties basses et les parties hautes de l'érablière argentée (figure 4). La strate arborescente de la partie basse de l'érablière argentée, qui est fréquemment inondée,

est presque exclusivement composée d'ébale argenté. La partie surélevée de l'érablière argentée forme un bourrelet sur le pourtour de l'île où l'ébale argenté est accompagné de 16 autres essences dont le tilleul d'Amérique, le noyer cendré (*Juglans cinerea* L.) et le frêne rouge (*Fraxinus pennsylvanica* Marsh.) (Gratton, 1986). Notons également la présence d'espèces peu communes comme le micocoulier occidental, le chêne à gros fruits et le chêne bicoloré (*Quercus bicolor* Willd.). La dernière station inventoriée est située au nord-ouest de l'île (station 3: 45° 39' 35" N; 73° 45' 27" O) et est également située dans l'érablière argentée, mais dans une portion de l'île où le chêne rouge et le micocoulier sont plus abondants.

Pour chaque station, un ou deux pièges lumineux, chacun constitué d'un tube fluorescent bleu de 20 W émettant des ultraviolets (UV) et alimenté par une batterie 12 V, ont été installés sur une corde tendue entre deux

arbres à une hauteur approximative de deux mètres. Pour chaque piège lumineux, un drap blanc d'environ 1,5 à 2,5 m de côté a également été attaché à la corde afin de fournir un support aux insectes attirés par la lumière émise par le tube fluorescent (figures 4 et 5). Le rayonnement UV et visible (bleu) émis par le tube fluorescent permet d'attirer un grand nombre d'insectes nocturnes, principalement des lépidoptères et des coléoptères. Ce type de piège est largement utilisé pour effectuer des inventaires entomologiques nocturnes (Young, 2005). Lorsqu'il est utilisé dans des habitats forestiers et selon la densité du couvert forestier, ce type de piège permet d'attirer les insectes actifs dans un rayon d'approximativement 60 m (Young, 2005). Le pouvoir d'attraction des pièges lumineux est évidemment fonction de l'espèce considérée (Young, 2005) et des caractéristiques du spectre d'émission du tube fluorescent.

Les lépidoptères attirés sur les draps étaient récoltés avec des contenants préalablement identifiés aux peuplements correspondants. Une éponge imbibée d'acétate d'éthyle placée à l'intérieur de chaque contenant permettait de tuer rapidement les lépidoptères récoltés afin de préserver



Figure 3. Vue panoramique de l'île Garth depuis la rive sud de la rivière des Mille-Îles

la qualité des spécimens pour leur éventuelle identification. Pour les coléoptères, les spécimens récoltés près des pièges lumineux étaient simplement déposés dans des contenants hermétiques contenant de l'éthanol à 70 %. Considérant la mission première des réserves écologiques qui est de protéger les habitats, la flore et la faune, le nombre de captures a été limité, autant que possible, à trois individus par espèce pour chacun des peuplements inventoriés sur l'île.

Résultats et discussion

L'échantillonnage a permis de prélever 58 spécimens de papillons appartenant à 9 familles distinctes (tableau 1). Les Géometridae et les Noctuidae ont été les deux familles les plus largement récoltées et représentaient respectivement 35 et 19 % des captures. Au total, 28 espèces ont été récoltées et la majorité de ces espèces (82 %) n'ont été capturées que dans un seul des 4 sites échantillonnés. Plus de la moitié des espèces (64 %) ont été capturées dans la pinède (tableau 1). Notons la capture d'un spécimen de Nymphalidae, l'*Asterocampa celtis* (Boisduval. & Le Conte) (figure 7), une espèce rare inféodée au micocoulier (Handfield, 1999) dans le site n° 2. Cette espèce a déjà été rapportée pour d'autres îles où croit le micocoulier, dont la réserve écologique du Micocoulier et la réserve écologique Léon-Provancher au sud du lac Saint-Pierre. Même s'il s'agit d'une espèce typiquement diurne, il arrive parfois qu'elle soit attirée par les pièges lumineux (Handfield, 1999).



Figure 4. Deux pièges lumineux disposés dans l'érablière argenteée basse

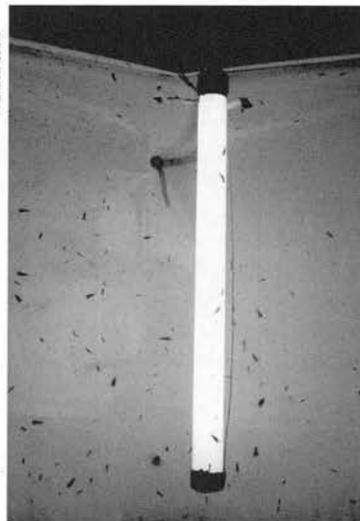


Figure 5. Piège lumineux en activité

Les stations d'échantillonnage ont été visitées à quatre reprises au courant de la nuit entre 20 h 45 et 2 h 15 afin de prélever les espèces qui avaient été attirées par les pièges lumineux. De plus, les coléoptères ont également été capturés à la vue sur des plantes lors des déplacements entre les différentes stations d'échantillonnage. Durant la période d'échantillonnage, la température a chuté de 23 à 17 °C. La majorité des coléoptères récoltés lors de cet inventaire ont été déposés comme spécimens de référence à l'Insectarium René-Martineau du Service canadien des forêts. Les autres coléoptères (4 spécimens) ont été déposés dans la collection personnelle de Michel Racine. Les lépidoptères capturés lors de cet inventaire ont été déposés dans la collection personnelle d'André Beaudoin.

Chez les coléoptères, 29 espèces (33 spécimens) représentant 12 familles ont été récoltées lors de l'échantillonnage (tableau 2; figure 6). Les Carabidae, Scarabeidae et Tenebrionidae représentaient près de la moitié (45 %) des espèces de coléoptères capturées (tableau 2). Il est important de signaler la capture de la coccinelle *Myzia pullata* (Say), une espèce prédatrice des pucerons (Gordon 1985) rarement trouvée au Québec. Bien que les coccinelles soient généralement reconnues comme des espèces diurnes, il est fréquent de capturer des adultes avec des pièges lumineux (Owen, 1997; Hesler et collab., 2004).

Tableau 1. Nombre de lépidoptères capturés à l'île Garth dans la nuit du 1^{er} au 2 juillet 2004 en fonction des 4 stations échantillonnées.

Famille	Espèces	Stations				Total
		1	2	3	4	
Arctiidae	<i>Euchaetias egle</i> (Drury)	1	0	0	0	1
	<i>Halysidota tessellaris</i> (J.E. Smith)	1	1	1	0	3
	<i>Pyrrharctia isabella</i> (J.E. Smith)	1	0	0	0	1
Cossidae	<i>Prionoxystus robiniae</i> (Peck)	0	0	0	2	2
Geometridae	<i>Caripeta piniata</i> (Pack.)	3	0	0	0	3
	<i>Eulithis serrataria</i> (B. & McD.)	3	1	0	0	4
	<i>Lytrosis unitaria</i> (H.-S.)	4	0	1	1	6
	<i>Sicya macularia</i> (Harr.)	0	0	5	0	5
	<i>Tetracis crocallata aspilata</i> Gn.	0	0	1	0	1
	<i>Xanthotype sospeta</i> (Drury)	0	0	0	1	1
Lasiocampidae	<i>Malacosoma</i> sp.	4	4	2	0	10
Limacodidae	<i>Euclea delphinii</i> (Bdv.)	1	0	1	0	2
Noctuidae	<i>Acronicta innotata</i> Gn.	1	0	0	0	1
	<i>Acronicta morula</i> G. & R.	1	0	0	0	1
	<i>Agriopodes fallax</i> (H.-S.)	1	0	0	0	1
	<i>Bomolocha baltimoralis</i> (Gn.)	0	1	0	0	1
	<i>Euxoa declarata</i> (Wlk.)	1	0	0	0	1
	<i>Eudryas unio</i> (Hbn.)	1	0	0	0	1
	<i>Panthea acronyctoides</i> (Wlk.)	1	0	0	0	1
	<i>Panthea pallescens centralis</i> McD.	1	0	0	0	1
	<i>Noctua pronuba</i> (L.)	0	1	0	0	1
	<i>Zale galbanata</i> (Morr.)	0	1	0	0	1
	<i>Zale horrida</i> Hbn.	1	0	0	0	1
	Notodontidae	<i>Ellida caniplaga</i> (Wlk.)	0	2	0	0
<i>Symmerista canicosta</i> Franc.		0	0	1	0	1
Nymphalidae	<i>Asterocampa celtis</i> (Bdv. & Le Conte)	0	1	0	0	1
Sphingidae	<i>Lapara bombycoides</i> Wlk.	3	0	0	0	3
	<i>Macrurocampa marthesia</i> (Cram.)	1	0	0	0	1

L'ensemble des prélèvements effectués permet d'ajouter 57 mentions d'espèces (21 familles) pour cette réserve écologique, ce qui augmente de 45 % la diversité alpha (nombre d'espèces) de cette réserve écologique en une seule nuit d'inventaire entomologique. En effet, les seules données disponibles révélaient la présence de 68 espèces végétales (Gratton, 1986). Dans un contexte de préservation des ressources pour les générations à venir, la connaissance de la diversité alpha est le point de départ de toute stratégie de conservation. Comment peut-on s'assurer de conserver la diversité biologique si nous ne connaissons pas les espèces habitant les territoires sous protection? Il est indéniable que la caractérisation de la diversité biologique des aires protégées nécessiterait un effort considérable. Cependant, l'inac-

tion ou la gestion de la conservation sans connaissance de la diversité est périlleuse et potentiellement hasardeuse.

Ce premier inventaire entomologique est certainement modeste, mais c'est un pas dans la bonne direction. Il ne constitue nullement un inventaire faunique complet des ressources entomologiques vivant à l'intérieur de cette réserve écologique. Cependant, les spécimens récoltés et préservés dans des collections de référence seront précieux, d'autant plus que les données d'échantillonnage sont conservées dans des bases de données, ce qui permettra éventuellement de répertorier l'entomofaune vivant dans ces réserves écologiques dont les espèces sont si peu connues. Par ailleurs, des inventaires échelonnés dans le temps (mai, juin, etc.) permettraient de recenser d'autres espèces qui sont

Tableau 2. Nombre de coléoptères capturés à l'île Garth dans la nuit du 1^{er} au 2 juillet 2004.

Famille	Espèces	Nombre
Carabidae	<i>Agonum tenue</i> LeC.	1
	<i>Claenius sericeus sericeus</i> Forst.	1
	<i>Claenius impunctifrons</i> Say	1
	<i>Harpalus rufipes</i> DeG.	2
Cantharidae	<i>Ancistronycha neglecta</i> (Fall.)	1
	<i>Podabrus punctulatus</i> LeC.	1
Cerambycidae	<i>Analeptura lineola</i> (Say)	1
	<i>Gaurotus cyanipennis</i> (Say)	1
	<i>Trachysida mutabilis</i> (Newm.)	1
Coccinellidae	<i>Myzia pullata</i> (Say)	1
Dyticidae	<i>Colymbetes sculptilis</i> Harr.	1
Elateridae	<i>Hemicrepidius brevicollis</i> (Cand.)	1
	<i>Hypoganus sulcicollis</i> (Say)	1
	<i>Melanotus similis</i> (Kby)	2
Hydrophilidae	<i>Hydrobius fuscipes</i> L.	1
Lucanidae	<i>Ceruchus piceus</i> Web.	2
	<i>Dorcus parallelus</i> Say	1
Melandryidae	<i>Dircaea liturata</i> (L.)	1
Scarabeidae	<i>Diplotaxis tristis</i> Harr.	2
	<i>Phyllophaga anxia</i> LeC.	1
	<i>Serica sericea</i> (Ill.)	1
	<i>Serica tristis</i> LeC.	1
Staphylinidae	<i>Staphilinus badipes</i> LeC.	1
Tenebrionidae	<i>Bolitophagus corticola</i> Say	1
	<i>Bolitotherus cornutus</i> Panz	2
	<i>Hymenorus picipennis</i> Casey	1
	<i>Neatus tenebrioides</i> (Beauv.)	1
	<i>Xylopinus saperdioides</i> (Olivier)	1

actives durant ces périodes particulières. De plus, l'utilisation d'autres techniques de piégeage comme l'utilisation de pièges-fosses lumineux permettrait de mieux circonscrire la faune entomologique terricole de cette réserve (Hébert et collab., 2000). La méthode utilisée lors de cet inventaire nocturne permet la capture des espèces attirées par la lumière et actives au moment de l'inventaire, mais elle est fortement influencée par les conditions météorologiques (McEwen, 1997).

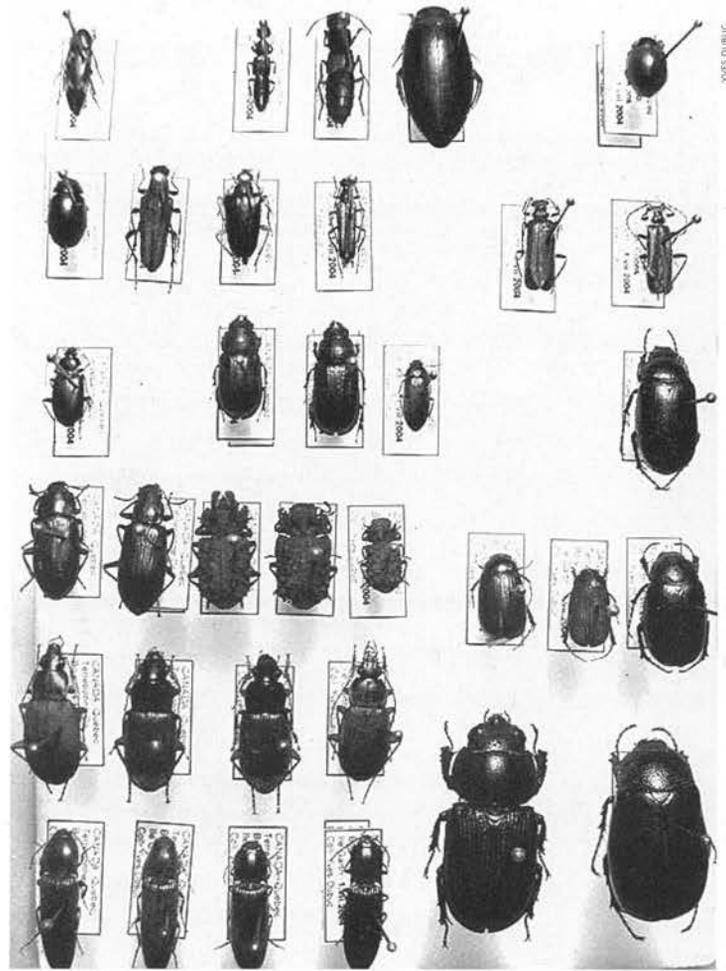
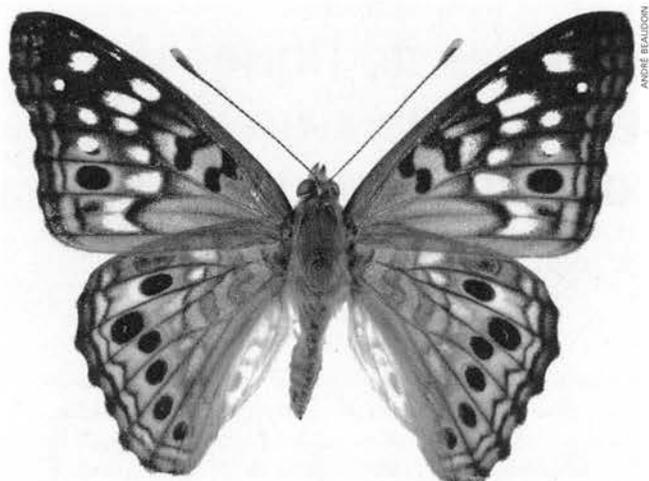


Figure 6. Coléoptères capturés à la réserve écologique de l'île-Garth

Conclusion

La connaissance de la faune et de la flore vivant au sein des différentes aires protégées devrait être une priorité. Le recensement et la localisation des espèces sont des étapes fondamentales à l'élaboration de politiques de conservation efficaces des habitats et de la diversité biologique s'y rattachant. Actuellement, la principale polémique entourant les aires protégées au Québec demeure la proportion du territoire qui doit être mis en protection (Gaudreau, 2001; Gratton et Zinger, 2001; Bouchard, 2005). Or, ce débat a peu de sens si nous ne connaissons pas ce que nous protégeons. Ainsi, au-delà du débat sur le pourcentage de la superficie à protéger, il est urgent d'inventorier de manière exhaustive et structurée les espèces présentes dans les aires protégées puisque le but ultime de ces mesures de protection n'est pas tant de protéger un pourcentage du territoire, mais bien d'assurer le maintien de l'ensemble des espèces présentes dans le temps



ANDRÉ BEAUDOIN

Figure 7: Le papillon du micocoulier, *Asterocampa celtis*

et dans l'espace pour le bien-être des générations à venir. Le recours à des naturalistes capables d'identifier les espèces et de constituer des banques de données est probablement une voie d'avenir afin d'augmenter rapidement nos connaissances sur la diversité biologique des territoires protégés.

Remerciements

Nous remercions sincèrement l'organisme sans but lucratif Éco-Nature pour l'appui et l'enthousiasme démontré dans notre projet d'inventaire entomologique. De plus, Éco-Nature nous a fourni deux canots pour avoir accès à l'île Garth. Nous aimerions également souligner la contribution d'Annick Doucet, technicienne en inventaire floristique chez Éco-Nature, pour nous avoir accompagnés lors de la soirée d'échantillonnage. Nous aimerions également souligner la précieuse collaboration des gestionnaires du parc de la Rivière-des-Mille-Îles qui ont grandement facilité l'accès à la réserve écologique. Finalement, nous remercions Marcelle Ruest, du Service des aires protégées de la Direction du patrimoine écologique et des parcs du ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs. Elle nous a délivré le permis de collecte nécessaire et nous a fourni de précieuses informations sur l'île Garth qui ont grandement facilité l'inventaire. ◀

Références

- BOUCHARD, A., 2005. Aires protégées : où en est le Québec ? Quatre-Temps, 29 (3) : 14-18.
- CARPENTIER, R. et L. GAUDREAU, 2000. Développement du réseau des réserves écologiques. Le Naturaliste canadien, 124 (2) : 72-76.
- GAUDREAU, L., 2001. Aires protégées au Québec : une décision historique pour un défi collectif. Le Naturaliste canadien, 125 (1) : 52-56.
- GORDON, R.D., 1985. The Coccinellidae (Coleoptera) of America north of Mexico. Journal of the New York Entomological Society, 93 : 1-912.
- GRATTON, L., 1986. Évaluation de l'état actuel de la végétation arborescente de l'île-Garth. Projet de développement résidentiel à l'île-Garth, Ville de Bois-des-Fillions. Document préparé pour André Marsan et Associés inc., 10 p.
- GRATTON, L. et N. ZINGER, 2001. Les aires protégées en forêt boréale : une responsabilité planétaire. Le Naturaliste canadien, 125 (3) : 203-207.
- HANDFIELD, L., 1999. Le guide des papillons du Québec. Broquet, Boucherville, 536 p.
- HÉBERT, C., 1995. Les insectes : les grands oubliés du discours sur la biodiversité. Le Naturaliste canadien, 119 (1) : 38-40.
- HÉBERT, C., L.J. JOBIN, M. FRÉCHETTE, G. PELLETIER, C. COULOMBE, C. GERMAIN et M. AUGER, 2000. An efficient pit-light trap to study beetle diversity. Journal of Insect Conservation, 4 : 191-202.
- HESLER, L.S., R.W. KIECKHEFER et M.A. CATANGUI, 2004. Surveys and field observations of *Harmonia axyridis* and other Coccinellidae (Coleoptera) in eastern and central Dakota. Transactions of the American Entomological Society, 113 (1) : 113-133.
- MCEWEN, P., 1997. Sampling, handling and rearing insects. Dans : Dent, D.R. et M.P. Walton (édit.) Methods in ecological & agricultural entomology. CAB International. Wallingford : p. 5-26.
- OWEN, J.A., 1996. Ladybirds (Col.: Coccinellidae) attracted to light. Entomologist Record, 109 : 124-125.
- POISSON, F., 2001. Portrait de réserves écologiques. Le Naturaliste canadien, 125 (2) : 86-88.
- SABOURIN, A., N. LAVOIE, G. LAVOIE, F. BOUDREAU, D. PAQUETTE et J. LABRECQUE, 1995. Les plantes susceptibles d'être désignées menacées ou vulnérables et les sites à protéger le long de la rivière des Mille-Îles. Gouvernement du Québec, ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction de la conservation et du patrimoine écologique, 137 p.
- TARDIF, B., G. LAVOIE et Y. LACHANCE, 2005. Atlas de la biodiversité du Québec. Les espèces menacées ou vulnérables. Gouvernement du Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du développement durable, du patrimoine écologique et des parcs, Québec, 60 p.
- YOUNG, M., 2005. Insects in flight. Dans : Leather, S. (édit.) Insect sampling in forest ecosystems. Blackwell Publishing, Oxford, p. 116-145.

Micromammifères et emprises de lignes de transport d'énergie électrique situées en milieu forestier

Christian Fortin et G. Jean Doucet

Résumé

L'utilisation par les micromammifères des emprises de lignes de transport d'énergie électrique et des milieux forestiers adjacents a été étudiée de 1996 à 2003 dans trois biomes du Québec, soit la forêt mixte, la forêt boréale et la forêt décidue. Cet article constitue une synthèse de l'ensemble des résultats issus de ce programme de recherche. Respectivement 7, 11 et 10 espèces de micromammifères ont été notées dans les emprises situées en forêt mixte, boréale et décidue. Une seule d'entre elles est susceptible d'être désignée menacée ou vulnérable au Québec, soit le campagnol-lemming de Cooper. Dans l'ensemble, le nombre d'espèces capturées dans les emprises était similaire au nombre d'espèces capturées en forêt, et ce, dans les trois biomes. Le campagnol à dos roux de Gapper était la seule espèce essentiellement restreinte au milieu forestier alors que le campagnol des champs et la souris-sauteuse des champs utilisaient presque exclusivement l'emprise. Dans les limites de l'étude, les résultats suggèrent que les micromammifères répondent, en général, de façon positive à la création et au maintien d'emprises de lignes de transport d'énergie électrique situées dans une matrice forestière.

Introduction

L'impact de la coupe forestière sur les micromammifères a fait l'objet de nombreuses études (Kirkland, 1990; Gagné et collab., 1999; Hayward et collab., 1999; Moses et Boutin, 2001). Certaines espèces sont d'ailleurs proposées comme bio-indicateurs pour évaluer l'effet de l'aménagement soutenu des forêts boréales (Pearce et Venier, 2005). En général, les populations de micromammifères semblent résilientes à l'aménagement forestier (Kirkland, 1990; Bowman et collab., 2001a). Tout comme les coupes forestières, les lignes de transport d'énergie électrique représentent pour le milieu une importante perturbation d'origine anthropique. Cependant, peu d'études ont évalué leurs effets sur les micromammifères.

Doucet et Bider (1984) ont noté une diminution de l'activité des micromammifères immédiatement après la création expérimentale d'une emprise et le retrait des débris ligneux. Schreiber et Graves (1977) et Bramwell (1980) ont observé que le milieu ouvert créé par l'emprise ne semble pas empêcher les mouvements des individus de part et d'autre de celle-ci. Johnson et collab. (1979) et Bramble et collab. (1992) ont, pour leur part, noté une diversité de micromammifères supérieure dans les emprises comparativement au milieu forestier adjacent. Bélisle et collab. (2002) ont observé le même résultat, mais le long de zones tampons boisées laissées en bordure des cours d'eau qui traversent les emprises. Par ailleurs, les résultats de Goosem et Marsh (1997) suggèrent que les mouvements d'espèces forestières tropicales au travers des emprises peuvent être presque complètement inhibés. Les communautés de micromammifères étudiées dans les emprises et la forêt tropicale adjacente différaient entre ces deux milieux.

Cet article constitue une synthèse des résultats obtenus entre 1996 et 2003 (Deshaye et collab., 1996, 2000; Fortin et collab., 2003) lors d'une étude portant sur l'utilisation par les micromammifères des emprises de lignes de transport d'énergie électrique. Durant cette étude, les biomes de la forêt mixte, de la forêt boréale et de la forêt décidue du Québec ont été analysés. Les résultats rapportés ici concernent principalement la richesse spécifique des micromammifères capturés dans des emprises et dans les milieux forestiers adjacents ainsi que la présence d'espèces à statut particulier dans les emprises. Le programme visait aussi à comparer l'utilisation par les micromammifères d'une emprise aménagée avec une emprise non aménagée et à vérifier la présence de micromammifères dans une emprise où des opérations d'entretien chimique ont été menées depuis plus de 30 ans. Il est à noter que ces travaux ne constituent pas en soi une étude sur l'utilisation de l'habitat au sens de Johnson (1980), mais plutôt une réponse des communautés de micromammifères à la présence des emprises.

Zones d'étude

Les travaux de terrain se sont déroulés dans quatre localités (figure 1, tableau 1), soit à Saint-Cassien-des-Caps en 1996 (Deshaye et collab., 1996), au sud du réservoir Manicouagan de 1998 à 2002 (Fortin, 2002; Fortin et Doucet, 2003), à Watopeka, près de Windsor, de 2001 à 2003 (Fortin

Christian Fortin est biologiste spécialisé dans l'étude des mammifères, des amphibiens et des reptiles chez FORAMEC. Jean Doucet est biologiste, conseiller en recherche scientifique chez Hydro-Québec TransÉnergie.

christian.fortin@foramec.qc.ca

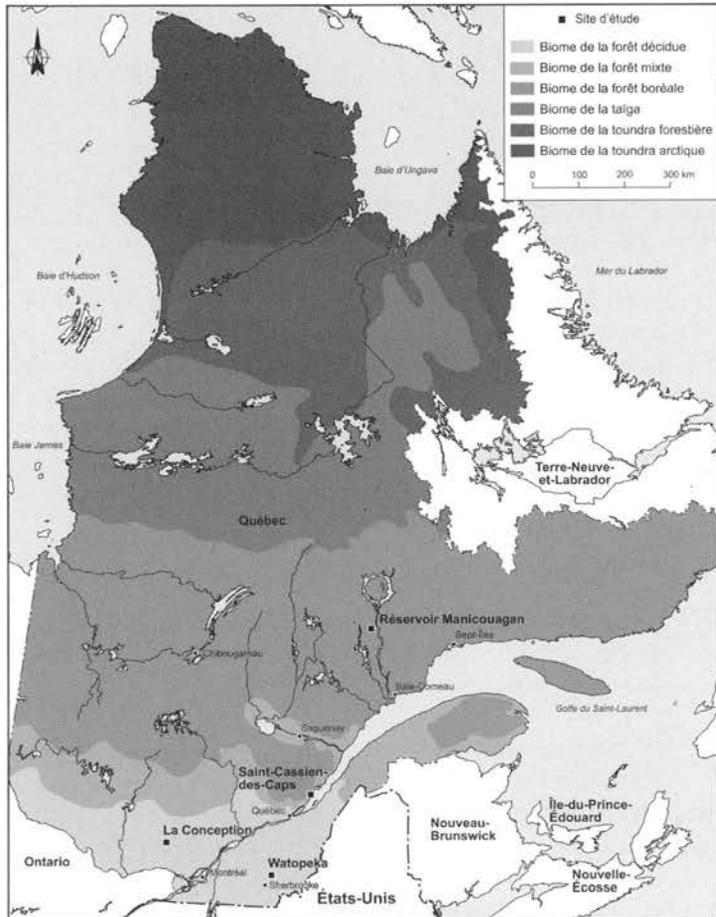


Figure 1. Localisation des zones d'étude

et Doucet, 2007) et à La Conception en 2002 et 2003 (Fortin et Doucet, 2007).

Forêt mixte : site d'étude de Saint-Cassien-des-Caps

Une section d'environ 3 km de longueur de la triple emprise des lignes à 735 kV (circuits 7007-7008 et 7023) située à Saint-Cassien-des-Caps fut retenue comme territoire pour l'étude du biome de la forêt mixte. Les trois lignes ont été successivement implantées en 1965 (7007), 1966 (7008) et 1973 (7023). Le contrôle de la végétation est effectué depuis 1969 et a toujours été appliqué à l'ensemble de l'emprise existante lors du traitement; la végétation a été contrôlée chimiquement jusqu'en 1988 et mécaniquement depuis cette date. La topographie est relativement régulière et montagneuse, l'altitude de l'ensemble de la section se situant autour de 525 m. L'emprise supporte comme principal habitat une basse arbustaie herbacée haute sur sol mésique

(au sens de Payette et Gauthier, 1972). Les boisés adjacents correspondent à des peuplements mixtes à un stade post-successionnel et appartiennent au domaine de la sapinière à bouleau blanc. Outre le sapin baumier (*Abies balsamea*) et le bouleau blanc (*Betula papyrifera*), les autres espèces arborescentes d'importance sont l'épinette blanche (*Picea glauca*), l'érable rouge (*Acer rubrum*), le peuplier faux-tremble (*Populus tremuloides*) et, localement, l'épinette noire (*Picea mariana*).

Forêt boréale : site d'étude du réservoir Manicouagan

Ce site d'étude est situé dans la région du réservoir Manicouagan, le long d'une double emprise de lignes à 315 kV (circuits 3031-3032 et 3033-3034), immédiatement au sud du barrage Daniel-Johnson. Il correspond à une section d'emprise d'une longueur d'environ 20 km. Initialement déboisée en 1970, l'emprise a été entretenue chimiquement (1974, 1975, 1983, 1990, 1997) et mécaniquement (1978, 1997) sur l'ensemble de l'emprise ou localement. La topographie régionale est relativement accidentée. L'altitude varie entre 335 et 440 m le long de la section retenue. Cette région se situe dans le domaine de la pessière à mousses. La pessière noire mature à sapin et mousses domine l'ensemble du paysage avec, localement, quelques îlots de pessière noire à lichens sur sol mince et bien drainé. Les autres types de végétation observés sont associés aux milieux humides (habitats riverains, tourbières). Outre l'épinette noire et le sapin, quatre autres espèces arborescentes d'importance se rencontrent dans le site d'étude, soit le bouleau blanc, le mélèze (*Larix laricina*) et, plus rarement, le peuplier faux-tremble et le pin gris (*Pinus banksiana*). Dans la section d'emprise à l'étude, la végétation était dominée par une arbustaie basse en raison du contrôle de la végétation (figure 2). Ailleurs, c'est-à-dire sur les quelques sites humides, l'herbaçaie dominait.

Forêt décidue : sites d'étude de Watopeka et La Conception

Le site d'étude de Watopeka, situé dans le ravage de cerfs de Virginie de Watopeka, est localisé en Estrie, le long de la ligne à 450 kV (circuit 4009-4010). Les travaux de terrain y ont été réalisés sur environ 5,5 km. Cette ligne a été implan-

Tableau 1. Caractéristiques des emprises et du dispositif expérimental en fonction des sites d'étude des micromammifères

Biome	Site d'étude	Année	Nombre de transects	Largueur de l'emprise (m)	Longueur du transect en forêt (m)
Forêt mixte	Saint-Cassien-des-Caps	1996	5	225	90
Forêt boréale	Réservoir Manicouagan	1998	2	95 à 110	30
		1999-2002	4	95 à 110	90
Forêt décidue	Watopeka	2001-2003	4	60 à 85	90
	La Conception	2002-2003	4	120	90



Figure 2. Emprise située à la hauteur du réservoir Manicouagan: un corridor de dispersion pour le campagnol des champs

tée en 1989. L'emprise a été aménagée en 1990, c'est-à-dire qu'elle a été essouchée, nivelée et ensemencée d'un mélange de graminées et de légumineuses (Doucet et collab., 1997). Depuis, elle a fait l'objet d'entretiens mécaniques en 1997 et en 2004-2005. Cette ligne a été sélectionnée en raison de ces aménagements afin de comparer les résultats avec une emprise non aménagée (site d'étude de La Conception). La topographie est relativement uniforme et régulière, l'altitude variant entre 260 et 300 m. La forêt adjacente à l'emprise est également aménagée, la compagnie Domtar y réalisant des travaux de sylviculture et de récolte. L'âge et la composition des formations forestières varient le long de l'emprise. La région à l'étude appartient au domaine de l'érablière à tilleul et de l'érablière à bouleau jaune. Les principales espèces rencontrées dans le secteur étudié sont l'érable rouge, l'érable à sucre (*Acer saccharum*), le bouleau jaune (*Betula alleghaniensis*), le hêtre à grandes feuilles (*Fagus grandifolia*), le sapin baumier et la pruche (*Tsuga canadensis*). La végétation de l'emprise, quant à elle, présente une basse herbaçaie

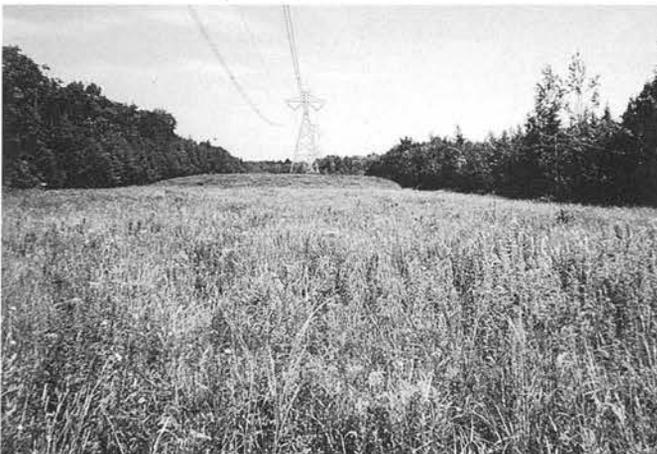


Figure 3. L'emprise aménagée de Watopeka a été essouchée, nivelée et ensemencée de graminées et de légumineuses.

arbustive basse et une haute arbustaie dominée par le bouleau gris (*Betula populifolia*) et l'érable rouge (figures 3 et 4).

Le site d'étude de La Conception est localisé dans la région des Laurentides. Les travaux de terrain se sont déroulés sur une distance d'environ 5 km. Ce site est localisé le long d'une double emprise à 735 kV (circuit 7044-7045). Implantée en 1978, cette emprise n'a pas été aménagée de façon particulière. Le dernier contrôle de la végétation a été réalisé chimiquement et mécaniquement en 2001-2002. La topographie est accidentée, l'altitude oscillant entre 210 et 350 m. L'emprise est uniformément bordée par la forêt feuillue mature. Cette dernière est faiblement aménagée; certains propriétaires y pratiquent surtout des coupes sélectives de faible envergure. Cette région appartient au domaine de l'érablière à bouleau jaune. Outre l'érable à sucre et l'érable rouge, les principales espèces arborescentes sont le hêtre à grandes feuilles, le bouleau jaune et le sapin baumier. La végétation de l'emprise présente sensiblement la même structure que dans le site d'étude de Watopeka, c'est-à-dire qu'on observe alternativement une basse herbaçaie arbustive basse et une haute arbustaie dominée par l'érable rouge et l'érable à épis (*Acer spicatum*) (figure 5).

Méthodes

L'échantillonnage des micromammifères a été effectué par capture mortelle à l'aide de pièges-fosses et de pièges-trappes disposés le long de transects perpendiculaires à l'emprise (tableau 1; figure 6). À cet effet, des permis scientifiques ont été obtenus auprès du ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec. Les transects étaient composés de stations d'échantillonnage disposées tous les 15 m et chaque station était constituée de trois pièges-trappes et de deux pièges-fosses. Les pièges-trappes étaient des trappes à souris Victor et Museum Special appâtées à l'aide de beurre d'arachide, alors que les pièges-fosses étaient des récipients de plastique (0,5 l) enfoncés au ras du sol. Le nombre total de pièges par transect était de 60. Les pièges ont été visités quotidiennement. L'identification des spécimens a été effectuée



Figure 4. Arbustaie haute observée dans certaines sections de l'emprise aménagée de Watopeka

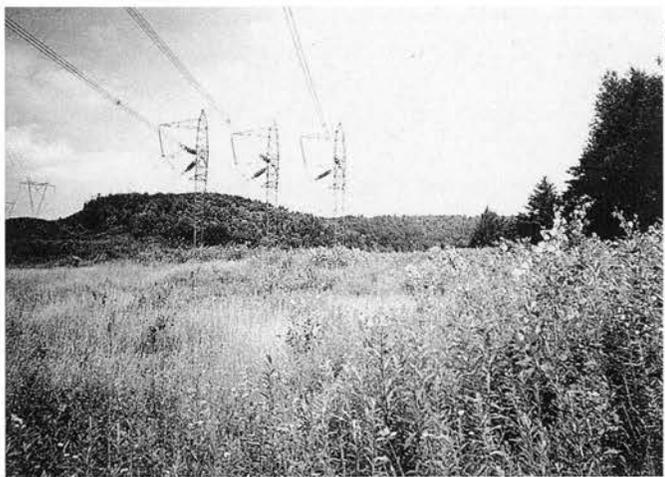


Figure 5. Emprise non aménagée à La Conception: un habitat qui semble similaire à une emprise aménagée pour la communauté de micromammifères.

à l'aide des documents de Lupien (2000, 2002). Dans cet article, la richesse spécifique correspond au nombre d'espèces, à l'exception de la souris sylvestre (*Peromyscus maniculatus*) et de la souris à pattes blanches (*Peromyscus leucopus*) qui n'ont pas été différenciées et qui ont été regroupées sous le vocable « souris du genre *Peromyscus* ».

Résultats

De 1996 à 2003, 1 678 micromammifères appartenant à 14 espèces ont été capturés dans les emprises ou en forêt dans les trois biomes (tableau 2). Ces espèces appartiennent aux groupes des campagnols (6 espèces), des musaraignes (5 espèces) et des souris (3 espèces). Le succès de capture fut très variable d'une année à l'autre aux sites d'étude du réservoir Manicouagan et de Watopeka, soit respectivement un facteur de 13,5 et 5,3 entre les valeurs maximales et les valeurs minimales.

Respectivement 7, 11 et 10 espèces ont été notées dans les emprises en forêt mixte, boréale et décidue (tableau 3). Parmi ces espèces, une seule est susceptible d'être désignée menacée ou vulnérable au Québec, soit le campagnol-lemming de Cooper (*Synaptomys cooperi*). Dans l'ensemble, le nombre d'espèces capturées dans les emprises était similaire au nombre d'espèces capturées en forêt, et ce, dans les trois biomes.

Parmi les espèces les plus fréquemment capturées, le campagnol à dos roux de Gapper (*Clethrionomys gapperi*) est la seule qui était essentiellement restreinte au milieu forestier; on le trouvait rarement dans les emprises, tant en forêt boréale qu'en forêt décidue (tableau 4). Les quelques captures en emprise ont été réalisées dans des milieux où la strate arbustive était bien développée. Le campagnol des champs (*Microtus pennsylvanicus*), quant à lui, utilisait presque exclusivement l'emprise, et ce, dans les trois biomes. La même tendance a été observée en forêt boréale et en forêt décidue pour la souris sauteuse des champs (*Zapus hudsonius*). Aucune tendance particulière n'a été observée pour les autres espèces.

Malgré un effort de piégeage important en forêt boréale (1 site d'étude, 5 ans) et en forêt décidue (2 sites, 3 ans), certaines espèces n'ont pas été capturées dans les emprises au cours de l'étude (tableau 5). Il s'agit du campagnol des rochers (*Microtus chrotorrhinus*), du campagnol sylvestre (*Microtus pinetorum*) et de la musaraigne palustre (*Sorex palustris*). En forêt mixte, l'effort de capture fut bien moindre par rapport aux deux autres biomes (1 site, 1 an).

Les résultats des études effectuées en forêt décidue suggèrent que la communauté de micromammifères observée dans l'emprise aménagée de Watopeka était similaire à celle observée dans l'emprise non aménagée de La Conception (Fortin et Doucet, 2007). En effet, neuf espèces ont été capturées dans les deux emprises et les trois espèces dominantes dans les emprises étaient les mêmes : la grande musaraigne (*Blarina brevicauda*), la musaraigne cendrée (*Sorex cinereus*) et le campagnol des champs.

Discussion

Réponse générale de la communauté de micromammifères aux emprises

Dans l'ensemble, les résultats de la présente étude suggèrent que les micromammifères répondent de façon positive à la création et au maintien des emprises de lignes de transport d'énergie électrique situées dans des milieux essentiellement forestiers. La richesse spécifique était en effet similaire ou légèrement supérieure dans les emprises comparativement aux milieux forestiers adjacents. Fortin et Doucet (2003), en forêt boréale, et Fortin et Doucet (2007), en forêt décidue, ont observé que l'abondance relative de toutes les espèces confondues suivait la même tendance. Johnson et collab. (1979) et Bramble et collab. (1992) ont noté une diversité de micromammifères supérieure dans les emprises. Toutefois, ces résultats s'appliquaient seulement à l'échelle du peuplement. La présence d'autres emprises dans un même corridor pourrait entraîner un déclin de la diversité à l'échelle du paysage en raison de la fragmentation des habitats (Johnson et collab., 1979). L'impact des lignes de transport d'énergie électrique sur la diversité doit donc être considéré selon différentes échelles spatiales (Johnson et collab., 1979; Bowman et collab., 2001a; Martin et McComb, 2002).

Nature des espèces utilisant les emprises

Nos observations reflètent bien le caractère ubiquiste de plusieurs espèces de micromammifères recensées dans les sites d'étude, aussi noté par Kirkland (1990) et Bowman et collab. (2001b) dans des forêts aménagées. Toutes les espèces communes recensées au cours de nos études ont été capturées à au moins une reprise dans les emprises. En fait, parmi les espèces capturées au cours de nos travaux, seul le campagnol des rochers, une espèce peu commune, n'a jamais été noté dans les emprises. Deux espèces fréquemment observées dans l'emprise en forêt décidue, soit la musaraigne cendrée

et la grande musaraigne, sont considérées comme des espèces généralistes (George et collab., 1986; Menzel et collab., 1999) et elles ont été fréquemment trouvées en forêt dans nos sites d'étude.

Le contrôle de la végétation constitue un autre facteur qui contribue probablement à maintenir une diversité importante de micromammifères dans les emprises (figure 7). Par exemple, un entretien régulier de la végéta-

Tableau 2. Nombre total de captures de micromammifères¹ et succès de capture² par site d'étude en fonction des années

Site	Saint-Cassien-des-Caps		Réservoir Manicouagan		Watopeka		La Conception	
	Nombre	Succès	Nombre	Succès	Nombre	Succès	Nombre	Succès
1996	241	17						
1998			122	34				
1999			334	54				
2000			39	4				
2001			218	23	216	21		
2002			223	24	37	4	76	8
2003					78	8	94	11

1. Toutes espèces et milieux confondus.

2. Nombre de captures par 100 nuits-pièges.

Tableau 3. Espèces de micromammifères observées en fonction des sites d'étude et des types de milieux

Espèces	Forêt mixte Saint-Cassien-des-Caps (1996)		Forêt boréale Réservoir Manicouagan (1998-2002)		Forêt décidue Watopeka et La Conception (2001-2003)			
	Emprise	Forêt	Emprise	Forêt	Emprise	Forêt		
Campagnol à dos roux (<i>Clethrionomys gapperi</i>)	+	+	+	+	+	+		
Campagnol des champs (<i>Microtus pennsylvanicus</i>)	+		+	+	+	+		
Campagnol des rochers (<i>Microtus chrotorrhinus</i>)				+				
Campagnol-lemming boréal (<i>Synaptomys borealis</i>)			+	+				
Campagnol-lemming de Cooper (<i>Synaptomys cooperi</i>)	+		+	+	+			
Grande musaraigne (<i>Blarina brevicauda</i>)		+			+	+		
Musaraigne arctique (<i>Sorex arcticus</i>)			+	+				
Musaraigne cendrée (<i>Sorex cinereus</i>)	+	+	+	+	+	+		
Musaraigne pygmée (<i>Sorex hoyi</i>)			+	+	+	+		
Musaraigne fuligineuse (<i>Sorex fumeus</i>)	+	+			+	+		
Phénacomys d'Ungava (<i>Phenacomys intermedius</i>)			+	+				
Souris du genre <i>Peromyscus</i>	+	+	+	+	+	+		
Souris sauteuse des bois (<i>Napoeozapus insignis</i>)	+		+	+	+	+		
Souris sauteuse des champs (<i>Zapus hudsonius</i>)		+	+	+	+	+		
Total		7		6	11	12	10	9

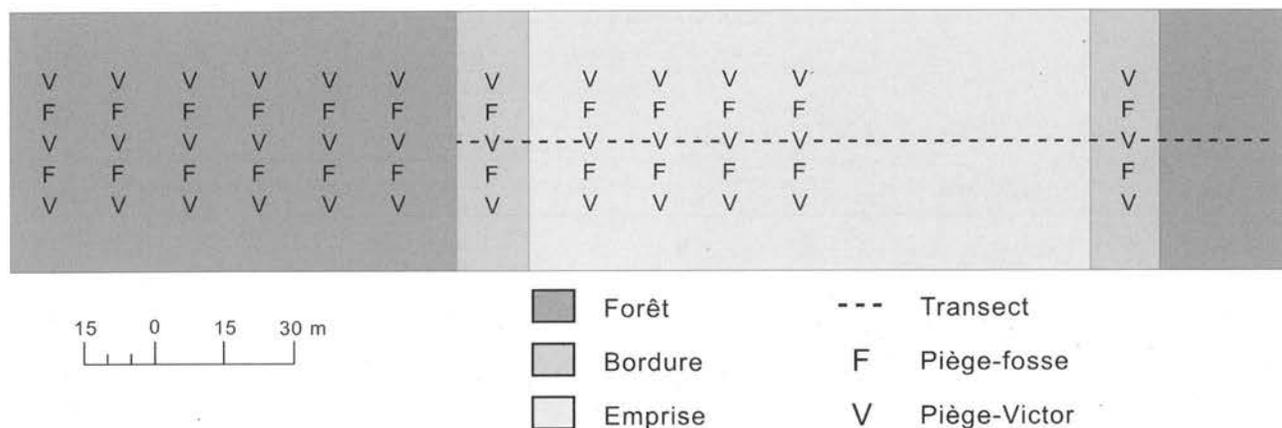


Figure 6. Exemple d'un transect d'échantillonnage de micromammifères dans une emprise et le milieu forestier adjacent

Tableau 4. Espèces de micromammifères exclusives ou presque (> 80 % des captures) à l'emprise et au milieu forestier en fonction des trois biomes

Espèce/biome	Exclusivité	Forêt mixte (Saint-Cassien-des-Caps)	Forêt boréale (Réservoir Manicouagan)	Forêt décidue (Watopeka et La Conception)
Campagnol à dos roux de Gapper	Au milieu forestier	DI ¹	+	+
Campagnol des champs	À l'emprise	+	+	+
Souris sauteuse des champs	À l'emprise	DI	+	+

1. DI: données insuffisantes pour conclure (moins de huit captures).

Tableau 5. Nombre d'espèces de micromammifères recensées en emprise comparativement au maximum probable en fonction des trois biomes

	Forêt mixte	Forêt boréale	Forêt décidue
Nombre observé	7	11	10
Maximum probable ¹	14	14	14
Pourcentage (%)	50	79	71

1. Selon Desrosiers et collab. (2002).

tion dans l'emprise de La Conception a favorisé le maintien d'une végétation herbacée à plusieurs endroits, laquelle a possiblement facilité la présence d'espèces associées à cet habitat. Kirkland (1990) a observé qu'une proportion de l'augmentation de l'abondance des micromammifères dans les coupes récentes est attribuable à l'exploitation de ces sites par des espèces non forestières, tout particulièrement celles des genres *Microtus* et *Zapus*. Dans nos sites d'étude, où le couvert herbacé était important dans les emprises, l'abondance du campagnol des champs et de la souris sauteuse des champs était beaucoup plus élevée dans les emprises que dans le milieu forestier adjacent. Gates (1991) a observé le même phénomène pour le campagnol des champs dans une emprise herbacée de 46 m de largeur au Maryland. Pour ces deux espèces associées aux milieux ouverts, les emprises pourraient être considérées comme des corridors de dispersion au travers de la matrice forestière (Litvaitis, 2001). Ce phénomène a aussi été constaté en Australie (Goosem et Marsh, 1997). Fait intéressant, les résultats observés dans

le cadre de la présente étude et celles réalisées en Australie indiquent que les espèces qui bénéficient des emprises pour se propager dans la matrice forestière ne réussissent pas à envahir le milieu forestier adjacent, restreignant ainsi les impacts seulement aux superficies occupées par les emprises. Le campagnol des champs semble exclu des milieux forestiers par le campagnol à dos roux (Merritt, 1981). Ces considérations ne s'appliquent toutefois que dans le contexte de milieux forestiers denses. Le campagnol des champs est en effet présent dans les forêts surannées du nord de la forêt boréale, là où les forêts sont ouvertes et le couvert herbacé est important (Crête et collab., 1997).

Nos résultats indiquent que le contraste entre une emprise et le milieu forestier adjacent est suffisant pour influencer le comportement de certaines espèces. Le campagnol à dos roux de Gapper constituait la seule espèce dans les sites d'étude à utiliser davantage les milieux forestiers que les emprises. Il évitait généralement les emprises, sauf lorsqu'un habitat arbustif était bien développé; cette nuance



Figure 7. Les emprises constituent des habitats maintenus constamment dans un stade de début de succession en raison du contrôle de la végétation.

a été notée en forêt décidue. Ce campagnol est d'ailleurs considéré comme une espèce forestière (Merritt, 1981; Menzel et collab., 1999), bien qu'il puisse tolérer un certain degré d'ouverture du milieu dans les situations où les coupes forestières sont modérées (c.-à-d. avec rétention de 10 % de la surface terrière des arbres vivants debout et présence de débris ligneux; Moses et Boutin, 2001) ou lorsqu'il s'agit de coupes par trouées (Hayward et collab., 1999). Les différences de microclimat et de structure de végétation entre les emprises et les milieux forestiers adjacents pourraient expliquer l'utilisation différentielle des habitats par le campagnol à dos roux. Le campagnol à dos roux n'est pas bien adapté aux milieux où le taux d'humidité est faible (Getz, 1968). Ces mécanismes ont été proposés par Goosem et Marsh (1997) en Australie pour expliquer les différences de communautés de micromammifères entre des emprises et la forêt tropicale adjacente.

Les résultats observés dans les emprises à l'étude pour le campagnol à dos roux traduisent bien les tendances observées dans la littérature sur les coupes forestières. Ainsi, il semble improbable que les emprises étudiées constituent une barrière aux déplacements du campagnol à dos roux de Gapper: les écrans (milieu arbustif ou arborescent laissé en place le long des habitats ripariens; Bélisle et collab., 2002; Larose et Doucet, 2002) ainsi que les autres milieux arbustifs relativement denses (présente étude) semblent offrir les conditions nécessaires à cette espèce forestière pour utiliser et traverser une emprise.

Il est intéressant de souligner que les trois espèces qui se distinguent quant à leur utilisation différentielle des emprises, soit le campagnol à dos roux, le campagnol des champs et la souris sauteuse des champs, ont réagi similairement d'un site d'étude à l'autre. De même, la musaraigne cendrée, espèce généraliste, a aussi démontré une réaction similaire vis-à-vis des emprises d'un biome à l'autre. La présence des autres espèces varie d'un biome à l'autre (ex. musaraigne fuligineuse (*Sorex fumeus*) dans la forêt décidue et musaraigne nordique (*Sorex arcticus*) en forêt boréale), mais aucune

d'elles n'était suffisamment abondante ou spécialiste dans sa sélection de l'habitat pour influencer significativement les grandes tendances observées.

En bref, les emprises sont caractérisées par des espèces spécialistes des milieux ouverts, lesquelles sont parfois abondantes, auxquelles s'ajoutent des espèces généralistes, certaines abondantes et d'autres occasionnelles.

Emprises aménagées versus emprises non aménagées

Les résultats suggèrent que l'aménagement des emprises dans le Québec méridional n'a pas d'effet significatif mesurable sur les communautés de micromammifères comparativement aux emprises non aménagées (Fortin et Doucet, 2007). Ce constat pourrait être attribuable à un manque de différence importante dans la structure de la végétation trouvée dans les deux types d'emprises. Dix ans après sa construction, l'emprise de Watopeka, laquelle a été essouchée, nivelée etensemencée d'un mélange de graminées et de légumineuses, est actuellement caractérisée par un couvert dense de plantes herbacées, à l'exception des milieux rocheux où les arbustes dominent. Ce mélange d'habitats herbacés et arbustifs est aussi représentatif de l'emprise non aménagée de La Conception. Seulement une espèce utilisée lors de l'ensemencement, la graminée *Phleum pratense*, est toujours abondante dans l'emprise aménagée de Watopeka. En fait, les deux emprises supportaient une richesse végétale similaire ($n = 238$ dans l'emprise aménagée et $n = 200$ dans l'emprise non aménagée) et il n'y avait pas, à première vue, de différence notable dans leur structure de végétation, bien que cet aspect n'ait pas été quantifié. Les débris ligneux, importants pour certaines espèces de micromammifères, étaient rares dans les deux sites.

Espèces à statut particulier

Une seule espèce à statut particulier (susceptible d'être désignée menacée ou vulnérable au Québec; Gouvernement du Québec, 2007) a été notée dans les emprises, soit le campagnol-lemming de Cooper. Il a été observé à au moins une reprise dans cet habitat dans les trois biomes (présente étude). Ce rongeur montre souvent une préférence pour les milieux humides herbeux, comme les tourbières et les marais (Linzey, 1984; Krupa et Haskins, 1996; Fortin et collab., 2004). Deux campagnols des rochers ont été capturés dans le milieu forestier du site localisé en forêt boréale et aucun dans l'emprise. La taille échantillon est toutefois trop faible pour conclure à un évitement des emprises par cette espèce. Le campagnol des rochers a d'ailleurs été noté dans des écrans situés en forêt boréale (Bélisle et collab., 2002). Son habitat de prédilection est composé de deux éléments importants, soit la présence d'un substrat rocheux et la proximité d'une source d'eau (Kirkland et Jannett, 1982; Orrock et Pagels, 2003).

Phytocides

Le programme de maîtrise de la végétation dans les emprises de lignes de transport d'Hydro-Québec inclut l'emploi de modes d'intervention mécaniques ainsi que l'utilisation de modes d'intervention sélectifs qui font appel à des phytocides. Ces interventions visent à maintenir un dégagement sécuritaire entre la végétation et les conducteurs, à faciliter l'accès aux lignes et à protéger les lignes contre les feux de forêts. De façon générale, sur l'ensemble du territoire québécois, l'application sélective de phytocides touche environ 30 % des cas (Hydro-Québec TransÉnergie, 2005). C'est le cas du site d'étude situé en forêt boréale où des opérations d'entretien chimique sont menées depuis plus de 30 ans. Considérant la diversité et le nombre de micromammifères trouvés dans le site d'étude du réservoir Manicouagan, il est permis de croire que ce mode d'intervention n'a pas empêché l'utilisation des emprises par ce groupe d'espèces. La santé et la reproduction des individus n'ont toutefois pas fait l'objet de la présente étude. Une revue de 14 études portant sur les effets des phytocides sur les micromammifères indique que certaines espèces ne sont pas affectées, certaines choisissent des sites traités avec des phytocides alors que d'autres les évitent (Lautenschlager, 1993). Dans une étude réalisée en Colombie-Britannique qui évaluait les réactions des populations de micromammifères à la présence d'herbicides dans leur habitat, la proportion de reproducteurs et la longévité moyenne étaient semblables chez les populations traitées et les populations témoins de souris et de campagnols (Sullivan, 1990).

Importance des études à moyen et long terme

Les résultats du tableau 2, et tout particulièrement ceux observés au réservoir Manicouagan, démontrent bien les variations interannuelles parfois importantes des populations de micromammifères, phénomène déjà bien documenté dans la littérature (Fryxell et collab., 1998; Brady et Slade, 2004). Par exemple, le campagnol-lemming boréal n'a été capturé qu'au cours de deux des cinq années de piégeage dans la zone d'étude du réservoir Manicouagan de 1998 à 2002, malgré un effort d'échantillonnage relativement important (Fortin, 2002). La musaraigne nordique, quant à elle, n'a été capturée qu'une année sur cinq dans ce même site d'étude. Ainsi, les études à court terme risquent de sous-évaluer l'utilisation des emprises par les différentes espèces de micromammifères, voire de conclure à l'inutilisation de ces milieux par certaines espèces alors qu'elles les utilisent en réalité. Nous proposons que les futures études se déroulent sur au moins cinq années consécutives afin d'augmenter les chances de tomber sur au moins une année de grande abondance pour chacune des espèces.

Limites de l'étude

Les résultats de nos études doivent être interprétés avec précaution. L'âge ainsi que les modes d'entretien

différents d'une emprise à l'autre. La communauté de micromammifères dans une emprise donnée, quelque temps après sa construction, peut être différente de celle utilisant la même emprise 20 ans plus tard. Différentes structures de végétation issues de différents traitements (ex. coupe manuelle versus entretien chimique) peuvent aussi influencer la diversité et l'abondance des micromammifères (Bramble et collab., 1992). Comme la dynamique des populations n'a pas été étudiée, nous ne pouvons pas conclure que l'observation d'individus dans les emprises reflète une qualité d'habitat de celles-ci équivalente ou supérieure à celle du milieu forestier. Des études portant sur la survie et la reproduction de micromammifères dans les emprises permettraient d'évaluer le devenir des individus qui fréquentent les emprises ainsi que leur contribution relative au recrutement. Finalement, certaines comparaisons sont parfois basées sur un faible nombre de réplicats, ce qui force à la prudence quant à certaines conclusions. Par exemple, la comparaison entre une emprise aménagée et une emprise non aménagée, bien qu'étudiée à l'aide de quelques transects, n'est basée que sur la comparaison de deux sites d'étude (Watopeka et La Conception).

Remerciements

Nous remercions Josée Brunelle, Marie-Ève Côté, Jean-François Desroches, Patrick Galois, Marie-France La Rochelle, Martin Ouellet, Jacques Ouzilleau et David Samson pour leur différente collaboration aux campagnes de terrain ou à cet article. Nous remercions aussi Michel Crête et Pierre Etcheverry pour leurs commentaires sur la version préliminaire. ◀

Références

- BÉLISLE, F., G.J. DOUCET et Y. GARANT, 2002. Wildlife use of riparian vegetation buffer zones in high voltage powerline rights-of-way in the Québec boreal forest. Dans: J.W. Goodrich-Mahoney, D.F. Mutrie et C.A. Guild (édit.). Proceedings of the 7th International Symposium on Environmental Concerns in Rights-of-Way Management. Oxford, Elsevier-Science, p. 309-317.
- BOWMAN, J., C.V. CORKUM et G.J. FORBES, 2001a. Spatial scales of trapping in small-mammal research. *Canadian Field-Naturalist*, 115: 472-474.
- BOWMAN, J., G. FORBES et T. DILWORTH, 2001b. Landscape context and small-mammal abundance in a managed forest. *Forest Ecology and Management*, 140: 249-255.
- BRADY, M.J. et N.A. SLADE, 2004. Long-term dynamics of a grassland rodent community. *Journal of Mammalogy*, 85: 552-561.
- BRAMBLE, W.C., R.H. YAHNER, W.R. BYRNES et S.A. LISINSKY, 1992. Small mammals in plant cover types on an electric transmission right-of-way. *Journal of Arboriculture*, 18: 316-321.
- BRAMWELL, R.N., 1980. Animal activity, weather and vegetation control along a powerline right-of-way. Thèse de maîtrise. Université McGill, Montréal, 126 p.
- 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.
- DESHAYE, J., J. BRUNELLE et F. MORNEAU, 1996. Étude de la biodiversité des emprises de lignes de transport d'énergie électrique en forêt mixte.

- Rapport pour la vice-présidence Environnement et Collectivités, Hydro-Québec. FORAMEC, Québec, 80 p.
- DESHAYE, J., C. FORTIN et F. MORNEAU, 2000. Caractérisation de la biodiversité dans les emprises de lignes de transport d'énergie électrique situées en forêt boréale. Rapport d'ensemble 1998-2000. Rapport pour TransÉnergie, direction Expertise et Support technique de Transport, Unité Lignes, Câbles et Environnement. FORAMEC, Québec, 101 p.
- DESROSIERS, N., R. MORIN et J. JUTRAS, 2002. Atlas des micromammifères du Québec. Québec, Société de la faune et des parcs du Québec, Direction du développement de la faune et Fondation de la faune du Québec, 92 p.
- DOUCET, G.J. et J.R. BIDER, 1984. Changes in animal activity immediately following the experimental clearing of a forested right-of-way. Dans: Proceedings 3rd Symposium Environmental Concerns in Rights-of-Way Management. Crabtree, A.F. (édit.). Mississippi State University, p. 592-601.
- DOUCET, G.J., Y. GARANT, M. GIGUÈRE et G. PHILIP DE LABORIE, 1997. Emprises de lignes et ravages de cerfs de Virginie. Tome 1. Synthèse et bilan des études. Hydro-Québec TransÉnergie, Montréal, 132 p.
- FORTIN, C., 2002. Caractérisation de la biodiversité dans les emprises de lignes de transport d'énergie électrique situées en forêt boréale. Volet micromammifères, année 2002. Rapport pour TransÉnergie. FORAMEC, Québec, 17 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.
- FORTIN, C. et G.J. DOUCET, 2007. Small mammal communities along transmission powerline rights-of-way in deciduous forest of Québec. Dans: Proceedings of 8th International Symposium on Environmental Concerns in Rights-of-Way Management, Saratoga Springs, NY. Sous presse.
- FORTIN, C., F. MORNEAU, J. DESHAYE, P. GALOIS et M. OUELLET, 2003. Caractérisation de la biodiversité dans les emprises de lignes de transport d'énergie électrique situées en forêt décidue. Rapport d'ensemble 2001-2003. Rapport pour TransÉnergie, direction Expertise et Support technique de Transport, Unité Lignes, Câbles et Environnement. FORAMEC, Québec, 81 p.
- FORTIN, C., J.-F. ROUSSEAU et M.-J. GRIMARD, 2004. Extension de l'aire de répartition du campagnol-lemming de Cooper (*Synaptomys cooperi*): mentions les plus nordiques. Le Naturaliste Canadien, 128 (2) : 35-37.
- FRYXELL, J.M., J.B. FALLS, E.A. FALLS et R.J. BROOKS, 1998. Long-term dynamics of small-mammal populations in Ontario. Ecology, 79 : 213-225.
- GAGNÉ, N., L. BÉLANGER et J. HUOT, 1999. Comparative responses of small mammals, vegetation, and food sources to natural regeneration and conifer release treatments in boreal balsam fir stands of Québec. Canadian Journal of Forest Research, 29 : 1128-1140.
- GATES, J.E., 1991. Powerline corridors, edge effects, and wildlife in forested landscapes of the central Appalachians. Dans: J.E. Rodiek et E.G. Bolen (édit.). Wildlife and habitats in managed landscapes. Island Press, Washington et Covelo, p. 13-32.
- GEORGE, S.B., J.R. CHOATE et H.H. GENOWAYS, 1986. *Blarina brevicauda*. Mammalian Species, 261 : 1-9.
- GETZ, L.L., 1968. Influence of water balance and microclimate on the local distribution of the red-backed vole and white-footed mouse. Ecology, 49 : 276-286.
- GOOSEM, M. et H. MARSH, 1997. Fragmentation of a small-mammal community by a powerline corridor through tropical rainforest. Wildlife Research, 24 : 613-629.
- GOVERNEMENT DU QUÉBEC, 2007. Espèces fauniques menacées ou vulnérables au Québec. [En ligne]. [http://www.fapaq.gouv.qc.ca/fr/etu_rec/esp_mena_vuln/liste.htm].
- HAYWARD, G.D., S.H. HENRY et L.F. RUGGIERO, 1999. Response of red-backed voles to recent patch cutting in subalpine forest. Conservation Biology, 13 : 168-176.
- HYDRO-QUÉBEC TRANSÉNERGIE, 2005. Poursuite du programme de pulvérisation aérienne de phytocides dans les emprises de lignes de transport de la Côte-Nord, 2007-2016. Hydro-Québec, bulletin d'information n° 1, automne 2005, 4 p.
- JOHNSON, D.H., 1980. The comparison of usage and availability measurements for evaluating resource preference. Ecology, 61 : 65-71.
- JOHNSON, W.C., R.K. SCHREIBER et R.L. BURGESS, 1979. Diversity of small mammals in a powerline right-of-way and adjacent forest in east Tennessee. American Midland Naturalist, 101 : 231-235.
- KIRKLAND, G.L., 1990. Patterns of initial small mammal community change after clearcutting of temperate North American forests. Oikos, 59 : 313-320.
- KIRKLAND, G.L. et F.J. JANNETT, Jr., 1982. *Microtus chrotorrhinus*. Mammalian Species, 180 : 1-5.
- KRUPA, J.J. et K.E. HASKINS, 1996. Invasion of the meadow vole (*Microtus pennsylvanicus*) in southeastern Kentucky and its possible impact on the southern bog lemming (*Synaptomys cooperi*). American Midland Naturalist, 135 : 14-22.
- LAROSE, M. et G.J. DOUCET, 2002. Faune et écrans boisés dans les emprises de lignes de transport d'énergie électrique situées en milieu forestier décidu. Rapport d'étape 2002. Rapport présenté à TransÉnergie par le Groupe conseil GENIVAR. GENIVAR, Baie-Comeau, 23 p.
- LAUTENSCHLAGER, R.A., 1993. Response of wildlife to forest herbicide applications in northern coniferous ecosystems. Canadian Journal of Forest Research, 23 : 2286-2299.
- LINZEY, A.V., 1984. Patterns of coexistence in *Synaptomys cooperi* and *Microtus pennsylvanicus*. Ecology, 65 : 382-393.
- LITVAITIS, J.A., 2001. Importance of early successional habitats to mammals in eastern forests. Wildlife Society Bulletin, 29 : 466-473.
- LUPIEN, G., 2000. Recueil photographique des caractéristiques morphologiques servant à l'identification des micromammifères du Québec. Volume I – Insectivores. Société de la faune et des parcs du Québec, Jonquière, 23 p.
- 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.
- MARTIN, K.J. et W.C. MCCOMB, 2002. Small mammal habitat associations at patch and landscape scales in Oregon. Forest Science, 48 : 255-264.
- MENZEL, M.A., W.M. FORD, J. LAERM et D. KRISHON, 1999. Forest to wildlife opening : habitat gradient analysis among small mammals in the southern Appalachians. Forest Ecology and Management, 114 : 227-232.
- MERRITT, J.F., 1981. *Clethrionomys gapperi*. Mammalian Species, 146 : 1-9.
- MOSES, R.A. et S. BOUTIN, 2001. The influence of clear-cut logging and residual leave material on small mammal populations in aspen-dominated boreal mixedwoods. Canadian Journal of Forest Research, 31 : 483-495.
- ORROCK, J.L. et J.F. PAGELS, 2003. Tree communities, microhabitat characteristics, and small mammals associated with the endangered rock vole, *Microtus chrotorrhinus*, in Virginia. Southeastern Naturalist, 2 : 547-558.
- PAYETTE, S. et B. GAUTHIER, 1972. Les structures de végétation : interprétation géographique et écologique, classification et implication. Le Naturaliste Canadien, 99 : 1-26.
- PEARCE, J. et L. VENIER, 2005. Small mammals as bioindicators of sustainable boreal forest management. Forest Ecology and Management, 208 : 153-175.
- SCHREIBER, R.K. et J.H. GRAVES, 1977. Powerline corridors as possible barriers to the movement of small mammals. American Midland Naturalist, 97 : 504-508.
- SULLIVAN, T.P., 1990. Demographic responses of small mammal populations to a herbicide application in coastal coniferous forest : population density and resiliency. Canadian Journal of Zoology, 68 : 874-883.

L'établissement de bandes riveraines arborées : un outil pour réduire la déprédation du rat musqué en milieu agricole

Geneviève Bourget et Guy Verreault

Résumé

En milieu agricole, les rats musqués construisent leurs terriers dans les berges causant ainsi des dommages aux rives et provoquant des impacts négatifs sur la qualité de l'eau. Les principaux dommages attribués aux rats musqués sont l'érosion et la fragilisation des berges, ainsi que le bris des drains agricoles. Afin de diminuer la déprédation causée par les rats musqués et de contrôler leur abondance, nous avons évalué l'effet de la composition de la bande riveraine sur les taux de capture de rats musqués. Des inventaires sur le terrain de parcelles d'échantillonnage de 100 m linéaires de cours d'eau ont été effectués dans le but de ne conserver que des parcelles qui ne divergeaient que par la composition de la bande riveraine. Au total 39 parcelles ont été sélectionnées. Sur ce nombre, 13 avaient une bande riveraine constituée principalement d'arbres et d'arbustes (largeur moyenne : 7,2 m). Les 26 autres parcelles avaient une bande riveraine herbacée (largeur moyenne : 3,4 m). Le taux de capture des rats musqués, au début du mois d'octobre, a été évalué dans chaque parcelle à l'aide de cages sous-marines (effort de capture de 4 nuits-piège). Au total 131 rats musqués ont été capturés et leur nombre était significativement plus grand dans les cours d'eau à bande riveraine herbacée (4,35 rats musqués) que dans les cours d'eau à bande riveraine arborée (1,39 rat musqué). En plus d'améliorer la qualité de l'eau et la protection des berges, le maintien et l'aménagement de bandes riveraines arborées réduisent le nombre de rats musqués dans les petits cours d'eau.

Introduction

Le rat musqué (*Ondatra zibethicus*) est un rongeur répandu partout en Amérique du Nord et dans certaines régions de l'Europe et de l'Asie, où il fut introduit au début du XX^e siècle (figure 1).

Cet animal a un mode de vie semi-aquatique et sa présence est énormément influencée par le domaine hydrique. Les rats musqués s'abritent dans des terriers qu'ils creusent dans les berges des cours d'eau (Messier et Virgl, 1992). Ce sont des animaux végétariens qui consomment principalement des plantes aquatiques (Virgl, 1997; Messier et collab., 1990; Connors et collab., 2000). La majorité des déplacements des rats musqués s'effectue à moins de 100 m de leur terrier.

Les petits cours d'eau en milieu agricole sont des habitats où l'on trouve régulièrement des rats musqués (Brooks et Dodge, 1986). Dans ces milieux, les producteurs agricoles remarquent des problèmes de déprédation qu'ils relient à la présence de rats musqués. En milieu agricole, la conservation de la bande riveraine est peu respectée. De plus, les bandes riveraines existantes sont constituées en grande majorité de plantes herbacées et la végétation ligneuse est absente à plusieurs endroits.

Le but de cette étude est de déterminer s'il y a un effet de la composition de la bande riveraine (herbacée ou arborée) sur la présence de rats musqués. L'hypothèse de départ est que les cours d'eau avec une bande riveraine constituée de plantes herbacées supportent une plus grande abondance de rats musqués que les cours d'eau à bande riveraine arborée.



Figure 1. Rat musqué

Matériel et méthodes

Aire d'étude et sélection des parcelles d'échantillonnage

L'aire d'étude est située dans la région du Bas-Saint-Laurent à l'ouest de la ville de Rivière-du-Loup et s'étend sur une superficie de 366 km². Deux bassins versants juxtaposés sont inclus dans l'aire d'étude, soit le bassin versant de la

Geneviève Bourget et Guy Verreault sont biologistes à la Direction de l'aménagement de la faune du Bas-Saint-Laurent du ministère des Ressources naturelles et de la Faune.

Contact : genevieve.bourget@mrnf.gouv.qc.ca

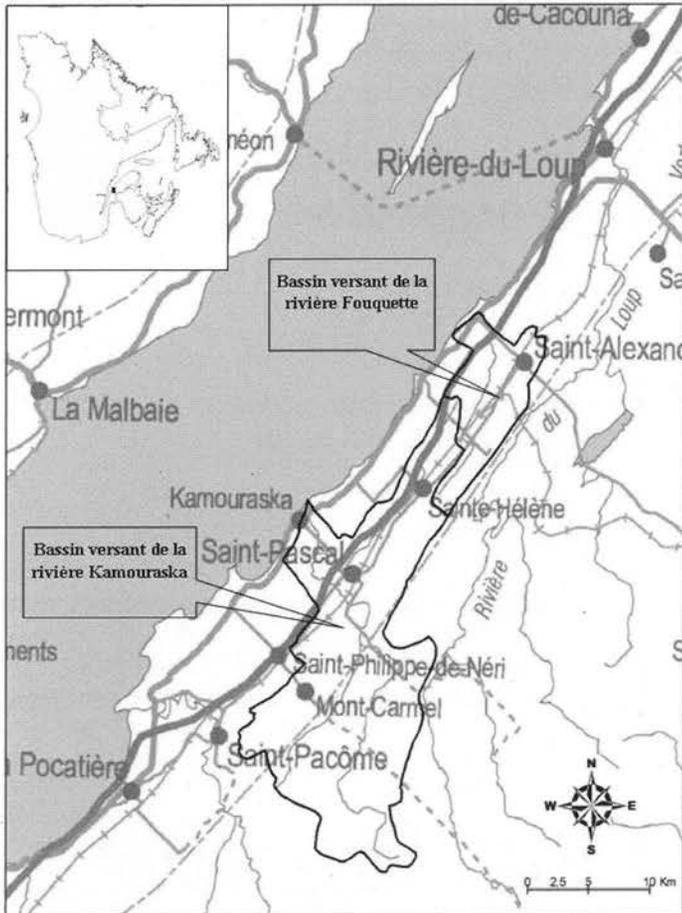


Figure 2. Aire d'étude

rivière Fouquette et le bassin versant de la rivière Kamouraska (figure 2). Ces deux bassins versants sont dominés par l'activité agricole.

La sélection des parcelles d'échantillonnage s'est déroulée selon un plan d'échantillonnage stratifié en fonction de la nature de la bande riveraine (herbacée ou arborée). Sur l'ensemble des petits cours d'eau à écoulement continu du territoire, des parcelles d'échantillonnage d'une longueur de 100 m ont été sélectionnées. Celles-ci comprennent le lit du cours d'eau et les deux rives. Pour chaque parcelle sélectionnée, il est important que le même type de bande riveraine se trouve tout le long des 100 m, et ce, sur les deux rives. De plus, pour éviter qu'il n'y ait de l'interférence, il doit y avoir

en aval et en amont de la parcelle d'échantillonnage, un minimum de 100 m de zone tampon, caractérisée par le même type de bande riveraine que la parcelle d'échantillonnage (figure 3).

Les travaux sur le terrain se sont déroulés en deux étapes. La première phase consistait en une caractérisation complète des parcelles d'échantillonnage, tandis que la deuxième consistait en une séance de piégeage dans chaque parcelle pour évaluer l'abondance de rats musqués.

Première phase : caractérisation des parcelles d'échantillonnage

Un inventaire de différents paramètres influençant l'abondance des rats musqués fut réalisé durant le mois de septembre 2006, dans toutes les parcelles sélectionnées. Cet inventaire avait comme objectif de standardiser les parcelles d'échantillonnage afin d'éviter qu'il n'y ait trop de variables pouvant influencer les densités de rats musqués. Dans chaque parcelle, une description de la bande riveraine était notée (composition et largeur). Ensuite, la hauteur, la pente et la granulométrie des berges étaient mesurées, ainsi que la vitesse, la profondeur et la largeur du cours d'eau. En se basant sur les valeurs de ces différents paramètres, seules les parcelles qui ne divergeaient que de la composition de la bande riveraine (herbacée vs arborée) ont été retenues (figures 4 et 5).

L'inventaire des parcelles comprenait également une description de la végétation aquatique émergente (composition et abondance), ainsi que la notation des indices de présence de rats musqués (pistes, crottins, site d'alimentation, terrier).

Deuxième phase : piégeage

Après l'inventaire des parcelles d'échantillonnage, une séance de piégeage des rats musqués s'est déroulée en octobre 2006, dans 39 parcelles, dont 26 à bande riveraine herbacée et 13 à bande riveraine arborée. Le trappage s'est effectué dans les parcelles qui ont été standardisées et qui ne différaient que par la composition de la bande riveraine.

Les pièges utilisés sont du type « cage sous-marine » (figure 6). Dans chaque parcelle, deux pièges furent installés avec un intervalle de 33 m (un piège à 33 m du début de la parcelle et le deuxième piège à 66 m). Les pièges étaient laissés durant 2 nuits et visités tous les jours. L'effort de capture était de 4 nuits-piège par parcelle.

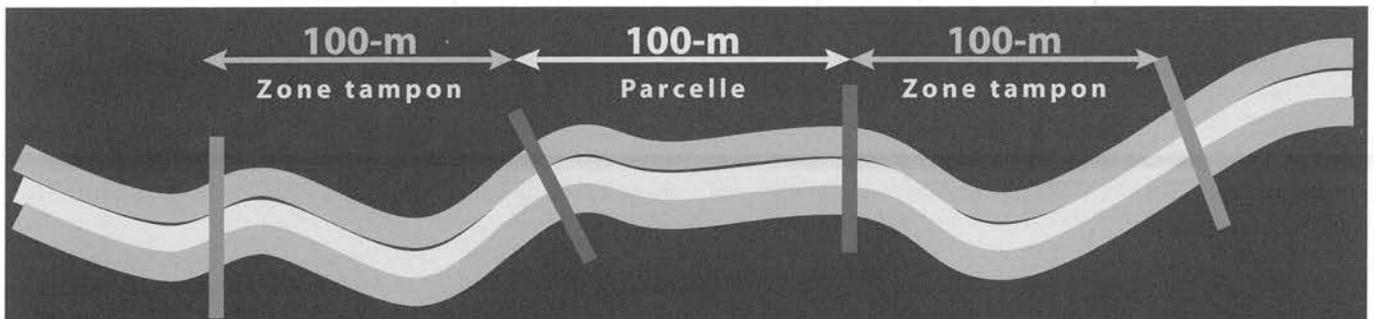


Figure 3. Schéma d'une parcelle d'échantillonnage



Figure 4. Parcelle à bande riveraine herbacée



Figure 5. Parcelle à bande riveraine arborée

Résultats et discussion

Dans la zone d'étude, la largeur moyenne des bandes riveraines herbacées est significativement (test de *t* de Student $p < 0,0001$) plus faible que celle des parcelles avec bandes arborées (tableau 1). Dans la majorité des parcelles à bande riveraine herbacée, des graminées, tel le *Calamagrostis* sp., composent l'essentiel de la bande riveraine. Dans les parcelles arborées, les arbustes les plus fréquemment rencontrés sont des aulnes rugueux (*Alnus rugosa*), des cornouillers stolonifères (*Cornus stolonifera*) et des saules arbustifs (*Salix* sp.).

L'hypothèse de départ étant que les petits cours d'eau avec bande riveraine herbacée offraient un meilleur habitat pour les rats musqués a été vérifiée. Lors de la première phase, on a observé qu'il y avait davantage d'indices de présence de rats musqués dans les parcelles herbacées qu'arborées. La séance de piégeage a corroboré ce fait. Dans les parcelles à bande riveraine herbacée, trois fois plus de rats musqués ont été capturés comparativement aux parcelles arborées (tableau 2). Cette différence est significative (test de *t* de Student $p = 0,0138$). Dans l'ensemble des parcelles d'échantillonnage, 131 rats musqués ont été capturés. Sur ce nombre, 113 proviennent des 26 parcelles herbacées, tandis que 18 ont été recueillis dans les 13 parcelles à bande riveraine arborée.

La différence dans les captures de rats musqués entre les deux types d'habitats peut s'expliquer par une combinaison de l'accessibilité aux ressources alimentaires, par la facilité de creusage des terriers dans les berges et par l'absence du vison, un de leur principal prédateur.

Premièrement, la présence et la disponibilité des plantes aquatiques influencent l'abondance de cet animal dans un milieu (Blanchette, 1987; Bélanger, 1986; Prescott et Richard, 2004). Ce sont des animaux végétariens qui consomment les feuilles, les tiges et les parties succulentes de diverses plantes aquatiques (Prescott et Richard, 2004). Les quenouilles (*Typha* L. spp.) sont l'aliment préféré des rats

musqués (Vachon, 1983; Traversy et collab., 1994), mais les rats peuvent également consommer une large gamme de végétaux aquatiques (figure 7). Lors de l'inventaire des parcelles d'échantillonnage, il fut noté que les parcelles à bande riveraine arborée supportaient des densités et des diversités inférieures de végétaux aquatiques que celles à bande riveraine herbacée (tableau 1). Dans 73 % des parcelles herbacées, il y a présence de végétaux aquatiques émergents, tandis que seulement 38 % des parcelles arborées en possèdent. Du point de vue de l'alimentation, les parcelles à bande riveraine arborée représentent des habitats de moindre qualité. Cette différence dans l'abondance de végétaux aquatiques entre les deux types de parcelles est imputable à la largeur et à la composition de leur bande riveraine. Une diminution de la quantité de rayons solaires pénétrant dans le cours d'eau réduit le développement des végétaux aquatiques (Hrivnak et collab., 2006; Daniel et collab., 2006). La quantité d'ombrage dans le cours d'eau est fonction de la hauteur et de la densité de la végétation composant la bande riveraine, une bande riveraine arborée étant plus efficace pour faire de l'ombrage qu'une bande riveraine constituée d'herbacées (Belt et collab., 1992; Hrivnak et collab., 2006). De plus, le pouvoir de rétention et d'absorption des contaminants agricoles est fortement influencé par la largeur de la bande riveraine (Lowrance et collab., 1984; Laroche, 2005). La lar-

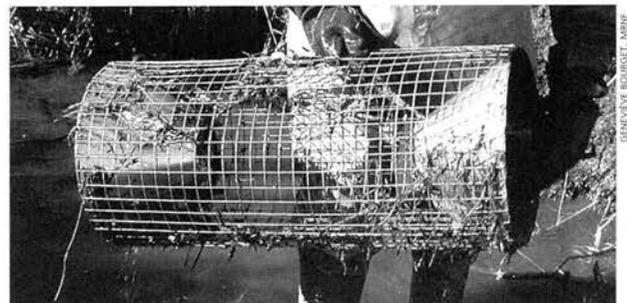


Figure 6. Cage sous-marine

Tableau 1. Caractéristiques des parcelles d'échantillonnage notées au cours de la première phase

Type de parcelles	Largeur bande riveraine	Taux de présence végétation aquatique	Description des berges		Description de l'intérieur du cours d'eau		
			Hauteur	Pente	Vitesse du courant	Largeur	Profondeur
	(m)	(%)	(m)	(degré)	(dm/s)	(m)	(cm)
Herbacée	3,4 (1,4)	73	1,2 (0,3)	22	0,9 (1,0)	2,1 (0,7)	17,2 (6,1)
Arborée	7,2 (3,1)	38	0,9 (0,4)	22	0,9 (0,6)	2,5 (1,2)	14,2 (8,5)

() Les valeurs entre parenthèses sont les écarts-types

Tableau 2. Nombre moyen de rats musqués capturés dans les deux types de bandes riveraines

Type de parcelles	Nombre de rats musqués capturés	
	Moyenne	Écart-type
Herbacée	4,35	3,76
Arborée	1,39	2,36

geur des bandes riveraines arborées, plus grande, permet de capter plus d'éléments nutritifs. Si ces éléments nutritifs s'écoulaient dans le milieu aquatique, ils favoriseraient la croissance végétale dans le plan d'eau (Thiebaut, 2006; Daniel et collab., 2006).

Le deuxième facteur pouvant influencer la présence de rats musqués dans les parcelles à bande riveraine arborée est attribuable à la plus grande difficulté à creuser les terriers dans les berges, les racines des arbres et des arbustes offrant plus de résistance que les racines des plantes herbacées. L'intense réseau racinaire et la taille des racines des végétaux ligneux forment une barrière pour les rats musqués au moment de construire leur terrier. Les racines des arbres et des arbustes forment un intense réseau en trois dimensions donnant une grande stabilité aux berges comparativement aux plantes herbacées (Wynn et collab., 2003; Hansen, 1992). Pour que la bande riveraine soit efficace et limite les densités de rats musqués, elle doit être dense et constituée principalement de végétaux ligneux. Pour être efficaces, les arbres et arbustes doivent prendre naissance dans la berge et non seulement sur le replat du talus. De plus, nous croyons que les espèces d'arbres et d'arbustes à forts systèmes racinaires sont meilleures pour limiter l'abondance de rats musqués.

Le troisième facteur limitant la présence de rat musqué dans les cours d'eau à bande riveraine arborée est la pression causée par la prédation. Le vison d'Amérique (*Mustela vison*) et l'humain sont les principaux prédateurs du rat musqué (Aleksiuk, 1986). Dans les régions nordiques, les visons sont des prédateurs spécialistes des rats musqués puisqu'à ces latitudes il existe une faible variété de proies disponibles (Erb et collab., 2000, 2001). Dans ces climats, un cycle prédateur-proie est souvent créé (Erb et collab., 2001; Haydon, 2001). Le vison fréquente les forêts et les broussailles à proximité des cours d'eau et des lacs (Prescott et Richard, 2004) et il est très affecté par le déboisement des

bandes riveraines (Cubie, 2005). Tout comme le rat musqué, il est un animal semi-aquatique et niche dans des terriers prenant naissance sous le niveau de l'eau ou à proximité de l'eau. L'aménagement de bandes riveraines arborées favorise la présence de visons puisque ceux-ci peuvent utiliser ces bandes riveraines comme couloir de déplacement ou pour s'y implanter.



Figure 7. Les quenouilles (*Typha L. spp.*), l'aliment préféré des rats musqués

Remerciements

Cette étude a été financée en partie par le volet agricole de l'Entente Canada-Québec sur le Saint-Laurent et par la Fondation de la faune du Québec. ◀

Références

- Aleksiuk, M., 1986. Faune et Flore du pays : Le rat musqué. Service canadien de la faune, 6 p.
- Bélangier, R., 1986. Influence de faibles hausses de niveaux d'eau sur les populations de rats musqués dans le sud-ouest du Québec. Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, 33 p.
- Belt, G.H., J. O'Laughlin et T. Merrill, 1992. Design of forest riparian buffer strips for the protection of water quality: Analysis of scientific literature. Cité dans Semaine verte, 2006. Les bandes riveraines et la qualité de l'eau: une revue de la littérature. Retrouvé en novembre 2006 sur le site internet : <http://www.radio-canada.ca/actualite/semaineverte/ColorSection/agriculture/021201/bandes.shtml>

- Blanchette, P., 1987. Problématique sur la conservation des habitats chez le rat musqué au Québec. Ministère du Loisir de la Chasse et de la Pêche, 48 p.
- Brooks, R.P. et W. E. Dodge, 1986. Estimation of habitat quality and summer population density for muskrats on a watershed basis. *Journal of Wildlife Management*, 50: 269-273.
- Connors, L.M., E. Kiviat, P.M. Groffman et R.S. Ostfeld, 2000. Muskrat (*Ondatra zibethicus*) disturbance to vegetation and potential net nitrogen mineralization rates in a freshwater tidal marsh. *American Midland Naturalist*, 143: 53-63.
- Cubie, D., 2005. Messages from mink. *National Wildlife Magazine*, 43(1).
- Daniel, H., I. Bernez et J. Haury, 2006. Relationships between macrophytic vegetation and physical features of river habitats: the need for a morphological approach. *Hydrobiologia*, 570: 11-17.
- Erb, J., N.C. Stenseth et M.S. Boyce, 2000. Geographic variation in population cycles of Canadian muskrats (*Ondatra zibethicus*). *Canadian Journal of Zoology*, 78: 1009-1016.
- Erb, J., M.S. Boyce et N.C. Stenseth, 2001. Spatial variation in mink and muskrat interactions in Canada. *Oikos*, 93: 365-375.
- Hansen, P.L., 1992. Classification and management of riparian shrub sites in Montana. Cité Dans *Semaine verte*, 2006. Les bandes riveraines et la qualité de l'eau: une revue de la littérature. Retrouvé en novembre 2006 sur le site internet: <http://www.radio-canada.ca/actualite/semaineverte/ColorSection/agriculture/021201/bandes.shtml>
- Haydon, D.T., N.C. Stenseth, M.S. Boyce et P.E. Greenwood, 2001. Phase coupling and synchrony in the spatiotemporal dynamics of muskrat and mink populations across Canada. *Ecology*, 98:13149-13154.
- Hrivnak R., H. Otahelova et I. Jarolimek, 2006. Diversity of aquatic macrophytes in relation to environmental factors in the Slatina river (Slovakia). *Biologia, Bratislava*, 61: 413-419.
- Laroche, R., 2005. Aménagement d'une bande de protection riveraine en bordure des cours d'eau. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, 2 p.
- Lowrance, L.R., R. Todd, J. Fail Jr., O. Hendrickson Jr., R. Leonard et L. Asmusen, 1984. Riparian forest nutrient filters in agricultural watersheds. *BioScience*, 34: 374-377.
- Messier, F., J.A. Virgl et L. Marinelli, 1990. Density-dependant habitat selection in muskrats: a test of the ideal free distribution model. *Oecologia*, 84: 380-385.
- Messier, F. et J.A. Virgl, 1992. Differential use of bank burrows and lodges by muskrats, *Ondatra zibethicus*, in a northern marsh environment. *Canadian Journal of Zoology*, 70: 1180-1184.
- Prescott, J. et P. Richard, 2004. Mammifères du Québec et de l'est du Canada. Éditions Michel Quintin, 2^e édition, 399 p.
- Thiebaud G., 2006. Aquatic macrophyte approach to assess the impact of disturbances on the diversity of the ecosystem and on river quality. *International Review of Hydrobiology*, 91: 483-497.
- Traversy, N., R. Mc Nicoll et R. Lemieux, 1994. Contribution à l'étude de l'écologie du rat musqué au Lac St-Pierre. Ministère de l'Environnement et de la Faune, 85 p.
- Vachon, G., 1983. Le rat musqué, mœurs et trappage. Sainte-Foy, Québec, 101 p.
- Virgl, J.A., 1997. Habitat suitability and demography of muskrats inhabiting a heterogenous landscape. Thèse de doctorat, University of Saskatchewan, 145 p.
- Wynn T. M., S. Mostaghimi, J.A. Burger, A.A. Harpold, M.B. Henderson et L.A. Henry, 2003. Variation in root density along stream banks. *Journal of Environmental Quality*, 33: 2030-2039.



- Caractérisation du milieu littoral
- Écoingénierie
- Aménagement d'habitats fauniques
- Suivi de l'exploitation

2095, Jean-Talon Sud, bureau 217, Sainte-Foy, Qc. G1N 4L8 tél.: (418) 688-3898 téléc.: (418) 681-6914
 site Internet: www.profaune.com sans frais: 1-800-561-3898 courriel: info@profaune.com



Desjardins
Caisse populaire
du Piémont Laurentien

1638, rue Notre-Dame, L'Ancienne-Lorette
 1095, boulevard Pie-XI Nord, Québec | **872-1445**

La Caisse populaire Desjardins du Piémont Laurentien est fière de s'associer à la Société Provancher d'histoire naturelle du Canada.

Sélection
Laminard inc.
 Diane Lemay et Pierre Savard, prop.

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

254, rue Racine
 Loretteville (Québec)
 G2B 1E6
 Tél.: (418) 843-6308
 Fax.: (418) 843-8191
 Courriel: selection.laminard@videotron.ca
www.selectionart.com

BLEU MARINE SERVICES ENR.

David Fortin
 Technicien en architecture navale

49, Saint-Jean-Baptiste Est
 Rimouski (Québec) G5L 1Y5
 Téléphone: (418) 730-0090
 Télécopieur: (418) 730-0091
 Cellulaire: (418) 732-5535
bleumarineservices@globetrotter.net



Le peuplier hybride au Québec : une révolution, une évolution !

Jean Ménétrier

Résumé

Le développement de la culture des peupliers ou populiculture au Québec remonte aux années 1970. Des facteurs socio-économiques régionaux et un contexte social en évolution ont fait prendre conscience de la nécessité de nouvelles approches sylvicoles. Le Service de la recherche forestière du ministère des Terres et Forêts d'alors a entrepris un vaste programme d'amélioration génétique des espèces de peuplier, appuyé par un réseau de plantations expérimentales. Un programme de coopération technique franco-québécois de recherche et développement de la populiculture dans la région de l'Est-du-Québec a été un élément moteur de ces travaux. La notion de culture de l'arbre, une révolution, s'est lentement introduite dans les mœurs, au prix d'efforts permanents contre les mentalités. Au fil des ans, la pression concurrentielle des pays producteurs de bois, le besoin croissant de matière ligneuse, la limitation des ressources forestières traditionnelles et les résultats obtenus avec les plantations de peupliers hybrides ont contribué à ancrer la notion de culture d'espèces à croissance rapide, dans notre sylviculture. L'histoire du peuplier hybride au Québec résulte donc d'une évolution technique, scientifique et socio-économique. Elle se poursuit depuis 40 ans et son intégration actuelle par divers acteurs permet de croire à son avenir.

Introduction

La démographie et les besoins matériels de l'humanité sont les causes d'une consommation toujours croissante de produits manufacturés à partir des ressources naturelles de la planète. Depuis des temps immémoriaux, la forêt a reculé devant les défricheurs en quête de terres à cultiver, de pâturages et de bois pour se chauffer, cuire les aliments, se protéger et s'abriter, et plus tard, s'industrialiser. Le bois et les forêts constituent un élément essentiel de l'histoire de nos sociétés. La démographie mondiale et l'accroissement continu des usages marchands et non marchands de nos forêts et une exploitation irresponsable ont fini par nous placer en position de pénurie. Pour maintenir notre activité socio-économique et parer aux carences d'une sylviculture peu ou mal pratiquée, le concept de culture des arbres ou ligniculture s'est peu à peu avéré comme une nouvelle voie de production et une solution d'avenir pour garantir notre approvisionnement en matière ligneuse.

Parmi les espèces dites à croissance rapide qui produisent un fort volume de bois sur une courte rotation, les peupliers (*Populus sp.*) ont très vite fait l'objet d'une grande attention.

La culture des peupliers ou populiculture est à la base de tous les développements associés à une culture des arbres calquée sur l'efficacité des méthodes et des techniques agronomiques. Les lignes qui suivent résument l'histoire de l'introduction et du développement de la populiculture au Québec.

Les peupliers et leur histoire

Contexte historique

L'histoire des peupliers est liée à l'histoire des hommes depuis l'Antiquité et de façon spectaculaire à celle

d'une femme très célèbre. En effet entre 1503 et 1506, le maître Léonard de Vinci a peint la Joconde, le portrait le plus connu au monde, sur un panneau de peuplier. En Europe, l'introduction de peupliers américains deltoïdes (*Populus deltoides*) et baumiers (*Populus balsamifera*) par les explorateurs du Nouveau Monde a permis l'apparition et la culture d'hybrides dès 1750. C'est là l'origine des *Populus x canadensis* dénommés aujourd'hui peupliers euraméricains, issus du croisement de *P. deltoides* avec *P. nigra* (hybrides dits de type DN). Il ne faut donc pas s'étonner d'aller chercher en Europe des modèles de populiculture, car on s'y intéresse depuis longtemps, comme en témoigne l'ouvrage daté de 1767, de M. Pelée de Saint-Maurice *L'art de cultiver les peupliers d'Italie* (figure 1).

Au Québec, jusqu'à la fin du XIX^e siècle, l'industrie forestière s'alimente dans de vastes concessions où l'on ne se soucie guère de la régénération. Le peuplier, principalement le peuplier faux-tremble (*Populus tremuloides*), une espèce indigène présente à travers tout le Canada, reçoit alors très peu d'attention. Ces peuplements naturels de peupliers, le plus souvent âgés et non aménagés, ne présentaient que peu d'intérêt et n'ont pas toujours été bien exploités. Avant 1960, le tremble apparaît comme une espèce de transition de peu de valeur, considérée envahissante dans les parterres de coupe et en compétition avec les résineux. Mais l'exploitation des peuplements de conifères et leur rareté croissante à proximité des usines ainsi que le développement de nouvelles

Jean Ménétrier est ingénieur agronome et chercheur au ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de la recherche forestière.

Courriel : jean.menetrier@mrnf.gouv.qc.ca



Figure 1. Cultiver les peupliers, un art depuis 1767

technologies de transformation ouvrent la porte à une utilisation accrue des peupliers que l'on savait quand même avoir un rendement supérieur sur des révolutions plus courtes.

Contexte forestier

C'est donc depuis les années 1960 que les forestiers québécois s'intéressent plus sérieusement aux peupliers. À ce moment, l'État prend conscience de ses responsabilités en matière de gestion et de renouvellement des ressources, ce qui le conduit, en 1972, à un nouvel « Exposé sur la politique forestière » (Anonyme, 1972). L'objectif global est « d'optimiser l'utilisation de la ressource forestière en vue du développement économique et social » et de satisfaire de nouveaux besoins. Pour l'atteindre, la recherche est considérée comme un outil de premier plan, particulièrement pour le reboisement et l'accroissement de la productivité.

Après l'industrie du sciage et celle des pâtes et papiers, naissent l'industrie des placages et celle des panneaux gaufrés; dès lors, la demande de matière ligneuse ne cesse de croître. Avec ces développements industriels, la consommation annuelle de peuplier, qui était en 1960 d'environ 240 000 m³, augmente très vite pour atteindre 5 357 000 m³ en 2004 (figure 2). La croissance des besoins et les perspectives de développement sont telles, que dès 1970, on envisage des pénuries d'approvisionnement avant l'an 2000.

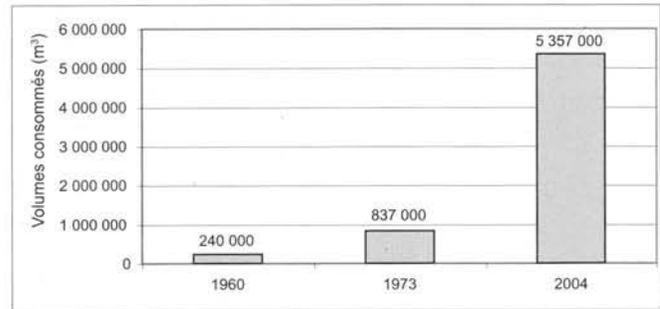


Figure 2. Évolution de la consommation de peuplier faux-tremble au Québec depuis 1960

Contexte social

La Révolution tranquille du début des années 1960 transforme la société québécoise à tous points de vue. En 1963, le Bureau d'aménagement de l'Est-du-Québec (BAEQ) est créé pour élaborer un plan de développement pour la Gaspésie et le Bas-Saint-Laurent afin d'assurer un niveau de vie régional comparable à celui de l'ensemble du Québec. Des fermetures de villages révoltent les populations et à partir de 1970, divers mouvements populaires se lèvent et proposent la prise en charge du développement par les communautés; ce sont les Opérations Dignité. Cette époque voit aussi naître le premier groupement forestier, à Restigouche, dans la baie des Chaleurs en 1971. La Gaspésie et le Bas-Saint-Laurent, où il y a beaucoup d'effervescence sociale, ne seront pas en reste avec la populiculture, entrevue comme un moyen d'y soutenir l'industrie forestière.

Contexte scientifique

À cause de leur fort potentiel de croissance, les peupliers intéressent d'abord les généticiens qui multiplient les échanges de matériel, les importations, les croisements, ce qui permet le développement de divers peupliers hybrides. Aux États-Unis, parmi les travaux des pionniers, mentionnons particulièrement les hybridations de Stout et Schreiner, en 1924, qui aboutirent, en 1929, à la sélection de 58 clones issus de croisements de peupliers noirs ou deltoïdes (section *Aigeiros*) par des peupliers baumiers (section *Tacamahaca*) (Dickmann et Stuart, 1983). Schreiner reprit ces travaux en 1936 à la *Northeastern Forest Experimental Station* qui, dès 1954, distribuait 70 clones aux fermiers américains. Cette collection comprenait déjà des hybrides de *P. nigra* et *P. maximowiczii* (dits de type NM) et des hybrides de *P. maximowiczii* et *P. trichocarpa* (type MT), importés lors des premières introductions d'hybrides au Québec. En 1954, l'*Institute of Paper Chemistry* (Wisconsin) met en œuvre un programme de croisement de trembles et une production d'hybrides triploïdes. D'autres travaux importants sont réalisés par le docteur Scott Pauley et dans plusieurs États (Minnesota, Mississippi, Michigan, Illinois, etc.) (Dickmann et Stuart, 1983).

Au Canada, dès 1903, les fermiers reçoivent, des boutures pour installer des brise-vent et lutter contre l'érosion, ce qui permet de planter 29 millions d'arbres entre 1909

et 1965. Au Manitoba, dans les années 1930, Skinner fait des introductions et des croisements (Dickmann et Stuart, 1983). En Ontario, le professeur Heimburger démarre un programme de croisement en 1935 à la Station expérimentale de Petawawa et poursuit ensuite son travail sur des hybrides de tremble à la station de Maple. Le programme prend de l'importance plus tard, sous la direction de Louis Zsuffa, qui s'intéresse plus aux peupliers euraméricains (*P. x canadensis*, synonyme de *P. x euramericana*) et aux *P. x jackii* puis à des croisements de types DN, DT, DM, NM. Des développements intéressants sont réalisés dans les années 1980, à Brockville, par le *Fast Growing Forests Group* (FGFG), groupe avec lequel le Québec a échangé beaucoup d'idées et de matériel clonal.

Au Québec, le peuplier intéresse d'abord des compagnies comme la Compagnie internationale de papier qui effectue des essais dès 1952 sur sa ferme forestière d'Harrington, puis surtout des chercheurs d'organismes universitaires ou gouvernementaux. Louis Parrot, professeur à l'Université Laval, réalise trois plantations avec des clones des États-Unis, d'Italie, d'Ontario et du Québec. De 1961 à 1966, Martin Hubbes et Raymond d'Astous, chercheurs au Centre forestier des Laurentides, installent à travers le Québec une vingtaine de plantations avec 68 clones, des hybrides de Schreiner, de la *Northeastern Forest Experiment Station*, importés par les docteurs René Pomerleau et Michael Boyer. Des collaborations sont établies avec divers partenaires : particuliers, ministère de l'Agriculture, CIP, Papeterie Bathurst, *Domtar Newsprint Ltd*, le *Mc Donald College* et l'Arboretum Morgan.

La popularité des peupliers comme espèces à croissance rapide commence à grandir avec les besoins croissants de matière ligneuse. Mais devant certains résultats désastreux causés par des maladies comme le chancre dothichizéen ou le chancre bactérien en Europe, il fallait sélectionner des clones rustiques, tester leur résistance aux pathogènes endémiques et mesurer le risque d'échec avant de «... s'engager à l'aveuglette dans des aventures de ce genre à grande échelle et de répéter ces erreurs...» (Hubbes et d'Astous, 1968).

En 1967 naît le Service de la recherche forestière du ministère des Terres et Forêts, dont l'un des mandats est de réaliser des recherches sur le reboisement avec des espèces à croissance rapide (peupliers, mélèzes, pin gris) afin de combler les déficits en matière ligneuse prévus avant l'an 2000 dans certaines régions du Québec.

En 1969, le docteur Gilles Vallée est l'auteur du « Programme général pour l'amélioration génétique des arbres au Québec », programme qui préconise, entre autres, la sélection d'arbres et de peuplements de plus grande qualité, la création de secteurs expérimentaux, de vergers à graines, d'arboretums et l'introduction d'espèces exotiques (Vallée, 1969). Dès 1968-1969, plusieurs projets sont mis en place pour la sélection de clones de PEH, ainsi que des vergers à graines d'épinette blanche (EPB) et de Norvège (EPO), des tests de provenances-descendances, des blocs expérimentaux (populetum de Matane) et une pépinière de service à Duchesnay.

La France a aussi joué un rôle important dans l'implantation de la populiculture au Québec. En effet, dans la foulée de la visite du général de Gaulle au Québec, la coopération technique et culturelle entre le Québec et la France se développe. Dans le cadre technique de cette coopération, le Service de la recherche, la société publique française SICORES et la région du Bas-Saint-Laurent sont les maîtres d'œuvre d'un « Programme de recherche et de développement de la populiculture dans la région de l'Est-du-Québec, comtés de L'Islet à Rimouski ». Une quinzaine de coopérateurs français, ingénieurs ou techniciens, ont ainsi apporté leur expertise à ce programme tout à fait original. Avec l'équipe québécoise, les investissements ont été faits principalement dans le volet de la populiculture intensive, donc sur les aspects culturels et en amélioration génétique (Le groupe de chercheurs sur le peuplier, 1972). Ce programme comportait aussi un volet de populiculture extensive qui a mené à plusieurs études sur les tremblais naturels, en particulier à des travaux sur l'éclaircie et la fertilisation.

C'est donc dans un Québec en totale effervescence qu'un mot nouveau et intrigant apparaît de plus en plus souvent sur les lèvres : la populiculture. Il faudra près de 20 ans de travaux, de discours, de démonstrations et de persuasion pour voir une véritable évolution positive des mentalités en ce qui concerne l'importance des peupliers hybrides dans notre avenir industriel et forestier.

La révolution du peuplier hybride ?

Une productivité inégalée

L'accroissement annuel moyen (AAM) obtenu dans des plantations de peupliers hybrides atteint, en conditions normales moyennes $11,6 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$ (figure 3), ce qui donne 232 à 348 m^3 de bois, par hectare, sur une rotation de 20 à 30 ans.

Par exemple, dans une plantation bien entretenue réalisée dans la seigneurie Nicolas-Rioux (Bas-Saint-Laurent), le volume total obtenu à 15 ans atteint 234 m^3 soit un AAM de $15,6 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$ (figure 4). Dans les meilleurs cas, sur de très bons sites, avec les clones récents les plus performants, on entrevoit la possibilité d'un AAM dépassant 18 à 20 $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$ (Périnet, 1999).

Les peupliers hybrides se classent devant toutes les espèces résineuses plantées au Québec. Sur l'équivalent d'une révolution de 55 ans, on récolte seulement 225 m^3 en plantation d'épinette noire. La comparaison avec les peuplements naturels de peuplier faux-tremble (AAM $\approx 3,3 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$) et d'épinette noire (AAM $\approx 1,8 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$) montre des écarts encore plus grands, puisqu'il faut attendre 60 ans pour récolter un volume total de 198 m^3 de bois avec le tremble et 80 ans pour récolter 144 m^3 avec l'épinette. En résumé, les peupliers hybrides, dans des conditions appropriées, permettent un rendement de 1 à 2,5 fois plus élevé durant une période de temps 3 fois plus courte.

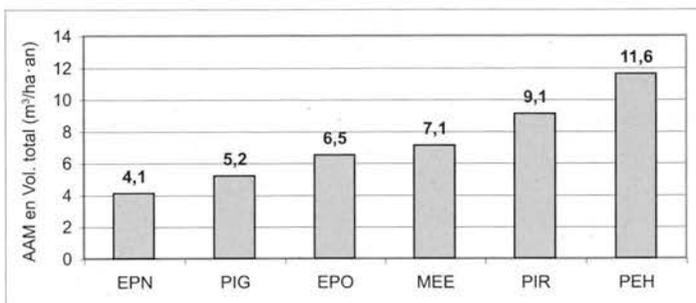


Figure 3. Accroissements annuels moyens (AAM) de diverses essences cultivées en plantation (épinette noire (EPN), pin gris (PIG), épinette de Norvège (EPO), mélèze d'Europe (MEE), pin rouge (PIR), peuplier hybride (PEH)). (IQS moyen, espacement 2 m x 2 m; Bolghari et Bertrand, 1984; Prégent et collab, 1996)

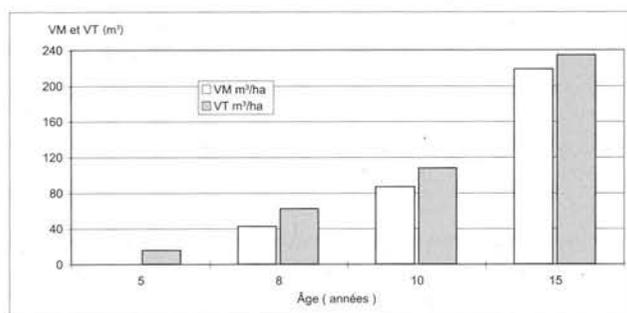


Figure 4. Production totale et marchande (m³·ha⁻¹) à 15 ans, d'une plantation de peupliers hybrides (seigneurie Nicolas-Rioux)

Un matériel miraculeux pour une nouvelle approche culturale et culturelle

Les premiers ouvriers sylvicoles à qui l'on demandait de mettre en terre une bouture de 30 cm de long et de 15 mm de diamètre étaient plutôt sceptiques sur le fait que ce « bâton magique » se transformerait en arbre de 18 m de haut et de 23 cm de diamètre à hauteur de poitrine (DHP), et qu'ils pourraient le couper dans 15 ans. Le volume de cette bouture est alors multiplié par 4 700.

Il s'agit d'une révolution à la fois culturale et culturelle, car ce nouveau concept de culture des arbres, associé aux peupliers hybrides, concept bien étranger aux habitudes et mentalités forestières de l'époque, est une découverte pour les Québécois. Trois définitions du verbe cultiver résument très bien les grands principes de culture des peupliers hybrides, soit 1) travailler la terre, 2) entretenir et 3) avoir une relation suivie. Cette façon de faire, millénaire en agriculture, était inconcevable en foresterie traditionnelle.

Cultiver requiert aussi plus d'investissement matériel, technique et financier. Il faut du matériel adapté, car la machinerie agricole ne convient pas toujours, surtout si l'on s'aventure en conditions forestières. On ne peut pas planter du peuplier et l'oublier. Cela nécessite d'acquiescer et d'appliquer des techniques culturales particulières et doit

s'accompagner d'une prévision d'investissements en temps et par conséquent en argent.

Pour cultiver, il faut également des terres propices aux exigences du peuplier, souvent zonées agricoles. Il faudra plusieurs années pour surmonter ces problèmes territoriaux et pouvoir passer des ententes avec le milieu agricole.

En attendant, des plantations expérimentales sont installées sur des terrains publics défrichés, après coupe totale, essouchement et andainage au peigne, suivi ou non d'un hersage (cas des fermes populicoles de Cabano et d'Estcourt, populets de Matane, Duchesnay, Villeroy). C'est ainsi que de 1972 à 1974, une expérimentation à échelle semi-opérationnelle sur les fermes populicoles de Cabano et d'Estcourt a servi de modèle pour répondre à un plan de développement de l'Est-du-Québec et aux appréhensions liées à l'approvisionnement futur de la cartonnerie de Cabano.

Évolution technique

Cette évolution s'est faite principalement aux étapes de la préparation de terrain, du matériel végétal mis en terre et des modèles de plantations.

La préparation de terrain

Dans un premier temps, le besoin de superficies assez grandes pour établir les coûts réels, la variabilité des résultats des tests clonaux et l'inconnu d'une expérimentation trop nouvelle pour des propriétaires privés nous ont orientés vers des essais sur des terres publiques rarement des plus fertiles. Nous avons dû faire face à des contraintes majeures relativement à la machinerie disponible pour la préparation de terrain. La gamme d'outils traditionnels utilisés pour la régénération des peuplements forestiers résineux ne permettait guère d'autres choix que le peignage, l'andainage au *Rock Rake*, le scalpage à la charrue *V-Plow*, le scarifiage et, dans les meilleurs cas, le hersage très superficiel avec des herses agricoles.

Avec ces approches relativement peu intensives, les effets négatifs liés à la méthode de travail sont apparus (appauvrissement de site par décapage, gradients de fertilité et croissances variables, drainage déficient, difficultés d'entretien, etc.).

Ces essais ont eu l'avantage de nous faire évoluer vers le labour suivi du hersage, la seule préparation de terrain digne de ce nom qui permette une approche véritablement culturale, non seulement pour installer une plantation, mais pour l'entretenir et y assurer le suivi nécessaire, en facilitant la mécanisation et à long terme l'efficacité des activités courantes d'entretien, de fertilisation, d'élagage, et finalement, de récolte.

Le labour-hersage était à la base de la ligniculture du pin maritime en France et faisait partie des méthodes de travail de la populiculture européenne. Nous avons parfois labouré à grand-peine à la charrue agricole classique avant d'importer une charrue forestière Razol de France, pour faire

nos premiers labours forestiers dans les arboretums. Puis la charrue forestière Lazure a été développée en 1985 par une équipe ministérielle, le CRIQ et Équipements hydrauliques Rainville inc. pour intervenir plus spécifiquement dans la conversion de boisés dégradés et de friches arborées.

Après le labour, le hersage est indispensable. Divers types de herses lourdes ont été utilisés pour affiner la couche superficielle de sol. C'est aussi à partir d'un modèle de herse agroforestière française de marque ACMG, à disques effaçables sur l'obstacle, que la herse Crabe a été développée et fabriquée avec des normes et une vision nord-américaines, c'est-à-dire, plus grosse, plus forte, plus solide.

De nombreuses plantations de la Société sylvicole Arthabaska-Drummond et les sites de ligniculture d'espèces résineuses de Dégelis et de Falardeau ont été traités avec succès par labour-hersage. Le hersage lourd est un autre moyen de préparer le sol, mais ce n'est qu'un pseudo-labour.

Nous avons actuellement tendance à pratiquer une « populiculture forestière » sur des sites plus ou moins aptes et avec toutes les difficultés et les conséquences qui s'ensuivent. Mais pour s'assurer d'un bilan sylvicole et financier positif, il ne faut pas oublier les principes fondamentaux et les buts de la préparation de terrain. Toute intervention doit améliorer les conditions initiales, et non pas les détériorer – surtout si le choix du site est déjà marginal – et faciliter toutes les opérations culturales subséquentes.

Le matériel végétal

Pendant des années, nous avons utilisé les boutures, faciles à produire et peu coûteuses, comme matériel végétal mis en terre. La production et l'utilisation de boutures ont permis d'en mettre rapidement des quantités importantes à la disposition des utilisateurs et de répéter les essais et les tests clonaux. Il a fallu installer et apprendre à gérer les quartiers de pieds mères, apprendre quand et comment les tailler dans les rejets et fixer des normes, comment les conserver, quand, à quelle saison, à quelle profondeur et comment les planter et vérifier les interactions avec la reprise et la croissance. C'est ainsi que nous avons inauguré et proposé la plantation en position oblique à 45° (Vallée et Ménétrier, 1979), pour éviter le déchaussement et la rupture des racines, par soulèvement causé par le gel hivernal du sol.

La plantation de boutures est exigeante sur le plan de l'entretien pendant les premières années de croissance. Cet entretien, malheureusement très souvent négligé, favorise la croissance et augmente le taux de survie. Une bonne préparation du site facilite toutes les interventions lors du suivi cultural des plantations. Cette remarque s'applique par exemple au paillage plastique, individuel ou en longueur, un des moyens d'éviter la compétition autour des jeunes arbres.

Devant les difficultés d'entretien des boutures, nous avons préconisé l'utilisation de plançons (fragments de tiges équivalant à de grandes boutures de 1 à 7 m de longueur selon les pays) de 2 ans, d'environ 2 m de haut, qui une fois

enterrés atteignaient une hauteur initiale hors sol de 1,5 m, avec une tête à la lumière. Bien que moins vulnérables à la neige et dans une certaine mesure hors de portée des cervidés, leur taux de survie était un point faible. Des difficultés de mise en terre, une reprise plus lente et la présence fréquente d'un coude, nous ont fait évoluer vers l'utilisation de plants en récipients, puis de plants à racines nues, produits à partir de boutures prélevées sur des plants multiplicateurs. Ces plants, qui donnent de très bons résultats, sont produits et distribués par six pépinières gouvernementales.

Les modèles de plantation

En ce qui concerne les modèles de plantation, à la différence des peupleraies européennes plantées avec des espacements de 6 à 8 m, pour produire de gros arbres, l'espacement au Québec a toujours varié de 2,4 à 4 m, avec une tendance actuelle à 4 m et plus pour les nouveaux clones plus performants. Il convient au rythme de croissance de nos arbres et à nos courtes saisons de végétation, mais ce qui est important aussi, aux dimensions des billes de bois recherchées par le marché. Les plantations mixtes de peuplier avec des résineux ont été encouragées, mais peu souvent réalisées, malgré un regain actuel d'intérêt, car leur gestion est plus complexe. Les modèles de mélanges d'espèces et d'espacement sont nombreux, mais la plupart du temps le peuplier domine rapidement l'espèce compagne, qui devient très vite handicapée, même si c'est une espèce feuillue ou résineuse tolérante à l'ombre. Le grand intérêt de ces plantations réside presque exclusivement dans la possibilité d'une récolte intermédiaire et d'un revenu à plus court terme (Ménétrier, 1981).

Avec l'arrivée des peupliers hybrides, des plantations à d'autres fins sont apparues. Dès la fin des années 1970, on envisageait la production de biomasse en taillis à courte rotation (TCR) pour une conversion énergétique, soit par combustion directe, soit par production de méthanol ou d'éthanol, des idées actuellement reconsidérées dans plusieurs pays. Dans un premier essai de TCR en 1978, avec un clone sensible aux conditions locales, à Estcourt, nous avons récolté à la première coupe à 5 ans, 15 t de matière sèche/ha (Ménétrier, 1978). De 1978 à 1984, la production de biomasse et sa conversion ont fait l'objet de nombreuses études (Lavoie et Vallée, 1980). En complément, on a mis en place des collections de saules, d'aulnes, de mélèzes, de peupliers, etc. dans le cadre d'un projet de sélection de ces espèces et cultivars (Ménétrier et Vallée, 1992). Les collections de saules ont par la suite été transférées au Jardin botanique de Montréal. Diverses collaborations avec le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, l'Institut de technologie agroalimentaire à La Pocatière, le ministère des Transports du Québec ont abouti à la réapparition des brise-vent dans notre paysage agricole (Vézina et collab., 1988) et le long des routes.

Même la valeur alimentaire du peuplier, utilisé depuis longtemps en nutrition animale dans certains pays, a fait

l'objet de recherches (Vallée et Chamberland, 1978). Maintenant, il faudrait y ajouter les approches liées à des besoins spécifiques ou des utilisations qui sont remises au goût du jour comme l'utilisation des peupliers pour la phytoremédiation de sites miniers dégradés, la protection des berges, l'installation de bandes riveraines, l'agroforesterie, le recyclage de boues ou d'effluents agro-industriels, et la phyto-pharmacologie. À ces utilisations, il faut maintenant ajouter la plantation de peupliers hybrides pour la séquestration du dioxyde de carbone, un des gaz à effet de serre (Ménétrier et collab., 2005).

Entretien du sol et fertilisation

Le contrôle de la compétition est primordial, surtout dans la phase d'établissement. Bien que peu recommandables avec les peupliers, les phytocides étaient utilisables avec des équipements antidérive et beaucoup de précautions, mais ils sont interdits sur les terres publiques depuis 2001. Même dans le domaine privé, leur utilisation ne convient pas à la philosophie de tout le monde. L'interdiction des phytocides est un facteur important qui nous a forcés à revoir les approches d'entretien et aussi celles de la préparation de terrain, surtout dans le cas du boisement des friches où il est plus difficile de contrôler le retour de la végétation herbacée et arbustive juste par des interventions mécaniques, d'où l'intérêt dans ce cas de préparer le terrain le mieux possible pour faciliter ces opérations. Le paillage plastique autour du plant est une alternative qui offre des avantages et des inconvénients.

Le peuplier hybride est très exigeant du point de vue de la nutrition. La fertilisation apporte un avantage en cas de déficience ou même de carence minérale, ou tout simplement pour donner un coup de fouet au démarrage d'une plantation. De nombreux essais ont confirmé l'effet de tel ou tel élément, en particulier l'azote et le phosphore. Cependant, il faut éviter la fertilisation sur la totalité du terrain, ce qui profite d'abord à la végétation concurrente. La localisation de l'engrais autour des arbres, dans la zone de proximité des racines, avec un épandeur à système pendulaire est une des solutions (Ménétrier, 1979). De nouvelles approches d'analyse nutritionnelle par établissement d'indices de diagnostic nutritif sont actuellement utilisées dans le cadre d'un programme de recherche du Réseau ligniculture Québec (René et collab., 2006) sur la fertilité des sols et la productivité des plantations de peupliers hybrides. Cette approche répond mieux à la nécessité d'optimiser les apports de fertilisants pour les aspects biologique, environnemental et financier. Avec toute fertilisation, la question suivante se pose : à quel prix payons-nous les mètres cubes supplémentaires produits ?

Évolution scientifique

Amélioration génétique

C'est véritablement grâce aux travaux réalisés par le Service de l'amélioration génétique de la Direction de

la recherche forestière que le PEH a pris son envol. Nous récoltons maintenant les bénéfices de ces travaux, par l'augmentation de productivité des reboisements réalisés avec ces espèces à croissance rapide, un des moyens d'atténuer ou de prévenir les crises d'approvisionnement. Dès 1968, le programme de sélection de clones privilégie quatre approches, soit 1) la sélection d'arbres « plus » dans les peuplements naturels indigènes, 2) la sélection de semis par récolte de graines issues de pollinisation libre, 3) la sélection sur semis issus d'hybridations artificielles intra et interspécifiques et 4) l'introduction de clones sélectionnés. Les tests clonaux en plantations comparatives, les plantations de collection, les tests multistationnels sont multipliés dans différentes régions écologiques à travers le Québec.

Les premiers critères de sélection pour ces introductions et les croisements artificiels sont la recherche de la rusticité, de la performance et de l'immunité contre les parasites, les insectes ou les maladies.

Des critères liés à la forme et à l'architecture de l'arbre, au nombre et à la grosseur des branches, etc., s'y ajoutent. Actuellement, la sélection clonale prend en considération la densité et les propriétés mécaniques du bois des arbres sélectionnés en y intégrant de plus en plus la performance en fonction du site.



Jeune plantation de PEH âgée de 4 ans, bien entretenue, à Lavaltrie (Lanaudière)

Très vite les travaux prennent de l'ampleur. De 1968 à 1973, 638 peupliers étaient sélectionnés, 211 clones introduits, un quart de pieds mères de 700 clones était installé à la pépinière de Duchesnay. Quarante-cinq lots de graines récoltées à travers toute la vallée du Saint-Laurent produisaient plus de 50 000 plants qui furent testés.

Dès 1976, neuf premiers clones, issus de croisements de type BD (*P. x jackii*), DN (*P. x canadensis*), BN (*P. x berolinensis*), NT (*P. nigra x P. trichocarpa cv roxbury*), DT (*P. angulata x P. trichocarpa*), BT (*P. balsamifera x P. trichocarpa*), étaient recommandés.

De 1969 à 2005, plus de 310 dispositifs expérimentaux ont été installés, plus dans le centre et le sud du Québec au début, puis dans le Bas-Saint-Laurent et la Gaspésie et

enfin au Lac-Saint-Jean, en Abitibi-Témiscamingue. Ces tests permettent, entre autres, de sélectionner les clones les mieux adaptés à chaque région écologique avant de les recommander.

En 2006, après des dizaines de milliers d'individus testés et une sélection de 5 000 peupliers clonés, nous disposons actuellement de 44 clones recommandés, à raison de 5 à 15 clones par région (Périnet, 1999). Ces clones sont issus d'une dizaine de types de croisements et sont des hybrides de peupliers deltoïdes (types DB, DN, DM, DN x M), de peupliers baumiers américains (types TD, BM) et de peupliers baumiers japonais (types MB, MT, M x DT, NM). Il faut noter l'effort particulier de sélection pour la résistance au chancre septorien (*Septoria musiva*) pour tous les clones recommandés dans le sud du Québec.

Génomique

La génomique a pour objet de dresser le catalogue de tous les gènes et protéines d'un organisme et de comprendre leurs rôles dans l'expression de ses caractéristiques propres.

Cette connaissance, qui ouvre de nouveaux champs d'applications biotechnologiques, facilitera les travaux de la génétique traditionnelle pour la sélection des caractères et des performances recherchés.

Le génome du peuplier est le premier génome d'arbre décrypté. En 2004, un consortium international de chercheurs a réussi à décrypter les 480 millions de séquences des 46 000 gènes du peuplier baumier de l'Ouest américain (*P. trichocarpa*) et à leur attribuer des fonctions précises (Tuksan et collab., 2006). La génomique fonctionnelle est pleine de promesses, avec l'utilisation des marqueurs moléculaires pour le diagnostic d'agents pathogènes, l'identification de gènes responsables et comme outil de sélection plus rapide qu'avec les méthodes traditionnelles d'amélioration génétique. Elle débouche aussi sur les modifications génétiques, les organismes modifiés génétiquement (OGM) et le développement et la diffusion d'arbres modifiés génétiquement (AGM). C'est une approche qui suscite encore beaucoup d'interrogations éthiques et environnementales, mais qui ne semble pas poser de problèmes dans certains pays (États-Unis, Chine) qui soutiennent des activités majeures dans ce domaine. Dès 2002, la Chine aurait déjà planté plus de 1,4 million de peupliers modifiés génétiquement. Au Québec, des essais d'arbres AGM sont actuellement effectués par le Service canadien des forêts.

Évolution socio-économique

Utilisations et technologie

À l'instar de la consommation mondiale de bois, les volumes de peuplier transformés au Québec par l'industrie forestière n'ont cessé d'augmenter pour atteindre 5,4 millions de mètres cubes en 2004 (figure 2). Depuis une cinquantaine d'années, l'évolution des technologies industrielles permet la mise en marché de nouveaux produits qui améliorent les qualités intrinsèques du bois. Le marché des matériaux composites explose (contreplaqués, panneaux de

fibres, panneaux gaufrés, panneaux OSB à lamelles orientées, poutres laminées LVL, solives ajourées, etc.). Il y avait 24 usines de placages, contreplaqués et panneaux agglomérés, au Québec en 2004 (MRNF, 2005).

La distribution des volumes de peuplier consommés au Québec en 2004 (figure 5) nous interpelle directement quant aux choix et à l'importance de modèles populicoles à développer pour répondre à l'évolution de cette demande industrielle.

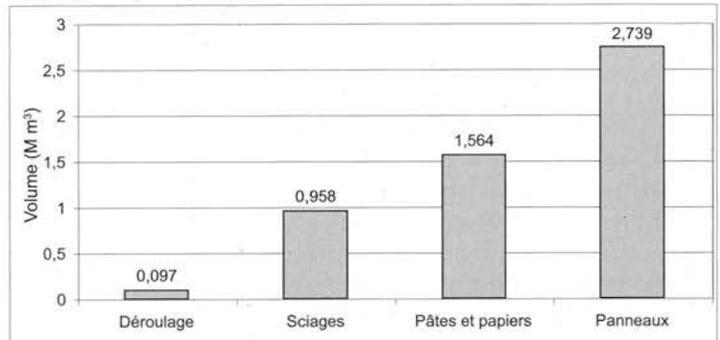


Figure 5. Distribution des volumes de peuplier transformés au Québec en 2004 en fonction des usages

L'importance des plantations

Dans le futur, une partie de ces volumes proviendra des plantations de peupliers hybrides qui sont réalisées chaque année dans presque toutes les régions où l'on a envoyé, en 2006 seulement, un peu plus de 1,5 million de plants, pour une production potentielle de 320 000 m³ dans 20 ans. Un meilleur contrôle des facteurs de production et des produits, les bénéfices de l'amélioration génétique, plus tous les bénéfices de la localisation à proximité des usines, sont les grands avantages des plantations.

Les plantations sont l'un des moyens d'assouvir nos besoins croissants de bois et d'atteindre les objectifs d'une politique forestière de rendement accru, une préoccupation qui rejoint cette déclaration du ministre Jean Lesage, en 1954, « L'ingénieur forestier se trouve aujourd'hui devant un problème très difficile, dont la solution est indispensable à la prospérité et au bien-être futur de la nation. Il s'agit de savoir comment obtenir de la forêt un rendement élevé et soutenu ».

Bilan et avenir

Nous disposons donc au Québec de moyens et de connaissances importantes pour continuer à développer la populiculture. Diverses organisations s'y attachent, dont le Réseau ligniculture Québec, qui s'est donné pour mission de coordonner et de dynamiser les efforts québécois dans le domaine de la R&D et du transfert technologique en ligniculture. Il favorise la synergie et le partenariat entre universités, industriels, gouvernements, propriétaires de boisés et sylviculteurs.

La recherche doit se poursuivre dans les domaines majeurs de la typologie des stations, de la génétique et du ren-

dement, des insectes et des maladies et des qualités technologiques du bois en fonction des utilisations. Avec les clones actuels très performants, établir la typologie des stations devient maintenant indispensable, car le choix des stations conditionne sérieusement la productivité. On pourra toujours trouver un clone, manipulé ou non, adapté à chaque station, mais une station de qualité sera toujours un atout immédiatement rentable avec n'importe quel clone. Par contre, l'hybride miracle sera toujours limité par une faible fertilité du site. Si l'on arrive quand même à boiser des sites ne présentant pas la fertilité optimale, le manque ou l'excès d'eau par contre sera toujours un facteur beaucoup plus limitant.

En cas de déficiences, la fertilisation minérale peut aider, mais il faut la voir plus comme un correctif qu'une recette magique qui compensera les carences du site. Une autre voie, soit celle des amendements à partir de rejets industriels, urbains ou agricoles, permet le recyclage des boues de papeteries ou d'usines d'épuration, des lisiers, etc. Mais la valeur fertilisante de ces produits est souvent faible et ils contiennent souvent des éléments indésirables, des métaux lourds en particulier.

Pour la machinerie, on peut certes se contenter de vieux outils locaux pour développer nos techniques culturales, mais il y a des besoins en machinerie et très peu d'investissements industriels en achats et développement de matériel. La signature de contrats coopératifs entre entrepreneurs et clients permettrait d'envisager plus d'investissements dans ce domaine. Après des années d'utilisation de la herse Crabe, qui a quand même prouvé son efficacité, on n'en compte que deux exemplaires au Québec, peu mobiles de surcroît. Heureusement, il y a moyen de trouver des outils adaptables à nos besoins de préparation du terrain et à son entretien. Des efforts pour acquérir ou développer du matériel d'aménagement sont plus que souhaitables.

En amélioration génétique, de nouvelles évaluations de clones sont en cours pour les régions du Lac-Saint-Jean et du Bas-Saint-Laurent et pour la résistance au *Septoria*, plus agressif dans centre et le sud du Québec, mais qui pourrait augmenter sa virulence dans les autres régions. De plus en plus, la sélection est beaucoup plus pointue, en fonction des sols et du climat, des agents nuisibles et des qualités technologiques du bois.

Conclusion

Avec ou sans génomique, le peuplier hybride deviendra-t-il à l'avenir une espèce miracle, une usine à bois ou à métabolites au service des humains et de la planète?

Que nous réservent les changements climatiques? Quels seront les impacts des gaz à effet de serre? Le bois viendra-t-il d'Asie ou d'Amérique du Sud? C'est là un questionnement social, politique, économique d'actualité! La seule grande certitude, c'est que nous aurons toujours besoin de bois et que nous devrons le produire dans un cadre de gestion durable, respectant de nouvelles approches sociétales et forestières, préfigurées dès 1969, par G. Vallée, « On imposera

à certains terrains forestiers, probablement les plus fertiles et à proximité des lieux d'utilisation, un régime de sylviculture intensive [...] ce qui permettra de concentrer la production sur certaines superficies libérant ainsi des forêts pour d'autres fins [...] » (Le groupe de chercheurs sur le peuplier sous la direction de G. Vallée, 1972).

Nous avons maintenant au Québec, le grand avantage de disposer, autant pour les peupliers hybrides que pour les résineux, d'un matériel génétique de qualité très performant qui permettra de vivre l'avenir positivement, avec les succès d'une ligniculture québécoise. Celle-ci sera tributaire d'une saine et franche collaboration entre tous les acteurs du milieu. Il faut intégrer la forêt privée, les organismes et les acteurs régionaux au développement de la ligniculture et passer à la pratique avec plus de projets opérationnels à l'exemple des compagnies qui ont entamé une démarche populicole. Il faut aussi y associer le public qui ne tolère plus n'importe quel genre de développement.

Le peuplier hybride a enfin pris son envol. Nous sommes équipés pour faire face à une concurrence mondiale implacable et à des besoins croissants de bois puisque la relève est en place. À l'action, car « Parler ne fait pas cuire le riz » (proverbe chinois)!



Peuplier hybride de 25 ans à Saint-Ours (Bas-Richelieu)

Remerciements

Les progrès réalisés en populiculture sont le fruit du labeur de tous ceux et celles, de France ou du Québec, qui y ont fièrement contribué dans le passé. Notre gratitude va aux pionniers de cette belle aventure franco-québécoise (J.C. Bastien, M. Bastide, J. Bedos, J. Chardenon, D. Cornu, J. de Maistre, J.N. Girard, J. Healters, R. Joennoz, N. Le Goff, J. Ménétrier, A. Musnier, H. Roche, J. Thomas et F. Caron, C. Chouinard, H. Gagnon, G. Lapointe, S. Morin, J.P. Nadeau, L. Pinet, G. Sheedy, A. Stipanovic, G. Vallée J.L. Blouin, R. Doucet, C. Labarre, M. Ménard, Y. Richard, J.M. Veilleux) auxquels nous adressons nos plus sincères remerciements.

Merci aussi aux anciens et aux nouveaux de la Direction de la recherche forestière – A. Bouffard, G. Bussièrès, F. Caron, G. Dubois, N. Durand, A. Fauchon, D. Ferland, D. Lamontagne, M. Morin, M.J. Mottet, M.A. Nadeau,

P. Périnet, M. Potvin, R. Vézina – pour leurs travaux en forêt, en plantation, dans les arboretums, à la pépinière, dans les serres, au bureau ou au laboratoire.

Nous ne pouvons passer sous silence le rôle et la collaboration du personnel des Directions des pépinières gouvernementales, du Service des relevés et diagnostics, et le soutien indispensable des Directions régionales des forêts du Ministère qui ont su anticiper l'opportunité de ces recherches. Nous sommes redevables aux nombreuses personnes et organismes impliqués dans l'histoire passée et le futur de la populiculture au Québec. Merci enfin à M. Crête, P. Périnet, V. Roy et à S. Bourassa pour leurs suggestions et la mise en page de ce texte. ◀

Références

- ANONYME, 1972. Exposé sur la politique forestière. Ministère des Terres et Forêts, Québec.
- BOLGHARI, H.A. et V. BERTRAND, 1984. Tables préliminaires de production des principales essences résineuses plantées dans la partie centrale du sud du Québec. Service de la recherche, Mémoire n° 79, ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec, 392 p.
- DICKMANN, D.I. et K.W. STUART, 1983. The culture of poplars in Eastern North America. Department of Forestry, Michigan State University, 168 p.
- HUBBES, M. et R. D'ASTOUS, 1968. Essais de rusticité et d'immunité des peupliers hybrides dans le Québec. Rapport interne Q8, Laboratoire de recherches forestières, Région de Québec, Ministère des Forêts et du Développement Rural, Canada.
- LAVOIE, G. et G. VALLÉE, 1980. Inventory of species and cultivars potentially valuable for forest biomass production. International Energy Agency, Programme of Research, Development and Demonstration on Forestry Energy, NE 1981: 178.
- LE GROUPE DE CHERCHEURS SUR LE PEUPLIER sous la direction de G. Vallée, 1972. Recherche et développement sur le peuplier dans la région de l'Est-du-Québec. I - Présentation des projets. Ministère des Terres et Forêts, Service de la Recherche, Mémoire n° 8, xvii + 113 p.
- MÉNÉTRIER, J., 1978. Recherche et développement sur le peuplier dans la région de l'Est-du-Québec. XI - Production de matière ligneuse en plantation dense. Ministère des Terres et Forêts, Direction générale des forêts, Mémoire de recherche forestière n° 44, 35 p.
- MÉNÉTRIER, J., 1979. Recherche et développement sur le peuplier dans la région de l'Est-du-Québec. XV - Effets de divers modes, doses, formes et dates d'épandage de fertilisants sur des plantations de boutures. Ministère des Terres et Forêts du Québec, Service de la recherche, Mémoire de recherche forestière n° 50, 58 p.
- MÉNÉTRIER, J., 1981. Le potentiel de la populiculture intensive. Dans: Comptes rendus de la 3^e réunion annuelle du Conseil du peuplier du Canada, 20-21-22 octobre 1981, Sainte-Foy, Québec, 65-91.
- MÉNÉTRIER, J. et G. VALLÉE, 1992. Sélection d'espèces et de cultivars pour la production de biomasse. Dans: Rapport d'activités 1991 du Service de l'amélioration des arbres, Rapport interne n° 348, Gouvernement du Québec, Ministère des Forêts, Direction de la recherche, 95 p.
- MÉNÉTRIER, J., M. PERRON, G. DAoust et G. SIROIS, 2005. Le boisement de friches. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune et Ressources naturelles Canada, Notice d'information, 24 p.
- MINISTÈRE DES RESSOURCES NATURELLES ET DE LA FAUNE (MRNF), 2005. Ressources et industries forestières, portrait statistique 2005. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction du développement de l'industrie des produits forestiers.
- PÉRINET, P., 1999. L'amélioration génétique du peuplier 30 ans plus tard. Actes du colloque « L'amélioration génétique en foresterie, où en sommes-nous? », Rivière-du-Loup, 28 au 30 sept. 1999, Ministère des Ressources naturelles du Québec, Service canadien des forêts et Conseil de la recherche forestière du Québec, p 107-115.
- PRÉGENT, G., V. BERTRAND et L. CHARRETTE, 1996. Tables préliminaires de rendement pour les plantations d'épinette noire au Québec, Mémoire de recherche forestière n° 118, Service de l'amélioration des arbres, Ministère des Ressources naturelles, Québec, 70 p.
- POTHIÉ, D. et F. SAVARD, 1998. Actualisation des tables de production pour les principales espèces forestières du Québec. Ministère des Ressources naturelles, Québec, 183 p.
- RENÉ, W., C. CAMIRÉ, B. BURGESS et J. FYLES, 2006. Comparaison des normes DRIS (Diagnosis and recommandation Integrated System) et CND (Compositional Nutritional Diagnosis) pour des clones de peupliers hybrides plantés dans le sud du Québec. Affiche présentée au 20^e Congrès de l'Association québécoise des spécialistes en sciences du sol, juin 2006, Montréal.
- TUKSAN et collab., 2006. The genome of black cottonwood, *Populus trichocarpa* (Torr. & Gray). Science, 313: 1596-1604.
- VALLÉE, G., 1969. Programme général pour l'amélioration des arbres forestiers au Québec. Direction générale de la planification, Ministère des Terres et Forêts, Québec, 59 p.
- VALLÉE, G., 1979. Le concept des mini-rotations et le potentiel des peupliers hybrides. Congrès « La forêt, source d'énergie » de l'Ordre des ingénieurs forestiers du Québec. Service de la recherche, Ministère des Terres et Forêts, 34 p.
- VALLÉE, G. et E. CHAMBERLAND, 1978. Recherche et développement sur le peuplier dans la région de l'Est-du-Québec. XIII - Potentiel de production fourragère et valeur alimentaire de sept clones. Ministère des Terres et Forêts, Direction générale des forêts, Mémoire n° 48, 27 p. (épuisé).
- VALLÉE, G. et J. MÉNÉTRIER, 1979. La populiculture. Direction des communications, Ministère de l'Énergie et des Ressources, Série Informa-Forêt. 8 p.
- VÉZINA, A., C. DESMARAIS et L. DESBIENS, 1988. L'utilisation des brise-vent en agriculture. Journées agricoles du MAPAQ., Région des Bois-Francs, 11 février 1988, p 33-43.

LES PARCS NATIONAUX DU QUÉBEC



Parc national du Bic – Jean-Sébastien Perron

Conserver. Protéger. Découvrir.

Pour mieux connaître, protéger et faire découvrir nos parcs nationaux, Parcs Québec pose des gestes concrets :

- mise en place d'expositions permanentes et de centres d'interprétation
- offre de plus de 500 activités de découverte et d'un programme scolaire réseau
- implantation d'un programme de suivi de l'intégrité écologique (PSIE)
- élaboration d'une stratégie de recherche d'acquisition de connaissances et de conservation
- gestion quotidienne des territoires selon une approche écologique (transport collectif, énergie solaire, rationalisation de l'eau potable, etc.)
- création de tables d'harmonisation régionales

NOUS AVONS TOUS NOTRE RÔLE À JOUER DANS LA CONSERVATION DE CES AIRES PROTÉGÉES.
PRÉSERVONS ENSEMBLE NOTRE PLUS BEAU PATRIMOINE NATUREL !

Toxines de cyanobactéries dans les perchaudes : Analyse exploratoire dans quatre lacs du bassin de la rivière Yamaska

Charles P. Deblois, Alain Mochon et Philippe Juneau

Résumé

Une étude exploratoire menée sur des perchaudes (*Perca flavescens*) a été réalisée dans quatre plans d'eau du bassin de la rivière Yamaska touchés par des proliférations d'algues bleues en 2006. Au moment d'amorcer la saison de la pêche blanche, la question du risque d'intoxication par la consommation du poisson était fréquemment soulevée par les utilisateurs. L'objectif était donc de mesurer les concentrations de microcystines dans le foie et la chair des perchaudes. Un prélèvement ponctuel de cinq perchaudes par plan d'eau a été effectué à la fin de novembre 2006. Dans les chairs, les concentrations de microcystines mesurées se sont avérées inférieures à la limite de détection de la méthode ($0,5 \text{ ng} \cdot \text{g de tissu}^{-1}$) pour les quatre plans d'eau étudiés. Dans les foies, les concentrations variaient substantiellement d'un lac à l'autre, avec des teneurs moyennes de $0,72$ à $17,81 \text{ ng} \cdot \text{g de tissu}^{-1}$. Ces résultats montrent qu'au moment où les perchaudes ont été prélevées, les concentrations de microcystines dans les muscles ne représentaient pas de risque à la consommation, mais certains foies auraient dépassé le niveau acceptable.

Introduction

Les cyanobactéries, communément appelées algues bleues (ou algues bleu-vert, traduction de l'anglais *blue-green algae*), sont des micro-organismes capables de faire la photosynthèse. Cette caractéristique n'est pas commune chez les bactéries, voire très rare, et c'est pourquoi les cyanobactéries sont souvent confondues avec les algues. Présentes universellement dans les écosystèmes aquatiques, les cyanobactéries se répartissent en 150 genres, regroupant environ 2000 espèces différentes. Depuis quelques années, les cyanobactéries engendrent un intérêt grandissant à cause de leur prolifération, dénommée « fleur d'eau », dans certains lacs du Québec. Ces épisodes de croissance excessive proviennent de la détérioration des milieux aquatiques, principalement liée aux activités humaines comme l'agriculture et le mauvais aménagement des milieux riverains (Codd, 2000). Il en résulte un accroissement des quantités de phosphore et d'azote dans l'eau, en plus de l'ajout de pesticides. Ces activités peuvent donc perturber l'équilibre des communautés phytoplanctoniques et favoriser des espèces opportunistes comme les cyanobactéries. Dans ces conditions favorables, les cyanobactéries peuvent se développer rapidement pour former alors une « fleur d'eau », qui n'a d'esthétique que son nom (figure 1)! Les eaux verdâtres qui en résultent constituent d'ailleurs la manifestation visible de ce phénomène.

Il est maintenant reconnu que certaines cyanobactéries, comme celles des genres *Microcystis* et *Anabaena*, peuvent produire des substances toxiques appelées cyanotoxines. Il en existe plusieurs types dont certaines se trouvent principalement en milieu marin et d'autres en eau douce. Parmi les cyanotoxines d'eau douce, le cas le plus étudié et

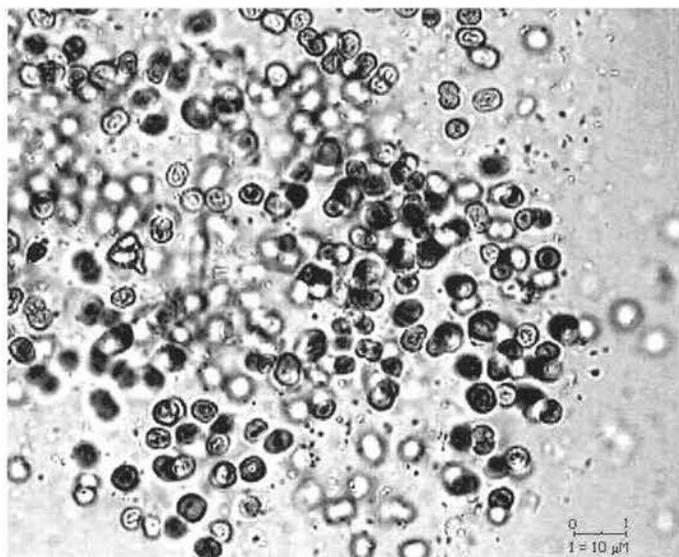


Figure 1. Colonie de *Microcystis aeruginosa*, une cyanobactérie dont certaines souches peuvent synthétiser des microcystines.

Charles P. Deblois est candidat au doctorat en biologie à l'Université du Québec à Montréal (UQÀM), sous la supervision du professeur Philippe Juneau
charlespdeblois@yahoo.com

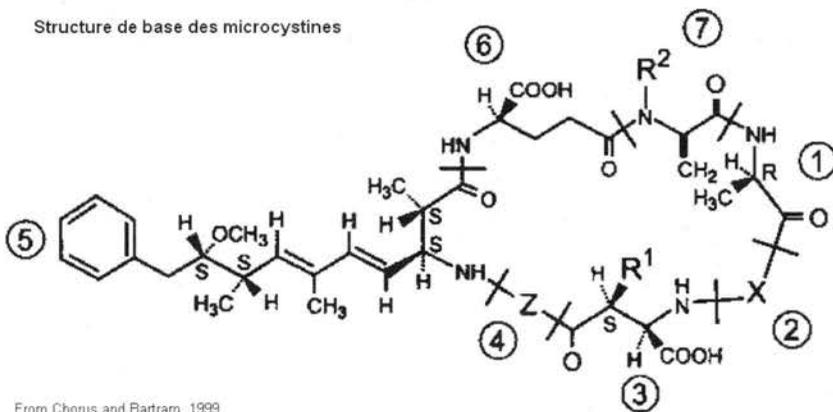
Alain Mochon est biologiste, responsable du service de la conservation et de l'éducation au parc national de la Yamaska
mochon.alain@sepaq.com

Philippe Juneau est titulaire de la Chaire de recherche du Canada en écotoxicologie des microorganismes aquatiques et professeur au Département des sciences biologiques – Centre Toxen de l'Université du Québec à Montréal
juneau.philippe@uqam.ca

le plus problématique est celui des microcystines (figure 2) dont la cible biologique est le foie, d'où son nom d'hépatotoxine (Kardinaal et Visser, 2005). Lorsque ces toxines sont présentes en grande quantité dans les algues et l'eau des lacs, elles peuvent être ingérées par les poissons qui s'alimentent de micro-organismes comme les cyanobactéries. De plus, des études ont montré que les microcystines peuvent s'accumuler dans divers organismes (zooplancton, moules, escargots, poissons) au sein de la chaîne trophique (Deblois 2005, Magalhães et collab., 2001; Xie et collab., 2005). Bien que dans certaines régions du monde les microcystines aient

concerne la consommation indirecte de cette toxine par la consommation de poissons ou de moules contaminés, l'OMS a établi une dose journalière tolérable (DJT), c'est-à-dire une quantité de toxine qu'un adulte peut ingérer quotidiennement sans risque pour la santé. La DJT est de $2400 \text{ ng} \cdot \text{jour}^{-1}$ pour un adulte de 60 kg (Chorus et Bartram, 1999). Cette valeur peut aussi être convertie en une concentration maximale que la chair d'un poisson ne doit pas dépasser pour être consommée sans risque. Cette concentration suppose qu'un adulte de 60 kg consomme quotidiennement en moyenne une portion de 300 g de poisson. Basée sur ces valeurs, la dose maximale qu'un poisson peut contenir, sans comporter de risque pour la consommation, est de $8 \text{ ng} \cdot \text{g}$ de tissu⁻¹.

Structure de base des microcystines



From Chorus and Bartram, 1999

Figure 2. Structure moléculaire des microcystines. Les acides aminés aux positions 2 (X) et 4 (Z) peuvent varier pour ainsi engendrer plus de 80 différentes variantes de la toxine.

été associées à la mortalité de bétail et au Québec à celle de chiens, aucune mortalité n'a été observée chez les poissons contaminés. Par contre, de grandes quantités de poissons peuvent mourir du manque d'oxygène dans l'eau, un phénomène caractéristique lors de la sénescence des fleurs d'eau de cyanobactéries. Chez l'humain, les microcystines sont connues pour causer des dommages au foie tels que des hémorragies et des hépatites, et si elles sont consommées quotidiennement, elles peuvent augmenter les risques de cancer (Chorus et Bartram, 1999). Les microcystines peuvent aussi irriter la peau et provoquer des nausées et des vomissements. Mais attention, il ne faut pas trop s'alarmer : les risques pour la santé humaine demeurent très faibles, car nous ne consommons pas directement les cyanobactéries ni l'eau des lacs contaminés ; le plus souvent, c'est par la baignade que nous sommes exposés aux microcystines. Une autre voie de contamination possible est la consommation des microcystines accumulées dans la chair des poissons. D'ailleurs, selon Santé Canada (2004), la consommation de poissons pêchés dans des plans d'eau où les floraisons sont abondantes doit être faite avec prudence, en évitant de consommer les viscères du poisson où les teneurs en toxines sont les plus élevées.

L'Organisation mondiale de la santé (OMS) a établi des recommandations quant à la concentration de microcystines dans l'eau. Pour la consommation de l'eau, cette norme a été établie à 1000 ng de microcystines par litre. En ce qui

Problématique

Plusieurs lacs et cours d'eau du Québec méridional ont été touchés par des proliférations de cyanobactéries durant l'été et l'automne de 2006. Considérant que ces floraisons de cyanobactéries présentent un risque pour la santé des utilisateurs, des avis de santé publique ont été émis afin de restreindre les usages des plans d'eau affectés. Ces avis de santé publique ont été maintenus tout l'automne pour bien des lacs. C'est le cas des sept plans d'eau situés dans le haut bassin versant de la rivière Yamaska.

Or, la pratique de la pêche blanche constitue une activité populaire sur les lacs gelés du bassin de la Yamaska : près de 37 000 perchaudes (*Perca flavescens*) ont été pêchées durant la saison hivernale 2006, pour le seul réservoir Choinière, situé dans le parc national de la Yamaska (figure 3). Au moment d'amorcer la saison de pêche hivernale de 2007, la consommation du poisson suscitait une certaine inquiétude chez les utilisateurs de ces plans d'eau. C'est dans ce contexte que cette étude exploratoire a été entreprise. L'objectif était de vérifier et



Figure 3. Au réservoir Choinière, parc national de la Yamaska, près de 37 000 perchaudes ont été prélevées durant la saison hivernale 2006.

de quantifier la présence de microcystines dans le foie et la chair des perchaudes ayant été exposées aux floraisons de cyanobactéries dans les lacs Boivin (Granby), Roxton (Roxton Pond) et Waterloo (Waterloo), ainsi que dans le réservoir Choinière (figure 4).



Figure 4. Plans d'eau échantillonnés dans le haut bassin versant de la rivière Yamaska (carte adaptée de Delisle et collab., 1998)

Méthodologie

Le prélèvement à la ligne de 20 perchaudes (5 spécimens par plan d'eau) a été effectué entre le 26 et le 30 novembre 2006. Les prises mesuraient entre 16 et 20 cm et pesaient entre 65 et 75 g. Au laboratoire, les spécimens ont été disséqués afin d'en prélever le foie et une portion de muscle. Après le broyage des tissus (foie et chair), une extraction séquentielle au méthanol a été effectuée. Les teneurs en microcystines ont été mesurées par analyse de type ELISA (Enzyme Linked Immunosorbant Assay) (Soares et collab., 2004). L'ELISA est basée sur la reconnaissance spécifique par anticorps des différentes formes de microcystines rencontrées dans l'environnement. Les résultats ainsi obtenus ont été comparés à la DJT de $8 \text{ ng} \cdot \text{g}$ de tissu⁻¹ de l'OMS.

Résultats et discussion

La chair des perchaudes

Les concentrations de microcystines mesurées dans la chair des perchaudes se sont avérées être sous la limite de détection (LD) de la méthode, soit $0,5 \text{ ng} \cdot \text{g}$ de tissu⁻¹, dans les quatre plans d'eau étudiés (figure 5). Étant plus de 16 fois sous la dose journalière tolérable (DJT) de $8 \text{ ng} \cdot \text{g}$ de tissu⁻¹, ces résultats montrent que les échantillons de chair analysés ne représentaient aucun risque à la consommation.

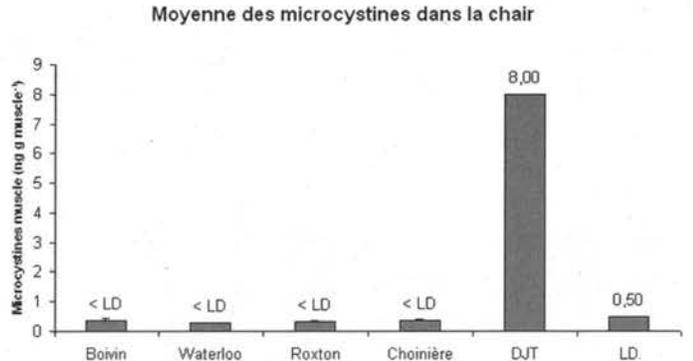


Figure 5. Concentrations moyennes des microcystines dans la chair des perchaudes par site d'échantillonnage, exprimées en $\text{ng} \cdot \text{g}$ de tissu⁻¹. À titre de comparaison, la limite de détection (LD = $0,5 \text{ ng} \cdot \text{g}$ de tissu⁻¹) de l'essai ELISA et la dose journalière tolérable (DJT = $8 \text{ ng} \cdot \text{g}$ de tissu⁻¹) établie par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) sont aussi présentées.

Le foie des perchaudes.

Contrairement aux muscles, les foies des perchaudes contenaient des concentrations de microcystines détectables (figure 6). En effet, les teneurs moyennes en $\text{ng} \cdot \text{g}$ de foie⁻¹ étaient de 0,72 dans le lac Boivin, de 3,47 dans le lac Waterloo et de 9,19 dans le réservoir Choinière. De plus, deux spécimens du lac Roxton ont révélé des concentrations élevées de 159 et de 276 $\text{ng} \cdot \text{g}$ de foie⁻¹. La teneur moyenne obtenue dans le foie des autres perchaudes du lac Roxton

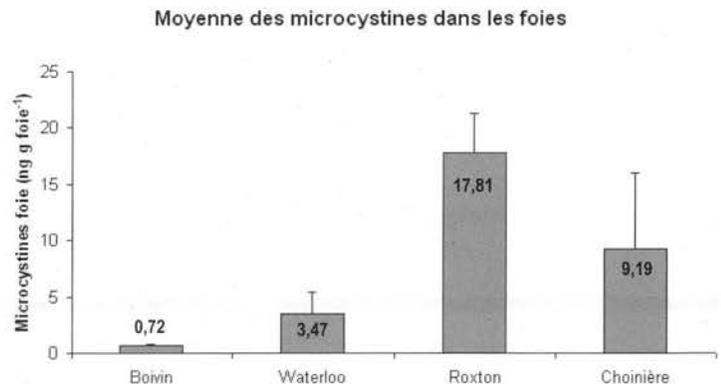


Figure 6. Concentrations moyennes des microcystines dans le foie des perchaudes par site d'échantillonnage, exprimées en $\text{ng} \cdot \text{g}$ de tissu⁻¹. La teneur moyenne de microcystines pour le lac Roxton exclut les deux valeurs extrêmes obtenues.

était de 17,81 ng · g de foie⁻¹. Les données morphologiques des poissons tels le poids et la taille n'étaient pas corrélés avec les concentrations de microcystines mesurées. Les foies de deux des poissons du réservoir Choinière et tous les foies des poissons du lac Roxton contenaient des teneurs dépassant la DJT de L'OMS. Avec les données disponibles, les variations des concentrations de microcystines dans les foies ne peuvent pas être facilement expliquées. D'abord, le faible nombre de spécimens analysés (5 par lac), l'échantillonnage unique et l'absence de données sur la toxicité et l'historique de la prolifération des cyanobactéries dans ces lacs limitent la portée de cette étude exploratoire. De plus, il est connu que certains facteurs comme la santé des poissons, leur plus ou moins grande capacité à sélectionner les algues qu'ils consomment, et leur capacité de détoxification peuvent influencer les teneurs de microcystines dans leur chair; mais ces informations n'ont pas été mesurées. Toutefois, les présentes données constituent de précieuses valeurs de référence pour de futures études sur la présence et l'accumulation de microcystines dans les poissons des écosystèmes aquatiques du Québec affectés par les cyanobactéries.

Conclusion

La chair des perchaudes analysées ne contenait pas de microcystines détectables (< 16 fois la DJT) dans les quatre plans d'eau étudiés. Ces poissons, au moment où ils ont été pêchés, ne représentaient donc pas de risque à la consommation humaine. De plus, l'absence de cyanotoxines dans l'alimentation des poissons durant l'hiver et leur capacité à éliminer celles déjà accumulées permet d'avancer que la situation a pu s'améliorer davantage après le mois de novembre. Par contre, les analyses effectuées sur le foie des perchaudes montraient quant à elles des concentrations relativement élevées, excédant parfois largement la dose journalière recommandée par l'OMS. Ces faits corroborent les orientations de Santé Canada qui recommande d'éviter la consommation des viscères. Ces résultats montrent que l'accumulation des microcystines dans les poissons est possible même dans les lacs du Québec où la période estivale est de courte durée.

Une retombée positive anticipée de cette étude exploratoire est la mise en œuvre, au parc national de la Yamaska, d'une étude sur le potentiel d'accumulation des microcystines à différents niveaux trophiques, selon le développement et l'évolution des phénomènes de floraison de cyanobactéries.

Ce genre d'étude permettra de mieux comprendre cette problématique afin d'informer et de sensibiliser les organismes de pêche récréative. Dans l'intérêt de tous les utilisateurs actuels et futurs, il importe de préserver la qualité des ressources du milieu aquatique.

Remerciements

Les auteurs souhaitent souligner la participation financière de la Fondation de la faune du Québec, ainsi que celle de l'Association des chasseurs et pêcheurs de l'Estrie, des Amis du bassin versant du lac Waterloo, du Comité environnement du lac Roxton et de la ville de Granby. Des remerciements vont également à Jean-Marc Langlois pour la récolte des spécimens.

Références

- CHORUS, I., et J. BARTRAM, 1999. Toxic cyanobacteria in water - a guide to their public health consequences, monitoring and management. E & FN Spon, London. Publié sous les auspices de l'Organisation mondiale de la santé, 416 p.
- CODD, G.A., 2000. Cyanobacterial toxins, the perception of water quality, and the prioritization of eutrophication control. *Ecological Engineering*, 16: 51-60.
- DEBLOIS, C.P., 2005. Mesure d'accumulation et d'élimination des microcystines ingérées par un planctonivore commun en pisciculture, le tilapia du Nil (*Oreochromis niloticus*). Mémoire de maîtrise, Sciences biologiques, Université du Québec à Montréal, 111 p.
- DELISLE, F., S. GARIÉPY et Y. BÉDARD, 1998. Bassin versant de la rivière Yamaska : l'activité agricole et ses effets sur la qualité de l'eau. Ministère de l'Environnement et de la Faune et Saint-Laurent Vision 2000, 124 p.
- KARDINAAL, W.E.A et VISSER P.M. 2005. Dynamics of cyanobacterial toxins: source of variability in microcystin concentrations. Dans: Huisman J., Matthijs H.C.P. & Visser P.M. (édit.), *Harmful Cyanobacteria*. Springer, Berlin, 241p.
- MAGALHÃES, V.F., R.M. DE SOARES et S.M.F.O AZEVEDO, 2001. Microcystin contamination in fish from the Jacarepagua Lagoon (Rio de Janeiro, Brazil): ecological implication and human health risk. *Toxicon*, 39: 1077-1085.
- SANTÉ CANADA, 2004. Site internet consulté en novembre 2006 : http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/water-eau/drink-potab/cyanobacteria-cyanobacteries_f.html
- SOARES, R.M., V.F. MAGALHÃES, S.M.F.O. AZEVEDO, 2004. Accumulation and depuration of microcystins (cyanobacteria hepatotoxin) in *Tilapia rendalli* (Cichlidae) under laboratory conditions. *Aquatic Toxicology*, 70: 1-10.
- XIE, L., P. XIE, L.G. GUO, L. LI, M. YUICHI et H. PARK, 2005. Organ distribution and bioaccumulation of microcystins in freshwater fishes with different trophic levels from the eutrophic Lake Chaohu, China. *Environmental Toxicology*, 20: 292-300.

Localisation et caractéristiques des frayères à touladi (*Salvelinus namaycush*) du lac Chibougamau

Sylvie Beaudet et Pascal Ouellet

RÉSUMÉ

Une diagnose de l'état de la population de touladis du lac Chibougamau, réalisée en 1999, a révélé que la population de ce salmonidé éprouvait des problèmes de recrutement et de contamination de sa chair par des métaux lourds. De 2000 à 2003, des études ont donc été entreprises afin de localiser, dénombrer et caractériser les frayères à touladi du lac Chibougamau. L'étude visait aussi à déterminer si les touladis géniteurs du lac Chibougamau utilisaient pour se reproduire les digues des parcs à résidus miniers ou des frayères naturelles situées à proximité de ces parcs. Le nombre relativement élevé de sites de reproduction répertoriés dans le secteur nord du lac, c'est-à-dire proches des mines, ainsi que la forte concentration de contaminants dans les sédiments situés près des parcs miniers pourraient expliquer en bonne partie les problèmes de recrutement et les rendements faibles en touladi qu'offre le lac Chibougamau. La population de touladis pourrait subir un déclin au cours des prochaines années si aucune mesure n'est mise de l'avant pour améliorer la qualité des sites de reproduction et abaisser le niveau d'exploitation.

Introduction

En 1999, le ministère des Ressources naturelles et de la Faune, en collaboration avec la « Corporation Les Ressources intégrées de Chibougamau inc. » a entrepris des études sur le lac Chibougamau situé dans la région du Nord-du-Québec (49° 50' N, 74° 15' O). Ces études avaient pour objectifs de documenter les caractéristiques biologiques des populations de poissons destinés à la pêche sportive, présentes dans ce grand plan d'eau de 210 km², tels le doré jaune (*Stizostedion vitreum*), le touladi (*Salvelinus namaycush*), le grand brochet (*Esox lucius*), l'omble de fontaine (*Salvelinus fontinalis*) et d'évaluer l'offre et la demande dans le cadre d'un projet de création d'une aire faunique communautaire (Tremblay et collab., 2001). Situé en territoire libre, à proximité de la ville de Chibougamau, le lac est très fréquenté par la population locale et par les pêcheurs de l'extérieur de la région. La présence de deux pourvoiries, d'un camping, de chalets de villégiature et de campements autochtones traduit bien l'attrait qu'exerce le lac et la pression humaine qu'y subissent les ressources halieutiques.

Outre l'activité humaine, l'activité industrielle est également importante à proximité du lac. L'exploitation forestière est pratiquée à l'est et au sud du lac Chibougamau alors que l'exploitation minière est concentrée surtout dans sa partie nord et ouest (figure 1). Sur les rives du lac Chibougamau, se trouvent plusieurs parcs à résidus miniers provenant de l'exploitation du cuivre et de l'or. Ces parcs sont situés sur des sites différents des mines et sont destinés à recevoir les résidus de roches une fois le minerai principal extrait. La roche en question conserve encore beaucoup de minéraux, mais en concentration trop faible pour une exploitation

lucrative. Pour contenir l'échappement des eaux de ruissellement et des effluents miniers dans le lac, les résidus sont entreposés à l'intérieur de digues pour la plupart créées à la fin des années 1950 et au début 1960. Ces digues sont constituées de matériaux de remplissage (blocs, galets et cailloux de grosseurs différentes) et de roches stériles déchargés en vrac directement dans le lac. La nature et la propreté du substrat, la pente de la benne et la grande quantité d'interstices entre les roches jusqu'à plus de 15 cm de profondeur font de ces digues des habitats potentiels pour la reproduction du touladi (Benoît et Scrosati, 1996). Ces digues, dont les principales sont Henderson 1 (figure 2), Henderson 2 (figure 3) et Eaton Bay, sont, de plus, situées à proximité des fosses où se réfugient les touladis en été, une autre condition qui pourrait augmenter l'attrait de ces digues pour ce salmonidé (figure 1).

La perméabilité des digues n'étant pas absolue, un suivi périodique est effectué pour évaluer l'importance des effluents miniers qui s'écoulent directement dans le plan d'eau à partir des sites de dépôts miniers. Outre la présence de ces résidus miniers à proximité du lac, les formations géologiques de la région peuvent, elles aussi, être responsables de la libération de métaux dans l'eau. Il est cependant impossible de distinguer la proportion des teneurs en métaux d'origine naturelle de celle d'origine anthropique (Laliberté, 2004).

Sylvie Beaudet est biologiste au bureau du ministère des Ressources naturelles et de la faune de la région du Nord-du-Québec à Chibougamau.

sylvie.beaudet@mrnf.gouv.qc.ca

Pascal Ouellet est technicien de la faune au bureau du ministère des Ressources naturelles et de la faune de la région du Nord-du-Québec à Chibougamau

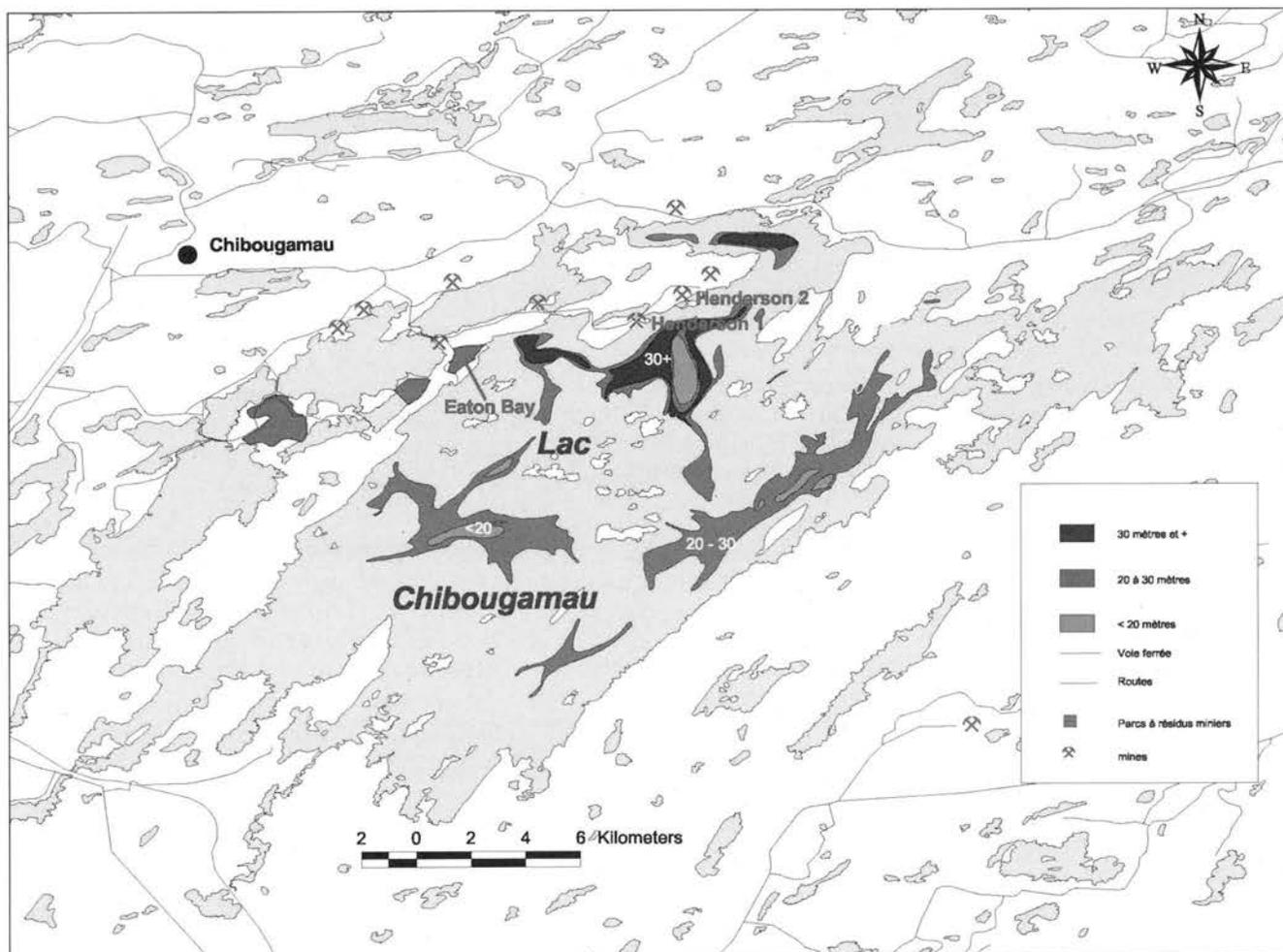


Figure 1. Localisation des mines et des parcs à résidus miniers à proximité du lac Chibougamau. Emplacement des fosses dans lesquelles les touladis se trouvent en été.

L'impact direct de cette concentration de métaux, venant de l'activité minière ou de provenance naturelle, sur les populations de poissons du lac Chibougamau est inconnue. On sait que les métaux qui se trouvent dans les sédiments près des sites miniers sont biodisponibles pour les organismes aquatiques et peuvent s'avérer toxiques pour ceux-ci. Par ailleurs, il a été démontré que la chair de certaines espèces de poissons prélevées lors des diagnostics réalisés en 1998 et 1999 était contaminée en métaux de plusieurs types (Laliberté et Tremblay, 2002 ; Laliberté, 2004).

Les résultats des pêches expérimentales effectuées en 1998 et 1999 ont révélé que la population de poissons du lac Chibougamau était dominée par le doré jaune et la lotte (*Lota lota*) et que l'état de la population de touladis était inquiétant. En effet, seulement un faible nombre de touladis adultes (49) ont été capturés lors de ces inventaires. L'absence de spécimens de petite taille (moins de 300 mm) dans l'échantillon prélevé suggère l'existence de problèmes au niveau du recrutement de ce poisson. En plus, les inventaires ont permis de constater que les touladis se concentraient dans la partie nord du lac, c'est-à-dire dans le secteur situé près des mines.

Pour expliquer cette faible reproduction, nous avons donc émis l'hypothèse que les digues des parcs à résidus miniers et les secteurs situés à leur proximité étaient utilisées comme



Figure 2. Vue aérienne de l'ancien parc à résidus miniers de la mine Henderson 1

LE TOULADI EN BREF

Membre de la famille des Salmonidés (truites, ombles, saumons, etc.), le touladi est aussi appelé truite grise ou truite de lac. Cette espèce indigène au Québec est l'un des plus gros poissons d'eau douce d'Amérique du Nord. Il recherche une eau froide (10 à 12 °C), claire, bien oxygénée avec un pH supérieur à 5,4. Les déplacements saisonniers des touladis sont directement liés à la température de l'eau. À l'approche de l'automne, les populations, qui occupent des plans d'eau au sud de l'aire de répartition au Québec, se rassemblent dans les eaux peu profondes pour y frayer, puis se dispersent jusqu'au printemps. À la fonte des glaces, ils se trouvent souvent près de la surface et se retirent, graduellement, à mesure que les eaux de surface se réchauffent, en profondeur dans des fosses où les eaux sont froides et bien oxygénées durant tout l'été à la suite d'une stratification thermique.

On trouve le touladi dans toutes les régions du Québec. Contrairement à l'omble de fontaine, qui commence à se reproduire à l'âge de 1 ou 2 ans, le touladi atteint en moyenne sa maturité sexuelle entre 5 et 8 ans seulement (Fondation de la faune du Québec, 1996) et encore plus tardivement au Nord-du-Québec, soit entre 7 et 10 ans pour les touladis du lac Chibougamau. La fraie survient en automne, plus précisément dans la première moitié du mois d'octobre au lac Chibougamau. Il existe de grandes variations d'un lac à l'autre et la date exacte de fraie est fonction de facteurs tels la latitude, le climat, la grandeur et la topographie du lac (Scott et Crossman, 1974). Elle s'effectue habituellement en lac, près d'une berge abrupte exposée aux vents dominants, près des îles ou des hauts-fonds, sur substrat rocheux à proximité d'une zone profonde (20 m). L'action des vagues limite ainsi la déposition de matières en suspension sur le fond et l'installation de la végétation. La fraie se produit à la noirceur, entre 19 h et 22 h (Scott et Crossman, 1974). Des températures de 8,9 °C et de 10,6 à 13,9 °C ont été observées au moment de la fraie, mais la température n'est pas le seul facteur qui la déclenche. La lumière, selon certains observateurs, aurait également une influence (Scott et Crossman, 1974).

Après la fraie, le touladi s'éloigne en sillonnant le lac, souvent à des dizaines de kilomètres dans les grands plans d'eau (Bernatchez et Giroux, 1991). On n'observe ni territorialité ni comportement agressif chez les mâles, bien qu'ils soient plus nombreux que les femelles lors de la reproduction. Le touladi aurait tendance à utiliser la même frayère chaque année. La femelle produit des œufs de 5 à 7 mm de diamètre qui sont fécondés par un ou plusieurs mâles. Déposés sur le substrat rocheux, ils éclosent généralement en mars ou en avril. Durant l'incubation, la baisse du niveau de l'eau peut amener le gel ou l'assèchement des œufs. La faible productivité du touladi, la dégradation de son habitat et une augmentation considérable de l'effort et de l'efficacité de pêche ont amené une diminution marquée des populations en territoire public libre du sud du Québec (MLCP, 1989).

sites de fraie par le touladi et que la contamination plus élevée près des digues (Laliberté et Tremblay, 2002; Laliberté, 2004) pourrait avoir un impact sur le taux de survie des œufs et, par le fait même, sur la population de touladis du lac Chibougamau. Pour étayer cette hypothèse, des inventaires ont été réalisés en 2000 et 2001 afin de localiser leurs aires de reproduction, les caractériser, évaluer leur importance ainsi que la qualité des œufs qui y étaient déposés.

Matériel et méthodes

Capture et marquage

À partir des caractéristiques des touladis capturés lors des pêches au filet maillant effectuées en 1998 et 1999, il a été établi que les touladis, dont la taille était égale ou supérieure à 450 mm, avaient de fortes chances de se reproduire. La capture des touladis géniteurs en vue de la pose d'émetteurs

radio s'est effectuée à l'aide de filets maillants à multifilaments d'une hauteur de 1,8 m et d'une longueur de 60 m et composés de mailles de 5,1 cm (longueur étirée). Les filets ont été posés, avant la déstratification thermique, dans les fosses du lac Chibougamau à des profondeurs de 17 à 41 m (figure 1). Compte tenu de la rareté des touladis, la durée de la pêche a été allongée de deux à huit heures (nuit complète). Une fois capturés, les touladis étaient anesthésiés en étant plongés, un à la fois, dans un bac contenant un mélange d'eau, d'alcool et de clous de girofle. Ils étaient ensuite mesurés puis le sexe et l'état de maturité des poissons étaient vérifiés par des pressions abdominales (Benoît et Lamoureux, 1991). Un émetteur radio était alors implanté dans l'estomac à l'aide d'un tube d'insertion en gardant un minimum de 15 cm d'antenne à l'extérieur de la bouche (figure 4). Une étiquette « spaghetti », portant un numéro d'identification, était apposée dans le dos du poisson et sa nageoire adipeuse était également poinçonnée comme identification supplémentaire. Les touladis étaient déposés ensuite dans un bac de récupération riche en oxygène jusqu'à ce qu'ils retrouvent leur équilibre et leur vigueur pour finalement être relâchés dans le lac. Toutes ces méthodes sont utilisées couramment en faune aquatique et elles sont approuvées par le Comité de protection des animaux du ministère des Ressources naturelles et de la Faune lorsqu'elles respectent les normes du Conseil canadien de protection des animaux (1984).



Figure 3. Vue aérienne de l'ancien parc à résidus miniers de la mine Henderson 2

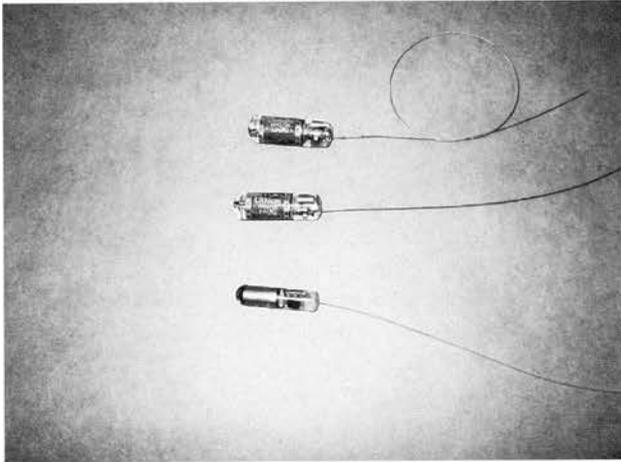


Figure 4. Deux modèles d'émetteurs radio (environ 1 x 4 cm) implantés dans l'estomac des touladis. Celui du bas, plus petit, a été mieux toléré par les touladis.

Localisation de frayères potentielles

Trois approches ont été utilisées pour localiser des sites potentiels pour la reproduction du touladi, soit le suivi télémétrique mobile et fixe des touladis géniteurs, la caractérisation du milieu riverain et les pêches au filet maillant.

Suivi télémétrique mobile et fixe

Pour le suivi télémétrique mobile, nous avons utilisé à la fois un aéronef pour localiser rapidement tous les touladis porteurs d'émetteurs radio (hélicoptère en 2000 et 2001, avion en 2001, figure 5) et une embarcation motorisée pour préciser l'emplacement exact des géniteurs marqués (figure 6). Le repérage télémétrique aérien a été réalisé de jour à l'approche de la période de fraie du touladi. Les sorties en embarcation se déroulaient, de leur côté, pendant la soirée et la nuit. Pour ce faire, le lac était parcouru systématiquement, mais certains secteurs, préalablement identifiés lors des repérages aériens, pouvaient faire l'objet de recherches plus concentrées. Vu la taille du lac Chibougamau, plusieurs sorties en embarcation ont été nécessaires pour couvrir toute sa superficie. L'écoute des fréquences des émetteurs commençait vers 17 h 30, soit un peu avant que les géniteurs sortent des fosses, habituellement vers 19 h. La température de l'eau était régulièrement prise afin de détecter le début de la fraie. Le suivi télémétrique mobile en embarcation a été réalisé en 2000 et 2001.

Deux stations fixes de télémétrie ont également été installées sur les digues de deux anciens sites miniers localisés sur la rive nord-ouest du lac Chibougamau (Henderson 1 et Henderson 2) afin de documenter ou de valider l'utilisation des digues des parcs à résidus miniers comme sites de reproduction du touladi (figure 7). Ces stations fixes étaient équipées d'un récepteur radio et de trois antennes de type yagi, installées en angle l'une par rapport à l'autre et reliées au récepteur (figure 7).

Le récepteur avait la capacité d'emmagasiner les signaux captés par les antennes et de garder en mémoire la date et l'heure, la fréquence ainsi que le code et la puissance du signal. C'est à partir de cette dernière donnée que la distance séparant le touladi marqué du récepteur a été estimée, après avoir établi une échelle de correspondance entre la puissance du signal obtenu et la distance (distance connue) lors des tests. Pour cela, un équipier en embarcation descendait, à l'aide d'une corde graduée, un émetteur à différentes profondeurs et la distance était obtenue au moyen d'un télémètre. À mesure qu'un touladi marqué d'un émetteur s'approchait de la station fixe, le signal se précisait et était capté par l'antenne la mieux orientée en rapport à sa position. La distance était inversement proportionnelle à la puissance du signal. Plus la puissance du signal était forte, moins la distance entre le touladi et la station était grande.



Figure 5. Télémétrie mobile en hélicoptère Eurocoptère Astar



Figure 6. Détection des signaux radio en embarcation

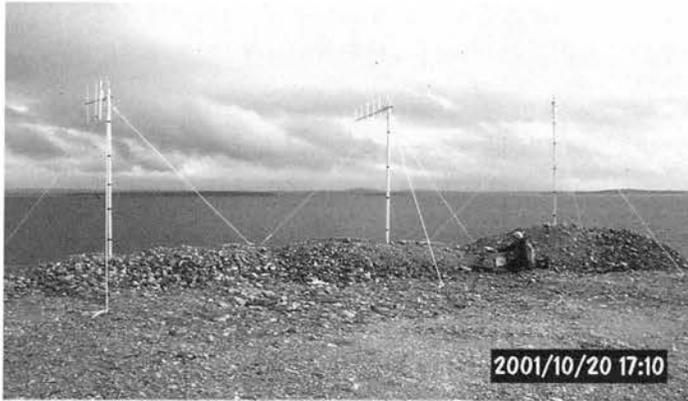


Figure 7. Antennes de la station fixe d'Henderson 1

Caractérisation du milieu riverain

Une deuxième approche a été utilisée pour localiser des frayères potentielles pour le touladi, soit celle de Benoît et Lamoureux (1991). Il s'agissait de localiser et de cartographier, à partir de photographies aériennes et de repérages en embarcation à l'aide d'un bathyscope, les segments de rives qui présentaient un potentiel optimal pour la fraie. Les critères favorables d'habitat retenus ont été établis à partir des caractéristiques biophysiques du littoral et du milieu riverain, de l'évaluation de la granulométrie (nature et taille), de l'évaluation de la perméabilité du substrat, de l'importance de la granulométrie du substrat de deuxième couche, de l'évaluation de la pente de la rive (exondée) et de la benne (inondée), de l'exposition à l'action des vagues et aux vents dominants, de la propreté du substrat, de la proximité d'une zone profonde et du profil bathymétrique.

Pêche aux filets maillants

Utilisé conjointement avec les repérages mobiles et la localisation de frayères potentielles à l'aide des caractéristiques du milieu riverain, la pêche aux filets maillants a permis de confirmer une concentration de touladis géniteurs à un endroit donné et de faciliter la localisation des sites de fraie. Lors de ces inventaires, les filets maillants étaient levés régulièrement (délai maximum de deux heures de pêche consécutive) afin d'éviter toute mortalité des touladis géniteurs.

Validation de l'utilisation des frayères potentielles

La validation de l'utilisation des sites à forts potentiels par les touladis reproducteurs a été réalisée, par la suite, en plongée subaquatique. Elle consistait d'abord à rechercher et à faire le décompte des dépôts d'œufs, puis à procéder à l'évaluation des superficies des aires de fraie utilisées par strate bathymétrique (Gauthier et collab., 2004). Cette caractérisation s'est effectuée le long d'un transect fixé sur la partie la plus longue de la frayère. Ainsi, plusieurs quadrats équidistants ont été installés et caractérisés le long de ce transect. Le protocole utilisé comprenait aussi la description de la granulométrie de la sous-couche et du substrat de fond, la

quantification de la densité du périphyton, l'évaluation de la perméabilité (% des interstices et degré de porosité), la mesure de la profondeur et le décompte des œufs vivants et opaques. La présence de frayères était confirmée par l'observation d'œufs de touladis dans le substrat (Gauthier et Dumont 2003, 2004 ; Gauthier et collab., 2004).

Finalement, les frayères, dont l'utilisation venait d'être confirmée, étaient caractérisées en fonction de leur distance par rapport aux digues : les frayères dites, « près des mines », étaient situées à moins de 5 km des digues des parcs à résidus miniers et les frayères qualifiées de « loin des mines » étaient situées au-delà de cette distance. Le décompte et l'évaluation de la qualité des œufs (fertiles ou stériles) ont été associés à la distance qui séparait la frayère des digues.

Incubation des œufs

Pour déterminer la date exacte de la période de fraie, des œufs ont été récoltés sur les sites de reproduction en 2001 et leur niveau de développement a été déterminé selon la méthode de Balon (1980). Avec cette méthode, il est possible, à partir d'un stade de développement de l'embryon connu et d'un suivi de la température et des degrés-jour de calculer rétrospectivement la date de ponte. Le développement de ces œufs a été suivi en laboratoire pendant leur incubation jusqu'à leur éclosion.

Résultats

Marquage

Du 13 au 22 septembre 2000, 32 touladis ont été munis d'un émetteur radio implanté dans l'estomac dont 7 mâles et 1 femelle. Les 24 autres touladis capturés n'ont pas pu être sexés. En 2001, 10 nouveaux émetteurs ont été implantés dans des touladis géniteurs (3 mâles, 6 femelles et 1 de sexe indéterminé). De ceux-ci, trois ont possiblement été régurgités par les poissons ou ont causé la mort du touladi qui le portait, car le signal provenait toujours du même endroit.

Déplacements

Les touladis géniteurs ont parcouru de longues distances, de l'ordre d'une quinzaine de kilomètres dans certains cas, après leur sortie des fosses à la suite de la déstratification thermique qui se produit à la fin du mois de septembre. Des touladis marqués complètement au nord du lac se sont retrouvés à l'extrême sud du plan d'eau. Contrairement à ce que nous avions supposé, les touladis ne semblent pas nécessairement se reproduire près de la fosse où ils ont été capturés.

Localisation des frayères

Le suivi télémétrique mobile des géniteurs s'est déroulé du 27 septembre au 16 octobre 2000 et du 30 septembre au 26 octobre 2001. Les efforts de suivi télémétrique en embarcation ont été très fortement orientés par les repérages aériens effectués préalablement en avion (10-11 octobre

2001) et en hélicoptère (8-9 octobre 2000, 26 octobre 2001). De leur côté, les stations fixes d'Henderson 1 et d'Henderson 2 ont été en activité du 3 octobre au 1^{er} novembre 2001.

En 2000 et 2001, la présence de 14 frayères potentielles a été confirmée à l'aide de la télémétrie, de la caractérisation du milieu riverain et des pêches au filet maillant (figure 8). Ces sites ont également été validés par l'observation subaquatique de la présence d'œufs. Sur les 14 frayères découvertes au total, 10 se situaient à moins de cinq kilomètres d'une digue des parcs à résidus miniers, et quatre au-delà de cette distance. Sur les 10 sites de reproduction localisés près des infrastructures minières, 7 étaient situés très près du parc à résidus miniers d'Eaton Bay et une autre frayère a été localisée directement sur la digue du parc à résidus miniers de Henderson 2. Les deux autres frayères étaient situées, quant à elles, un peu plus loin des parcs à résidus miniers et plus à l'est du lac Chibougamau (figure 8).

Date de fraie et caractéristiques générales des frayères

D'après le développement en laboratoire des œufs recueillis la même année sur des frayères du lac, la fraie aurait eu lieu, en 2001, entre le 10 et le 14 octobre. De façon générale, les frayères recensées étaient de bonne qualité compte tenu des besoins du touladi. Cependant, plusieurs d'entre elles présentaient des problèmes variables d'ensablement ou de la présence de périphyton. La caractérisation fine de plusieurs frayères n'a pas pu être complétée dans le cadre de la présente étude.

De son côté, la plongée subaquatique a donné des résultats très probants pour la confirmation de la reproduction et l'évaluation de la survie des œufs des différentes frayères. Le décompte des œufs translucides (vivants) et opaques (morts) a montré de grandes différences entre la survie des œufs provenant des sites de fraie situés près des mines et ceux

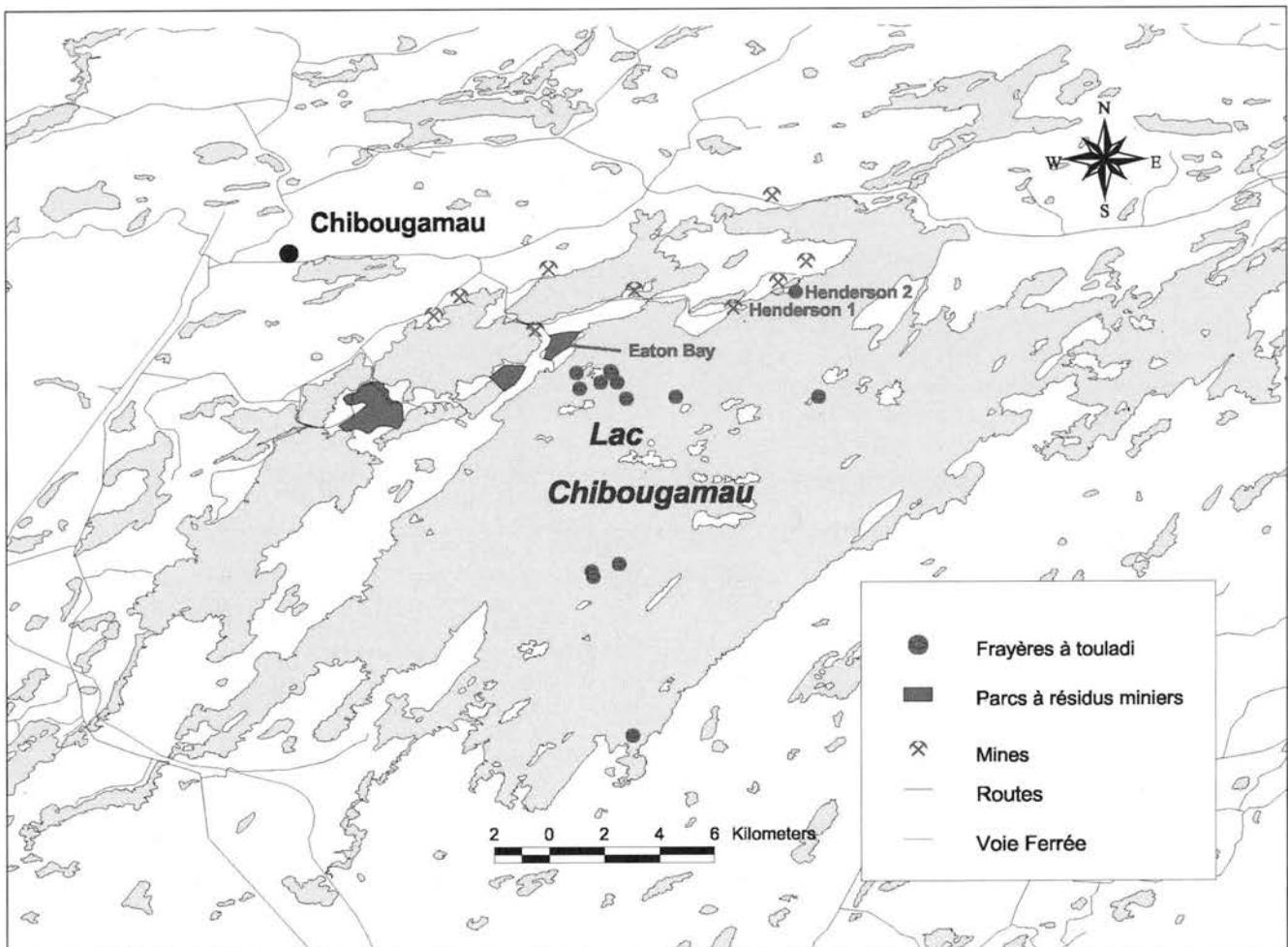


Figure 8. Localisation des frayères de touladi inventoriées au lac Chibougamau

situés loin des mines. Le pourcentage d'œufs en bonne santé a été d'environ 37 % dans le premier cas et autour de 86 % dans le deuxième. Ces données confirment que la survie des œufs de touladi est moins bonne à proximité des mines. Il reste maintenant à valider l'hypothèse que cette plus grande mortalité d'œufs est attribuable aux contaminants contenus dans les sédiments de secteur nord du lac Chibougamau.

Conclusion

Les deux années de télémétrie nous ont permis d'améliorer nos connaissances sur le comportement du touladi au lac Chibougamau en période de reproduction et d'orienter de façon plus efficace nos efforts au niveau de la recherche de frayères à l'aide de la photo-interprétation des substrats, de la pêche au filet maillant et de la plongée subaquatique (Gauthier et Dumont, 2003, 2004; Gauthier et collab., 2004). Cette étude a également permis d'obtenir une caractérisation générale des frayères (Corporation Les Ressources intégrées de Chibougamau inc., 2002, 2003; Gauthier et Dumont, 2003, 2004).

Grâce à la télémétrie mobile et fixe et à la photo-interprétation, nous croyons avoir réussi à localiser la grande majorité des frayères naturelles du touladi du lac Chibougamau. Cette étude a également démontré qu'une des digues des parcs à résidus miniers était utilisée comme site de reproduction par le touladi.

Le faible nombre de touladis capturés lors des périodes de marquage confirme les résultats de la diagnose des populations de touladis, réalisée en 1999. Le fait que la majorité des frayères soient situées à proximité des digues, que la chair des touladis soit contaminée par des métaux et que les œufs provenant de ces frayères affichent des taux de mortalité plus élevés que ceux du secteur éloigné des mines, tend à appuyer l'hypothèse que la population de touladi du lac Chibougamau est affectée négativement par la présence de métaux lourds. Mais le lien de cause à effet est loin d'être établi et ne le sera peut-être jamais, compte tenu des coûts élevés qu'exigeraient des études portant spécifiquement sur les effets toxicologiques des contaminants sur les paramètres de reproduction du touladi et sur les œufs (âge à maturité sexuelle, productivité et fécondité des femelles, taux de survie et d'éclosion des œufs et survie des alevins).

À la suite de cette étude, des recommandations ont été émises pour que des recherches se poursuivent afin de valider cette hypothèse et pour que des actions soient entreprises pour tenter d'améliorer la santé de la population de touladi du lac Chibougamau. Par exemple, des moyens pourraient être pris pour rendre moins attrayantes les frayères près des digues des parcs à résidus miniers et pour améliorer ou créer des frayères artificielles loin du secteur d'influence des mines (Benoît et Legault, 2002). D'autres recommandations, portant sur les modalités d'exploitation, pourraient être émises afin de diminuer la pression de prélèvement et pour aug-

menter le recrutement du touladi du lac. Par exemple, la fermeture ou la réduction de la saison de pêche hivernale ainsi que l'instauration d'une limite pour ce qui est de la taille des spécimens capturés, pourraient être des mesures à envisager pour réduire le prélèvement des spécimens en âge de se reproduire.

Remerciements

Cette étude a été rendue possible grâce à la participation financière de la corporation Les Ressources intégrées de Chibougamau inc., du Conseil régional de développement de la Baie-James, d'Hydro-Québec Production, Division administration et relation avec le milieu, Direction régionale La Grande Rivière, de la Municipalité de Chibougamau ainsi qu'aux programmes Faune-Forêt et Faune-Nature de la Société de la faune et des parcs du Québec.

Nous tenons à remercier Michel Laplante, Jérémy Laplante, Carl Gauthier, Robert Dumont et Philippe Thibeault ainsi que Maryse Lapointe, Liette Gauthier, Lyna Lambert, Alexandra Riverin, Nathalie Cabot et Marie-Claude Julien du ministère des Ressources naturelles et de la Faune et de la Corporation « Les Ressources intégrées de Chibougamau inc. » pour leur participation aux différentes étapes du projet. Grâce à leur professionnalisme et à leurs efforts soutenus, ce projet a pu se réaliser malgré les difficultés du terrain. Nous tenons également à remercier Stéphanie Jabob, pour la saisie du document et Claudette Robin, pour la révision linguistique et l'édition du rapport. Merci également à Michel Legault de la Direction de la recherche sur la faune et à Hélène Jolicœur, de la Direction du développement de la faune, pour l'aide apportée à la production de cet article. ◀

Références

- BALON, E.K. (édit.), 1980. Charrs : Salmonid Fishes of the Genus *Salvelinus*, Dr. W. Junk Publishers, The Hague, The Netherlands. 925 p.
- BENOÎT, J. et J. SCROSATI, 1996. Utilisation par le touladi (*Salvelinus namaycush*) de frayères artificielles aménagées en zone littorale profonde. Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction de la faune et des habitats et Direction régionale Mauricie-Bois-Francs, Trois-Rivières Ouest, Rapport technique, 24 p. et annexes.
- BENOÎT, J. et J. LAMOUREUX, 1991. Évaluation de l'impact du marnage sur les sites et le potentiel de reproduction du touladi. Protocole expérimental préparé par les directions régionales du Bas-Saint-Laurent-Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine et Mauricie-Bois-Francs du ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche du Québec, 7 p.
- BENOÎT, J. et M. LEGAULT, 2002. Assessment of the feasibility of preventing reproduction of lake trout (*Salvelinus namaycush*) in shallow areas of reservoirs affected by drawdowns. *Environmental Biology and Fisheries*, 64 : 303-311.
- BERNATCHEZ, L. et M. GIROUX, 1991. Guide des poissons d'eau douce et leur distribution dans l'Est du Canada. Éditions Broquet inc., La Prairie, Québec, 304 p.
- CONSEIL CANADIEN DE PROTECTION DES ANIMAUX, 1984. Manuel sur le soin et l'utilisation des animaux d'expérimentation. Volume 2, Ottawa, Canada, 232 p.

- CORPORATION LES RESSOURCES INTÉGRÉES DE CHIBOUGAMAU INC, 2002. Caractérisation de l'habitat de reproduction du touladi (*Salvelinus namaycush*) du lac Chibougamau, 2001. La Corporation Les Ressources intégrées de Chibougamau inc. avec la collaboration de la Société de la faune et des parcs du Québec, Direction de l'aménagement de la faune du Nord-du-Québec, 400 p. et annexes.
- CORPORATION LES RESSOURCES INTÉGRÉES DE CHIBOUGAMAU INC., 2003. Caractérisation de l'habitat de reproduction du touladi (*Salvelinus namaycush*) du lac Chibougamau, 2002, La Corporation Les Ressources intégrées de Chibougamau inc. avec la collaboration de la Société de la faune et des parcs du Québec, Direction de l'aménagement de la faune du Nord-du-Québec, 87 p. et annexes.
- FONDATION DE LA FAUNE DU QUÉBEC, 1996. Habitat du poisson: le touladi. Guide d'aménagement d'habitats, Fondation de la faune du Québec, Québec, 20 p.
- GAUTHIER, C. et R. DUMONT, 2003. Travaux de recherche, de plongée sous-marine et de caractérisation de l'habitat de reproduction du touladi (*Salvelinus namaycush*) du lac Chibougamau, automne 2001 et 2002, présentés à la Corporation Les Ressources intégrées de Chibougamau inc., en collaboration avec la Société de la faune et des parcs du Québec, Direction de l'aménagement de la faune du Nord-du-Québec, 120 p.
- GAUTHIER, C. et R. DUMONT, 2004. Caractérisation de l'habitat de reproduction du touladi (*Salvelinus namaycush*) et comparaison entre les résultats de décompte d'œufs obtenus en 2002 et 2003 sur les frayères inventoriées du lac Chibougamau, présenté à Société de la faune et des parcs du Québec, Direction de l'aménagement de la faune du Nord-du-Québec, 54 p.
- GAUTHIER, C., R. DUMONT, S. BEAUDET et P. OUELLET, 2004. Analyse des travaux de recherche en plongée subaquatique réalisés dans le cadre du projet de caractérisation de l'habitat de reproduction du touladi du lac Chibougamau de 2001 à 2003. Société de la faune et des parcs du Québec, Direction de l'aménagement de la faune du Nord-du-Québec, Chibougamau, Rapport scientifique, 37 p.
- LACASSE, S. et J. BENOÎT, 1995. Évaluation de la faisabilité d'induire la reproduction du touladi (*Salvelinus namaycush*) sur des frayères situées en profondeur. Application à la problématique des réservoirs de la Haute-Mauricie, Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction de la faune et des habitats et Direction régionale Mauricie-Bois-Francis, Rapport technique, 62 p.
- LALIBERTÉ, D., 2004. Teneurs en métaux dans les sédiments et les poissons des lacs aux Dorés, Chibougamau, Obatogamau et Waconichi en 2002. Ministère de l'Environnement, Direction du suivi de l'état de l'environnement, Envirodoq numéro ENV/2004/0137, collection numéro QE/142, 28 p. et 3 annexes.
- LALIBERTÉ, D. et G. TREMBLAY, 2002. Teneurs en métaux, en BPC et en dioxines et furanes dans les poissons et les sédiments de quatre lacs du Nord-du-Québec en 2001. Ministère de l'Environnement, Direction du suivi de l'état de l'environnement. Envirodoq numéro ENV/2002/0203, Rapport numéro QE/129, 38 p. et 4 annexes.
- MINISTÈRE DU LOISIR, DE LA CHASSE ET DE LA PÊCHE DU QUÉBEC, 1989. Plan tactique. Le touladi, une espèce en difficulté, 40 p.
- SCOTT, W.B. et E.J. CROSSMAN, 1974. Poissons d'eau douce du Canada. Ministère de l'Environnement du Canada. Service des pêches et des sciences de la mer, Bulletin 184, 1 026 p.
- TREMBLAY, G., F. LÉVESQUE, M. LAPLANTE et S. BEAUDET, 2001. Enquête sur la pêche récréative au lac Chibougamau en 1999 et 2000. Étude scientifique. Société de la faune et des parcs du Québec, Direction de l'aménagement de la faune du Nord-du-Québec, en collaboration avec la Corporation Les Ressources intégrées de Chibougamau inc., 255 p.

MALLETTE

Certification
Fiscalité
Services-conseils
Actuariat
Syndics et gestionnaires

Québec 418 653-4431
Montmagny 418 248-5777
Lévis 418 839-7531

www.mallete.ca

Une microbrasserie qui se distingue



www.labarberie.com

Tél.: 418-522-4373 • 310, St-Roch, Québec, G1K 6S2

1435 rue Provancher
Cap-Rouge (Québec)
G1Y 1R9



LA MAISON
LÉON-PROVANCHER

Le comportement de déplacement de l'oursin vert

Clément P. Dumont et John H. Himmelman

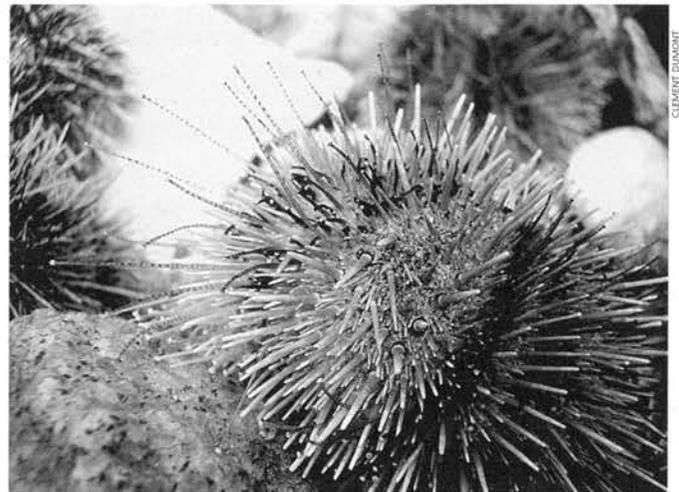
Résumé

Nous avons évalué l'importance des changements ontogénétiques du déplacement de l'oursin vert pour tenter d'élucider la dynamique de sa population. Nous avons utilisé trois méthodes (marquage interne, marquage externe et films vidéo) afin d'examiner le déplacement des oursins de différentes tailles sur plusieurs échelles spatiales et temporelles. Les juvéniles (diamètre < 15 mm) restent relativement sédentaires sur des fonds marins dénudés, se nourrissant principalement de débris. Lorsque les oursins atteignent une taille de 15 à 20 mm, un changement ontogénétique du comportement conduit les adultes (> 15 mm) à se déplacer sur des distances allant jusqu'à cinq mètres par jour, leur donnant accès à de nouvelles sources de nourriture. Les oursins adultes cherchent à gagner la ceinture de laminaires où la nourriture abonde. Pour ce faire, ils adoptent une stratégie de déplacement aléatoire; la probabilité d'atteindre la ceinture de laminaires diminue donc avec l'augmentation de la distance à parcourir. Une fois la zone de laminaires atteinte, les oursins réduisent leurs déplacements et s'agglutinent sur la nourriture alors abondante.

Introduction

La zone infralittorale le long des côtes canadiennes, soumise à un climat tempéré, est souvent caractérisée par la présence d'une ceinture d'algues laminaires très dense et productive (Mann, 1973; Meidel, 1998). L'oursin vert (*Strongylocentrotus droebachiensis*), herbivore macrobenthique dominant de la communauté infralittorale rocheuse, agit sur l'abondance et la structure de ces grandes algues (Lawrence, 1975; Dayton, 1985; Himmelman 1985; Gagnon et collab., 2004; Scheibling et collab., 1999) et influence la diversité spécifique des communautés benthiques (Paine et Vadas, 1969; Himmelman et collab., 1983a). Des amas de fortes densités d'oursins de grande taille se forment (agrégations alimentaires) à la limite inférieure de la ceinture de laminaires pour déclencher un broutage destructeur. L'avancement du front de broutage peut atteindre $4 \text{ m} \cdot \text{mois}^{-1}$, consommant presque toutes les algues charnues (Gagnon et collab., 2004; Scheibling et Hatcher, 2001; Scheibling et collab., 1999) et transformant les ceintures de laminaires en zones dénudées dominées par les algues calcaires encroûtantes et quelques algues charnues résistantes au broutage (Bernstein et collab., 1983; Scheibling et Hatcher, 2001). Les densités d'oursins qui persistent en zone dénudée empêchent le recrutement de ces laminaires (Chapman, 1981; Harrold et Reed, 1985). Plusieurs études ont démontré l'étroite relation existant entre les communautés de macroalgues et les populations d'oursins par la manipulation des densités d'oursins dans la zone dénudée (Himmelman et collab., 1983; Harrold et Reed, 1985; Witman, 1987; Keats et collab., 1990; Leinaas, 1996).

La limite inférieure de la zone des laminaires est ainsi dynamique et déterminée par différents facteurs biotiques et environnementaux (p. ex. vagues, abrasion par la glace) qui influent sur l'abondance et le comportement alimentaire des oursins (Himmelman, 1983; Harrold et Reed, 1985; Keats, 1991; Scheibling et collab., 1999; Konar et Estes, 2003; Gagnon, 2003; Gagnon et collab., 2004). Par exemple, l'action des vagues limite le broutage des oursins, car le balayage



L'oursin vert est l'herbivore le plus abondant dans la zone infralittorale.

des laminaires peut déloger ces herbivores (Kawanata, 1998; Scheibling et collab., 1999). Les oursins juvéniles, de petite taille, sont principalement trouvés en zone dénudée, cachés dans les crevasses et sous les roches ou recouverts de matériel trouvé sur le fond telles les algues corallines (Dumont et collab., 2007). Plusieurs études suggèrent que les juvéniles adoptent ce comportement cryptique jusqu'à ce qu'ils atteignent une taille plus grande où ils se mettent alors à se déplacer sur les surfaces exposées à la recherche de nourriture (Keats et collab., 1985; Himmelman, 1986; Scheibling et Hamm, 1991). On observe ainsi une distribution de tailles des oursins qui diffère grandement entre la zone de laminaires où les grandes tailles dominent largement et la zone dénudée, plus profonde, où l'on trouve toutes les classes de

Clément Dumont réalise un postdoctorat à la station biologique de Hopkins de l'Université de Stanford. John Himmelman est professeur au département de biologie de l'Université Laval et chercheur du centre Québec-Océan.

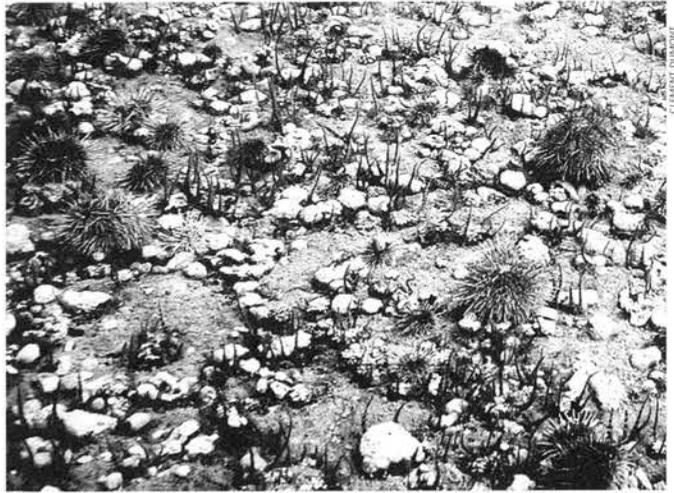
cdumont@stanford.edu

tailles, avec une dominance des petits individus (illustré par Himmelman et collab., 1983b).

Ces différences d'abondance des oursins dans les deux habitats, zone de laminaires et zone dénudée, nous ont amenés à nous poser plusieurs questions sur les facteurs engendrant une telle distribution des tailles dans la zone infralittorale. Les oursins de la zone dénudée sont-ils capables de se déplacer vers la ceinture de laminaires où la nourriture est abondante ? Y a-t-il un changement de comportement des oursins selon la taille, l'habitat ? Quelle stratégie de déplacement les oursins adoptent-ils ? Éclaircir ces processus permet par la suite d'interpréter la stratégie de quête alimentaire des oursins et la dynamique entre les deux habitats qui diffèrent notamment par leur abondance en nourriture.



Agrégation d'oursins verts broutant les algues dans la zone de laminaires



Zone dénudée où seule les algues encrustantes résistent au broutage des oursins.

Méthodes

Aire d'étude

L'aire d'étude se situe dans l'archipel de Mingan (figure 1), au nord du golfe du Saint-Laurent (50° 13.6' N, 63° 41.12' O) où l'oursin vert domine la zone infralittorale rocheuse avec des densités pouvant dépasser 300 individus · m⁻² (Himmelman et Nédélec, 1990). Une communauté végétale dense de laminaires en zone peu profonde est contrôlée par les agrégations d'oursins dévorant cette ceinture d'algues (Gagnon, 2003). L'intense broutage par les oursins conduit à la formation d'une zone dénudée dominée par un tapis d'algues calcaires résistantes au broutage. L'oursin vert est un herbivore qui montre une préférence pour les algues brunes et quelques algues rouges (Himmelman et Nédélec, 1990; Lemire et Himmelman, 1996). Cependant, en zone dénudée, le comportement alimentaire est dicté par la disponibilité et l'oursin vert, généraliste opportuniste, peut se nourrir d'autres invertébrés, y compris de ses congénères, lorsqu'il ne trouve ni algues, ni détritiques, (Himmelman et Steele, 1971; Briscoe et Sebens, 1988; Nestler et Harris, 1994; Drolet et collab., 2004).

Méthodes de marquage

Un grand nombre des techniques de marquage impliquent la perforation du squelette (appelé test) de l'oursin ce qui engendre vraisemblablement une perturbation du comportement (Hagen, 1996; Duggan et Miller, 2001). De plus, ces techniques ne peuvent être utilisées qu'avec des individus de grande taille. Lors de notre étude, nous avons développé trois techniques afin d'examiner les déplacements à différentes échelles spatio-temporelles, avec un effort particulier pour observer les oursins dans leur environnement naturel sans affecter leur comportement.

Afin de quantifier le taux de dispersion des oursins de différentes tailles, 1 973 spécimens (de 5 à 60 mm de diamètre) ont été marqués à l'aide d'un colorant fluorescent

à la lumière ultraviolette, la calcéine. Ce colorant a la propriété de se fixer sur les structures calcaires comme le test et la mâchoire. Cette technique de marquage consiste à immerger les individus dans une solution de calcéine pendant 24 h. Tous les oursins capturés dans chacune des 6 aires de collecte de 1 m² ont été marqués de cette façon. Leur abondance a été quantifiée après 9 et 40 jours dans les aires d'origines, ainsi qu'à différentes distances autour de celles-ci. Cette technique permet de marquer des individus de toutes les tailles mais possède l'inconvénient de devoir sacrifier les oursins afin d'observer la marque laissée par le colorant sur les structures calcaires. Cette approche s'est avérée efficace pour observer le taux d'émigration des individus de petite taille (< 15 mm). Pour les grands oursins, cette technique a permis de montrer que les individus quittent rapidement l'aire de relâche, mais fournit peu d'information sur le taux de déplacement.

Pour mesurer les déplacements quotidiens des oursins de plus de 15 mm de diamètre, nous avons attaché *in situ*, sans déloger l'oursin du substrat, un marqueur (fil de nylon avec 1 à 3 perles de couleur en plastique) sur une des épines de 382 individus (pour plus de détails sur la technique, voir Dumont et collab., 2006). Nous avons quantifié la distance

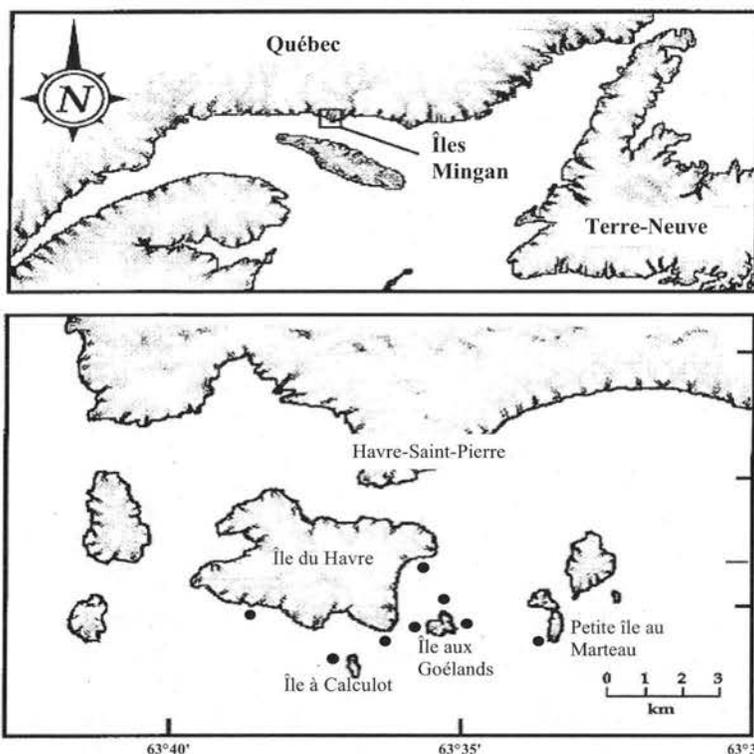


Figure 1. L'archipel de Mingan. Les points indiquent les sites où ont été observés les déplacements des oursins.

nette du déplacement journalier sur un ensemble de 8 sites avec un taux de rétention du marqueur de 2 à 3 jours. La technique du marqueur externe a été également modifiée (fil de nylon autour du test) pour pouvoir suivre des oursins de 10-20 mm et comparer les résultats avec l'expérience de marquage des oursins de grandes tailles.

Finalement, pour examiner la trajectoire des oursins à petite échelle, nous avons utilisé une caméra vidéo fixée à un support que l'on a adapté afin de filmer (séquence vidéo de 2 s par min) le déplacement des oursins durant 6 à 10 h. La longueur de déplacement moyen (distance linéaire

entre 2 points stationnaires), les angles de rotation et le carré du déplacement net ont été calculés pour chaque oursin suivi. Nous avons modélisé le mouvement à l'aide d'un modèle de marche aléatoire pour les individus de chacun des 2 habitats (zone de laminaires et zone dénudée) à 4 localités.

Résultats

Comportement sédentaire des juvéniles

La première approche, impliquant la quantification du taux de dispersion d'oursins marqués avec la calcéine et relâchés dans les aires circulaires (1 m²) de collecte d'origine, montre une grande variation de la recapture en fonction de la taille des oursins. Le taux de dispersion était clairement plus élevé pour les adultes (> 15 mm) que pour les petits (< 10 mm) et grands (10-15 mm) juvéniles (figure 2). Dans les aires initiales, le taux de recapture des petits (< 10 mm) et des grands (10-15 mm) juvéniles était respectivement de 69 % et de 2 % après 9 jours. Après 40 jours, il se situait à 25 % et à 0 % (figure 2). Ces résultats démontrent que les oursins juvéniles (diamètre < 15 mm) possèdent un mode de vie relativement sédentaire. Par contre, les adultes (> 15 mm) montrent un taux de déplacement beaucoup plus grand, probablement lié à la recherche de nourriture.

Changement de comportement de déplacement et de quête alimentaire avec la taille

Nos observations de déplacement des oursins marqués individuellement avec des perles de couleurs attachées à une épine ou autour du test révèlent une augmentation abrupte de la distance parcourue entre les juvéniles et les adultes. Lorsque l'oursin atteint un diamètre de 15 mm, taille à laquelle commencent à apparaître les gonades, un changement de comportement se traduit par des déplacements plus longs pour trouver une source de nourriture (figure 3). Les oursins adultes d'une taille > 25 mm se déplacent sur une distance 4 fois supérieure à celle des juvéniles de 10-15 mm et 2,5 fois supérieure que celle des jeunes adultes (15-20 mm). Les oursins de grande taille peuvent se déplacer alors jusqu'à 5 m par jour avec un déplacement journalier variant de 0,40 m (SE: 0,07) à 1,72 (SE: 0,28) par jour selon l'habitat (Dumont et collab., 2006). La distance parcourue augmente avec l'éloignement de la zone de laminaires. Un changement alimentaire est également observé avec la taille de l'oursin. Les juvéniles, durant leur phase cryptique, s'alimentent principalement d'algues corallines et de débris accessibles depuis leur refuge (figure 4). Cependant, une fois une taille > 15 mm atteinte, les jeunes adultes s'exposent sur les surfaces ouvertes à la quête de nouvelles sources de nourriture telles que des morceaux de laminaires qui peuvent composer plus de 90 % de leur alimentation (figure 4).

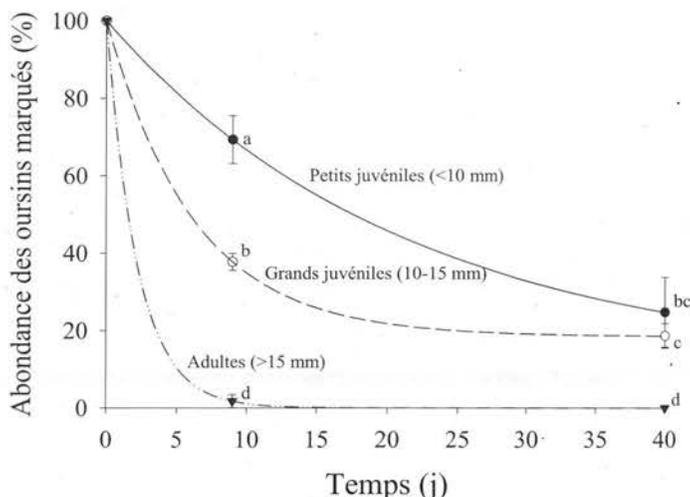


Figure 2. Abondance des différentes tailles de l'oursin vert en zone dénudée après 9 et 40 jours (Dumont et collab., 2004)

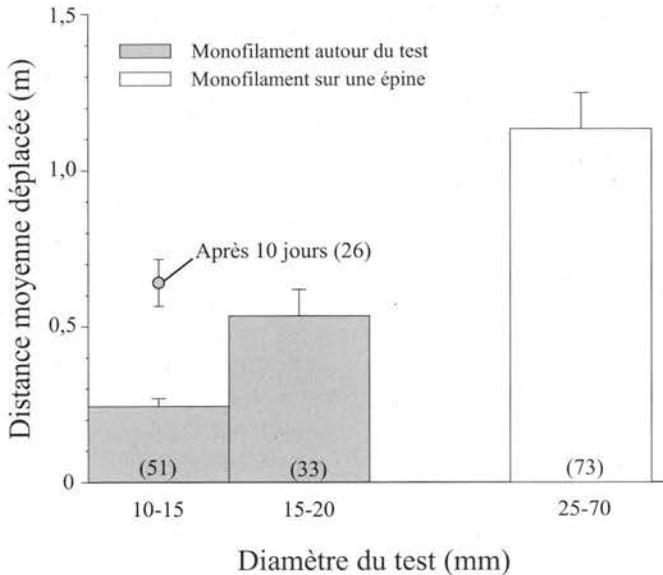


Figure 3. Distance de déplacement journalière selon la taille de l'oursin vert (Dumont et collab., 2006)

Déplacement aléatoire des adultes

Les enregistrements vidéo des oursins, réalisés dans les zones dénudées et des zones de laminaires, révèlent que les déplacements des oursins se font de façon aléatoire. Les oursins passent plus de temps à se déplacer en zone dénudée qu'en zone de laminaires, alternant avec des périodes stationnaires. Leur comportement n'est pas affecté par la vitesse du courant (pour des vitesses de 0 à 15 cm · s⁻¹) ni par la température (2,3 à 6,0 °C). Alors que la distribution des angles de rotation était uniforme dans les deux habitats, la longueur des mouvements a révélé de plus grands déplacements en zone dénudée. Le modèle aléatoire prédit un taux de disper-

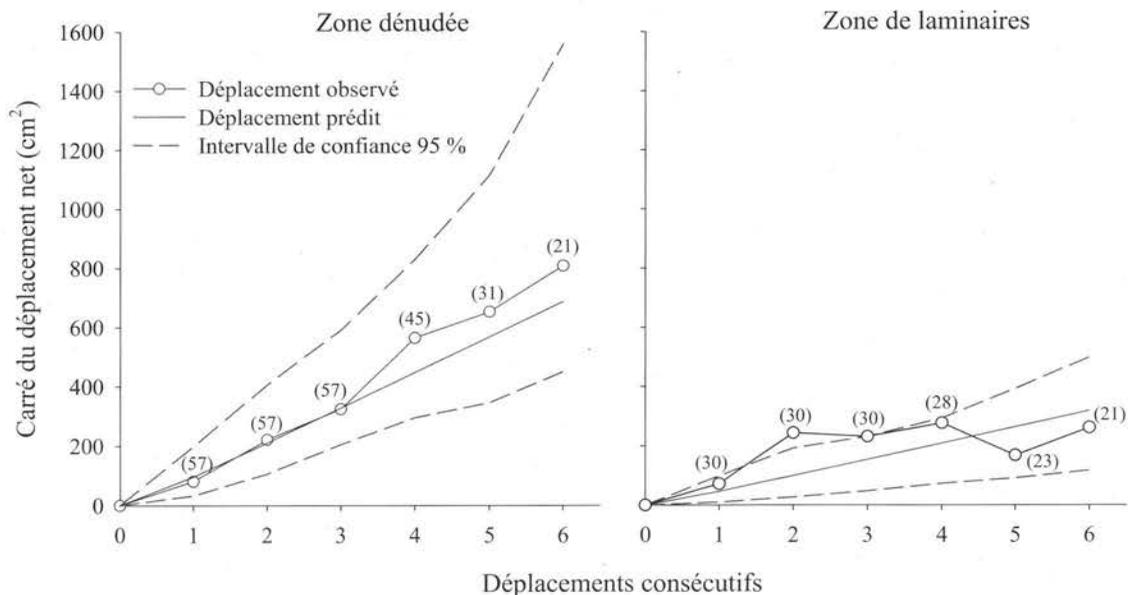


Figure 5. Relation entre le déplacement prédit par un modèle de marche aléatoire et le déplacement observé à l'aide d'une camera vidéo de l'oursin vert dans la zone dénudée et la zone de laminaires. Les numéros entre parenthèses représentent le nombre d'oursins observés.

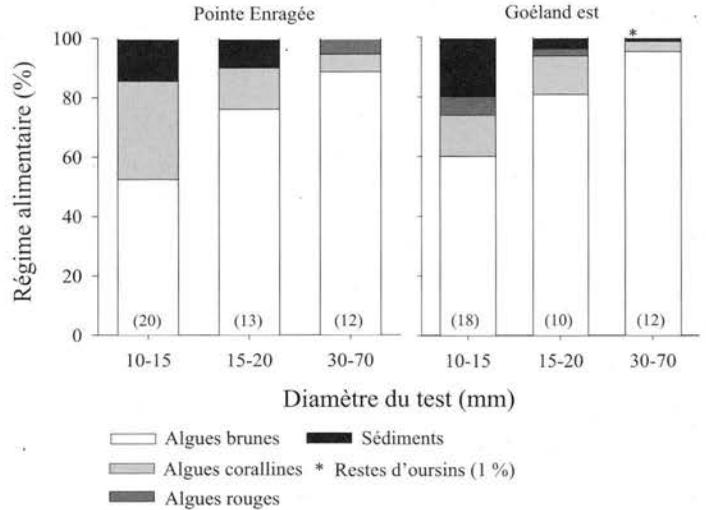


Figure 4. Régime alimentaire selon la taille de l'oursin vert en zone dénudée (Dumont et collab., 2006)

sion plus élevée dans les sites avec de faibles densités d'oursins tels que dans la zone dénudée (figure 5). Les patrons de déplacements révèlent quatre types de comportements : les oursins peuvent être stationnaires (0-72 % selon le site), ils peuvent se déplacer localement (mouvements de quelques centimètres, probablement pour ajuster leur position d'alimentation (36-61 %), se déplacer aléatoirement (0-64 %) ou se déplacer de façon directionnelle (0-18 %).

Ces différents patrons de déplacement, qui différaient selon le site, suggèrent une influence de facteurs locaux. L'activité des oursins diminue également avec l'augmentation de leur densité (figure 6), ce qui résulte en un déplacement local ou stationnaire lorsque la densité est élevée, plus particulièrement à proximité de la ceinture de laminaire.

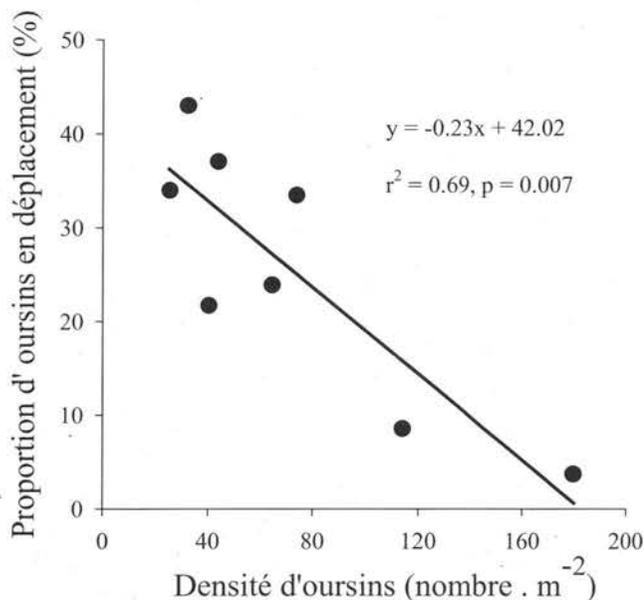


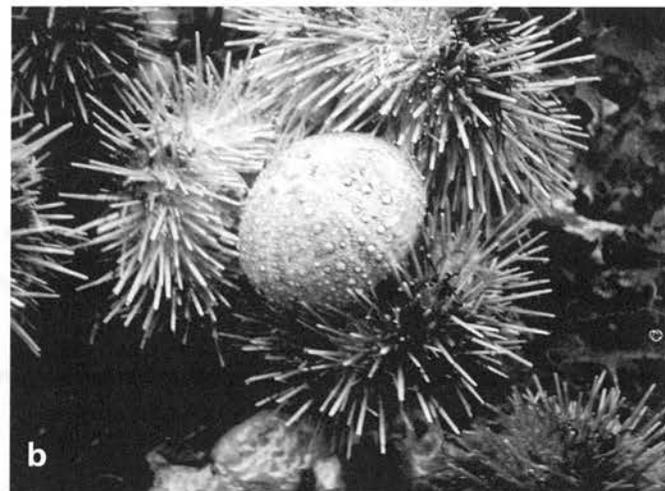
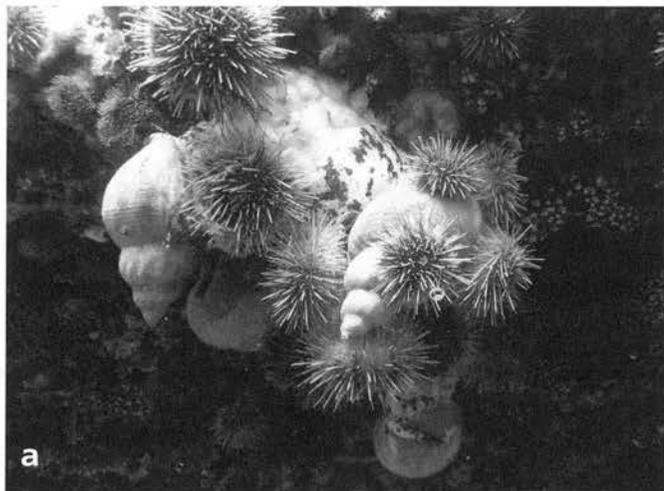
Figure 6. Proportion des oursins verts se déplaçant selon la densité d'oursins (Dumont et collab., 2007).

Discussion

L'utilisation de méthodes à différentes échelles spatio-temporelles a permis de quantifier le changement ontogénétique du comportement de déplacement de l'oursin vert. Les oursins juvéniles (< 15 mm) sont trouvés à forte densité dans la zone dénudée, cachés dans des crevasses ou recouverts de matériel tel que des morceaux d'algues corallines, et ils sont rares près de la ceinture de laminaires. Les juvéniles restent donc relativement sédentaires et cryptiques en zone dénudée jusqu'à l'atteinte d'une taille de 15 à 20 mm. La tendance des juvéniles à se cacher et à adopter un comportement sédentaire est une stratégie couramment employée par différents organismes pour minimiser les risques de prédation (Werner et Gilliam, 1984; Lima et Dill, 1989). Elle permettrait aux oursins juvéniles d'échapper aux prédateurs comme

les décapodes (crabes, homards) ou les poissons (Keats et collab., 1985; Ojeda et Dearborn, 1991; Scheibling et Hamm, 1991). Limités dans leurs déplacements, les juvéniles ont peu accès aux sources de nourriture et s'alimentent principalement de détritus. Il en résulte une croissance extrêmement lente; les juvéniles restent sédentaires pendant 8 à 12 ans en zone dénudée avant d'atteindre la taille de 15 à 20 mm; un changement ontogénétique de comportement alimentaire va alors permettre un accès à de nouvelles sources de nourriture (Dumont et collab., données non publiées).

Devenant plus actifs, les oursins adultes se mettent à se déplacer sur de plus grandes distances, jusqu'à 5 m par jour, et augmentent ainsi la proportion de laminaires dans leur régime alimentaire. La taille pour des individus de plus de 25 mm n'a alors plus d'effet sur les distances parcourues, mais d'autres facteurs telle l'abondance de nourriture viennent influencer le comportement de recherche alimentaire. L'arrivée d'une nouvelle source de nourriture comme un morceau de laminaire arraché par l'action des vagues en plus faible profondeur provoque une agrégation rapide des oursins adultes en zone dénudée. On y trouve principalement des oursins de grande taille qui ont la capacité de se déplacer rapidement. Cependant, bien que les oursins soient capables de localiser de telles sources de nourriture à une certaine distance par chémodétection, leur mode de dispersion correspond à un modèle de marche aléatoire. Les oursins présents dans la zone dénudée se déplacent aléatoirement jusqu'à plusieurs mètres par jour et atteignent éventuellement la ceinture de laminaires où la nourriture est abondante. Avec une stratégie de déplacement aléatoire, la probabilité d'atteindre la ceinture de laminaires diminue avec l'augmentation de la distance nette à parcourir. Les individus relativement éloignés de la zone de laminaires vont donc passer une grande période, voire pour certains toute leur vie, dans la zone dénudée où la nourriture est rare. Une fois que les oursins ont atteint la zone de laminaires, leur taux de déplacement diminue. Les oursins s'amassent à proximité de



Lorsque la nourriture se fait rare en zone dénudée, les oursins n'hésitent pas à brouter les capsules d'œufs de gastéropodes (a) (ici le buccin *Buccinum undatum*) ou (b) même pratiquer le cannibalisme.



Oursin vert juvénile marqué à l'aide de billes de couleur

la ceinture de laminaires, qui fournit une abondante source de nourriture, et ils restent à proximité durant de longues périodes. Lorsque la mer est agitée, ces oursins se dispersent afin d'éviter d'être délogés par les vagues (Lauzon-Guay et Scheibling, 2007).

Les oursins dans la zone de laminaires peuvent investir beaucoup d'énergie dans la croissance gonadique et somatique. Au contraire, les adultes restant dans la zone dénudée possèdent une croissance somatique extrêmement faible et souvent des gonades trop petites pour se reproduire. L'oursin vert fait ainsi partie des espèces capables de vivre plusieurs décennies avec une croissance continue même si parfois cette croissance peut être aussi faible que 1 mm en 3 ans chez les individus de grande taille (Dumont, données non publiées). Certaines études ont même rapporté une réabsorption des structures calcaires lors de jeûnes extrêmes (Ebert, 1967; Levitan, 1988, mais voir aussi Ebert, 2004).

Implications pour la gestion des pêches

L'exploitation commerciale de l'oursin sur la Basse-Côte-Nord, plus particulièrement dans l'archipel de Mingan est peu développée à cause des conditions climatiques difficiles (la période la plus propice pour la collecte des oursins avec des gonades de taille commercialisable va de janvier à mars) (MPO, 2000; Pelletier, 2003). Cette région reste ainsi un des quelques endroits dans le monde où subsistent des densités naturelles d'oursins verts. Cependant, si l'exploitation en Basse-Côte-Nord tend à devenir aussi intense que dans d'autres régions comme le golfe du Maine ou la Colombie-britannique, il est important de tenir compte des taux de recolonisation. Les oursins sont généralement collectés à proximité de la ceinture de laminaires, où les individus sont de plus grande taille et ont de plus grosses gonades que les oursins en zone dénudée. Le remplacement de ces oursins adultes nécessite un apport d'individus de la zone dénudée se déplaçant aléatoirement en périphérie de la ceinture de

laminaires. Cependant, une pêche intensive au niveau de la ceinture de laminaires résulterait en un déclin rapide de la population d'oursins et une expansion de l'étendue des laminaires. La croissance des juvéniles, qui a lieu en zone dénudée, dure une dizaine d'années, soit le temps nécessaire pour qu'une nouvelle génération d'individus adultes migre jusqu'à la ceinture de laminaires. La gestion des stocks doit donc prendre en compte la dynamique de la migration des oursins entre la zone dénudée et la zone d'algues pour permettre une exploitation durable de cette ressource marine fragile.

Remerciements

Nous remercions sincèrement tous les étudiants qui ont participé au travail de terrain dans les eaux froides de l'archipel de Mingan durant les étés 2001 à 2004, et plus particulièrement David Drolet qui a beaucoup contribué tant sur le terrain qu'au laboratoire pour l'analyse des données. Nous remercions également Jean Hamann et Michel Crête pour leur aide constructive dans la phase éditoriale de ce manuscrit. Nos travaux ont été financés par le Conseil de recherche en sciences naturelles et génie du Canada, Québec-Océan et l'Université Laval. ◀

Références

- BERNSTEIN, B.B., S. SCHROETER, et K.H. MANN, 1983. Sea urchin (*Strongylocentrotus droebachiensis*) aggregating behavior investigated by a subtidal multifactorial experiment. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 40: 1975-1986.
- BRISCOE, C.S. et K.P. SEBENS, 1988. Omnivory in *Strongylocentrotus droebachiensis* (Müller) (Echinoidea: Echinoidea): predation on a subtidal mussels. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 115: 1-24.
- CHAPMAN, A.R.O., 1981. Stability of sea urchin dominated barren grounds following destructive grazing of kelp in St. Margaret's Bay, Eastern Canada. *Marine Biology*, 62: 307-311.
- DAYTON, P.K., 1985. Ecology of kelp communities. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 16: 215-245.
- DUGGAN, R.E. et R.J. MILLER, 2001. External and internal tags for the green sea urchin. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 258: 115-122.
- DUMONT, C.P., J.H. HIMMELMAN et M.P. RUSSELL, 2006. Daily movement of the sea urchin *Strongylocentrotus droebachiensis* in different subtidal habitats in eastern Canada. *Marine Ecology Progress Series*, 317: 87-99.
- DUMONT, C.P., J.H. HIMMELMAN et S.M.C. ROBINSON, 2007. Random movement pattern of the sea urchin *Strongylocentrotus droebachiensis*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 340: 80-89.
- DUMONT, C.P., D. DROLET, I. DESCHÈNES, et J.H. HIMMELMAN, 2007. Multiple factors explain the covering behaviour in the green sea urchin, *Strongylocentrotus droebachiensis*. *Animal Behaviour*, 73: 979-986.
- DROLET, D., J.H. HIMMELMAN et R. ROCHETTE, 2004. Trade-off in the use of refuges by the ophiuroid *Ophiopholis aculeata* related to contrasting effects of substratum complexity on the risk of predation from two predators. *Marine Ecology Progress Series*, 284: 173-183.
- EBERT, T.A., 1967. Negative growth and longevity in the purple sea urchin *Strongylocentrotus purpuratus* (Stimpson). *Science*, 157: 557-558.
- EBERT, T.A., 2004. Shrinking sea urchins and the problems of measurement. Dans: Heinzeller, T., Nebelsick, J.H. (édit.), XI International Echinoderm Conference. Balkema, Munich.

- GAGNON P., 2003. Dynamique de répartition et mécanismes de défense des macrophytes de la zone infralittorale rocheuse dominée par l'oursin vert, *Strongylocentrotus droebachiensis*. Thèse de doctorat, Université Laval, Québec, Canada
- GAGNON, P., J.H. HIMMELMAN et L.E. JOHNSON, 2004. Temporal variation in community interfaces: kelp bed boundary dynamics adjacent to persistent urchin barrens. *Marine Biology*, 144: 1191-1203.
- HAGEN, N.T., 1996. Tagging sea urchins: a new technique for individual identification. *Aquaculture*, 139: 271-284.
- HARROLD, C. et D.C. REED, 1985. Food availability, sea urchin grazing, and kelp forest community structure. *Ecology*, 66: 1160-1169.
- HIMMELMAN, J.H., 1985. Urchin feeding and macroalgal distribution in Newfoundland, eastern Canada. *Le Naturaliste canadien* 111: 337-348.
- HIMMELMAN, J., 1986. Population biology of green sea urchins on rocky barrens. *Marine Ecology Progress Series*, 33: 295-306.
- HIMMELMAN, J.H., A. CARDINAL et E. BOURGET, 1983a. Community development following removal of urchins, *Strongylocentrotus droebachiensis*, from the rocky subtidal zone of the St. Lawrence estuary, Eastern Canada. *Oecologia*, 59: 27-39.
- HIMMELMAN, J., Y. LAVERGNE, F. AXELSEN, A. CARDINAL, et E. BOURGET, 1983b. Sea urchins in the St. Lawrence estuary: Their abundance, size-structure, and suitability for commercial exploitation. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 40: 474-486.
- HIMMELMAN, J.H. et D.H. STEELE, 1971. Foods and predators of the green sea urchin *Strongylocentrotus droebachiensis* in Newfoundland waters. *Marine Biology*, 9: 315-322.
- HIMMELMAN, J. et H. NÉDÉLEC, 1990. Urchin foraging and algal survival strategies in intensely grazed communities in eastern Canada. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 47: 1011-1026.
- KAWAMATA, S., 1998. Effect of wave-induced oscillatory flow on grazing by a subtidal sea urchin *Strongylocentrotus nudus* (A. Agassiz). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 224: 31-48.
- KEATS, D.W., G.R. SOUTH et D.H. STEELE, 1985. Ecology of juvenile green sea urchins (*Strongylocentrotus droebachiensis*) at an urchin dominated sublittoral site in eastern Newfoundland, The fifth International Echinoderm Conference, Balkema, Galway, pp. 295-302.
- KEATS, D.W., G.R. SOUTH et D.H. STEELE, 1990. Effects of an experimental reduction in grazing by sea urchins on a benthic macroalgal community in eastern Newfoundland. *Marine Ecology Progress Series*, 68: 181-193.
- KEATS, D.W., 1991. Refugial *Laminaria* abundance and reduction in urchin grazing in communities in the North-West Atlantic. *Journal of Marine Biological Association of United Kingdom*, 71: 867-876.
- KONAR, B. et J.A. ESTES, 2003. The stability of boundary regions between kelp beds and deforested areas. *Ecology*, 84: 174-185.
- LAUZON-GUAY, J.S. et R.E. SCHEIBLING, 2007. Behaviour of sea urchin *Strongylocentrotus droebachiensis* grazing fronts: food-mediated aggregation and density-dependent facilitation. *Marine Ecology Progress Series*, 329: 191-204.
- LAWRENCE, J.M., 1975. On the relationships between marine plants and sea urchins. *Oceanography and Marine Biology Annual Review*, 13: 213-286.
- LEINAAS, H.P. et H. CHRISTIE, 1996. Effects of removing sea urchins (*Strongylocentrotus droebachiensis*): stability of the barren state and succession of kelp forest recovery in the east Atlantic. *Oecologia*, 105: 524-536.
- LEMIRE, M. et J.H. HIMMELMAN, 1996. Relation of food preference to fitness for the green sea urchin, *Strongylocentrotus droebachiensis*. *Marine Biology*, 127: 73-78.
- LEVITAN, D.R., 1988. Density-dependant size regulation and negative growth in the sea urchin *Diadema antillarum* Philippi. *Oecologia*, 76: 627-629.
- LIMA, S.L. et L.M. DILL, 1989. Behavioral decisions made under the risk of predation: a review and prospectus. *Canadian Journal of Zoology*, 68: 619-640.
- MANN, K.H., 1973. Seaweeds: their productivity and strategy for growth. *Science*, 182: 975-981.
- MEIDEL, S.K. et R.E. SCHEIBLING, 1998. Size and structure of the sea urchin *Strongylocentrotus droebachiensis* in different habitats. Dans: Mooi, R., Telford, M. (édit.), *Echinoderms*. A.A. Balkema, Rotterdam, San Francisco, pp. 737-742.
- MPO, 2000. L'oursin vert des eaux côtières du Québec. MPO – Sciences, Rapport sur l'état des stocks C4-13.
- NESTLER, E.C. et L.G. HARRIS, 1994. The importance of omnivory in *Strongylocentrotus droebachiensis* (Müller) in the Gulf of Maine. Dans: David, B., Guille, A., Féral, J.-P., Roux, M. (édit.), *Echinoderms through time. Proceedings of the Eighth International Echinoderm Conference*. A.A. Balkema, Rotterdam, San Francisco pp. 813-818.
- OJEDA, F.P. et J.H. DEARBORN, 1991. Feeding ecology of benthic mobile predators: experimental analysis of their influence in rocky subtidal communities of the Gulf of Maine. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 149: 13-44.
- PAINE, R.T. et R.L. VADAS, 1969. The effects of grazing by sea urchins, *Strongylocentrotus spp.*, on benthic algal populations. *Limnology and Oceanography*, 14: 710-719.
- PELLETIER, L., 1999. L'oursin vert du Québec: une ressource à découvrir. *Le Naturaliste canadien*, 125 (1): 73-74.
- SCHEIBLING, R.E. et J. HAMM, 1991. Interactions between sea urchins (*Strongylocentrotus droebachiensis*) and their predators in field and laboratory experiments. *Marine Biology*, 110: 105-116.
- SCHEIBLING, R.E. et B.G. HATCHER, 2001. The ecology of *Strongylocentrotus droebachiensis*. Dans: Lawrence, J.M. (édit.), *Edible sea urchins: biology and ecology*. Elsevier Science, pp. 271-306.
- SCHEIBLING, R.E., A.W. HENNIGAR et T. BALCH, 1999. Destructive grazing, epiphytism, and disease: the dynamics of sea urchin - kelp interactions in Nova Scotia. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 56: 2300-2314.
- WERNER, E.E. et J.F. GILLIAM, 1984. The ontogenetic niche and species interactions in size-structured populations. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 15: 393-425.
- WITMAN, J.D., 1987. Subtidal coexistence: storms, grazing, mutualism, and the zonation of kelps and mussels. *Ecological Monographs*, 57: 167-187.

Les ponts de glace sur le fleuve Saint-Laurent

Un indicateur de la sévérité des hivers entre 1620 et 1910

Daniel Houle, Jean-David Moore

Résumé

Afin de faire ressortir l'influence passée du climat sur la composition de la forêt pendant le petit Âge glaciaire, on avait besoin d'une meilleure connaissance du climat qui prévalait entre 1600 et 1900, période pour laquelle il n'existe pratiquement pas de données de températures instrumentales. Pour ce faire, on a utilisé les mentions historiques de formation de ponts de glace sur le fleuve Saint-Laurent, entre Québec et Lévis, comme indicateur des variations climatiques passées. La compilation de ces mentions historiques montre que le réchauffement à Québec, au cours des 125 dernières années, était environ trois fois plus élevé (2,0 °C) que celui avancé pour l'ensemble du globe (0,6 °C) dans le dernier siècle. Les résultats suggèrent aussi que les températures hivernales les plus sévères à Québec se sont produites entre 1800 et 1910. Pendant cette période, on estime que les hivers étaient de 2,4 à 4,0 °C plus froids que la moyenne des 30 dernières années. Finalement, plusieurs éruptions volcaniques importantes ont été suivies par une formation plus fréquente de ponts de glace, ajoutant aux évidences que l'activité volcanique a eu un impact majeur sur le climat au cours des derniers siècles.

Introduction

À partir de données inférées de températures disponibles depuis l'an 1000 [croissance des arbres (Briffa, 2000), carottes de forage géothermiques (Deming, 1995) ou de glace (Fischer et collab., 1998), fluctuation des glaciers (Wiles et collab., 1999) et relevés historiques (Sagarin et Micheli, 2001)], certains chercheurs ont établi que, pour la période 1000-1850, les variations climatiques furent influencées par les changements d'intensité des radiations solaires et par la fréquence des éruptions volcaniques (Briffa et collab., 1998; Crowley, 2000). Depuis les 100 dernières années, les grandes forces qui influencent le climat ont cependant changé et il est de plus en plus évident que le rejet dans l'atmosphère d'énormes quantités de CO₂ provenant de l'activité humaine constitue la principale cause de l'augmentation de la température du globe, de l'ordre de 0,6 °C (Crowley, 2000).

Au Québec, l'importance de la forêt tant sur le plan écologique, économique que social n'est plus à démontrer. Toutefois, au cours des dernières années, un nombre croissant d'études ont révélé que les effets du réchauffement climatique sur les écosystèmes forestiers sont déjà amorcés et qu'ils devraient se poursuivre avec plus de vigueur au cours des prochaines années (Boisvenue et Running, 2006). Dans ce contexte, il est important de comprendre comment les écosystèmes forestiers réagissent aux changements climatiques afin d'être en mesure de mieux prédire la croissance et la composition future des forêts. Pour ce faire, il peut être utile de déterminer comment la forêt a évolué dans le passé relativement à des changements de climat importants. Ainsi, on s'est intéressé aux changements dans l'abondance des essences forestières d'un bassin versant forestier de Duchesnay au cours des deux derniers millénaires, par l'entremise du pollen accumulé dans les sédiments du lac Clair (Houle et

collab., soumis). Pour interpréter les résultats, il fallait mieux connaître le climat passé afin d'établir des liens avec la dynamique forestière. En particulier, on voulait mieux définir la durée du petit Âge glaciaire puisque cette période correspondait à des changements majeurs de composition forestière, parmi lesquels une augmentation prononcée des conifères, notamment de l'épinette rouge (*Picea rubens*; Houle et collab., soumis). Puisque l'existence de données instrumentales (ex. : lues sur un thermomètre) est relativement récente en Amérique du Nord, une méthode indirecte pour estimer la température a dû être utilisée. Ainsi, la fréquence de formation d'un pont de glace sur le fleuve Saint-Laurent, à la hauteur de la ville de Québec (figure 1), a servi d'indicateur du climat entre 1620 et 1910 (Houle et collab., 2007).

La reconstitution des températures hivernales est importante étant donné que la température et la durée des hivers peuvent influencer sur la composition et le fonctionnement des écosystèmes (Saether et collab., 2000; Walther et collab., 2002; Parmesan et Yohe, 2003; Root et collab., 2003). De plus, une meilleure connaissance des températures historiques dans les latitudes nordiques est particulièrement vitale puisque ces régions sont susceptibles de subir un réchauffement climatique d'une plus grande ampleur comparativement à l'ensemble de l'hémisphère Nord (Houghton et collab., 2001).

Les auteurs sont chercheurs à la Direction de la recherche forestière du ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec.

Daniel.houle@mrnf.gouv.qc.ca
jean-david.moore@mrnf.gouv.qc.ca

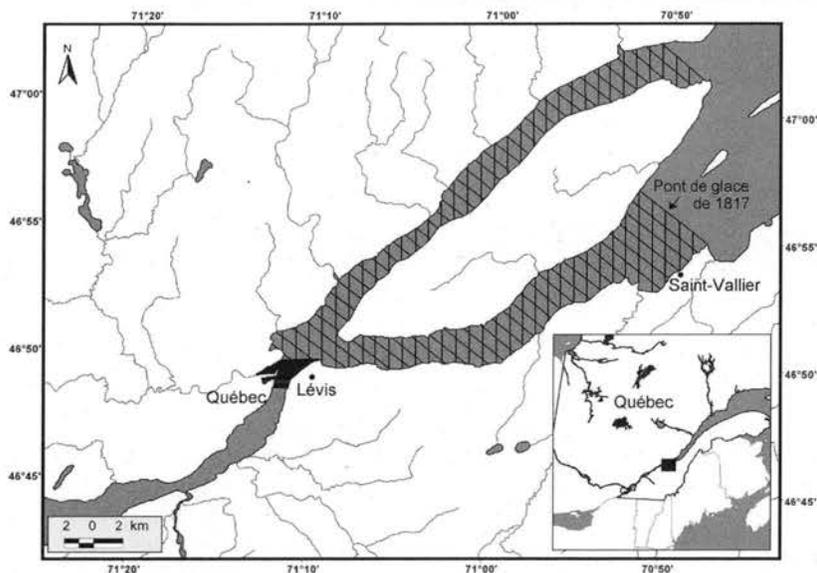


Figure 1. Carte de la région de Québec. Le secteur en noir montre la surface habituellement couverte par le pont de glace au cours de la période étudiée. Le secteur hachuré montre l'étendue exceptionnelle du pont de glace de 1817, probablement reliée à l'éruption volcanique du Tambora.

Dans une première étape, nous présentons la méthodologie utilisée et les résultats de cette étude sur la fréquence de formation des ponts de glace au cours de la période s'étendant de 1620 à 1910.

Méthode

Lorsqu'un pont de glace se formait, couvrant ainsi le fleuve d'une rive à l'autre, les habitants des villes de Québec et de Lévis pouvaient facilement traverser le fleuve (figure 2). C'est pourquoi la formation du pont de glace était un événement très attendu comme en témoignent les documents de l'époque. Parmi les documents historiques que nous avons utilisés pour établir les années de formation des ponts de glace, mentionnons : les correspondances de Champlain (1603-1629), les correspondances de Marie de l'Incarnation (1599-1672), les relations des Jésuites (1632-1678), les Archives des colonies, les observations de Jean-François Gaultier (1742-1748), la Gazette de Québec (1764-1873) et le journal « L'Événement » (1867-1938). Une œuvre de James Pattison Cockburn (1831; figure 2) illustre l'importance des ponts de glace à Québec à cette époque.

Il est important de noter que la chronologie des ponts peut-être considérée comme très fiable à partir de 1740 à cause de la plus grande abondance et de la précision des sources. Les relations des Jésuites couvrent relativement bien les débuts de la colonie à partir d'environ 1620 jusqu'à 1678 et la faible abondance de ponts pendant cette période est souvent corroborée de façon qualitative quand il est fait mention de la rareté de la



Figure 2. James Pattison Cockburn (1779-1847) – Pont de glace, 1831. Un pont de glace sur le fleuve Saint-Laurent à Québec suscite la tenue de nombreuses activités populaires.

www.canadianheritage.ca: ID #23230, Archives nationales du Canada C-95618

formation des ponts ou quand la formation des ponts est qualifiée d'événement exceptionnel. Cependant, la période 1680-1740, quoique couverte par les Archives des Colonies, nous apparaît moins fiable. Des précisions additionnelles sont faites dans Houle et collab. (2006) à ce sujet. Il est aussi important de noter que la fréquence de formation des ponts n'est pas considérée comme une représentation rigoureusement exacte de la rigueur de l'hiver pour une année donnée. En effet, il n'est pas impossible que la dynamique de formation des ponts (qui n'est pas connue en détail) puisse faire en sorte qu'un pont puisse se former à la suite d'une vague de froid intense à l'intérieur d'un hiver relativement doux. C'est pourquoi la formation des ponts est strictement considérée comme un indice qui retrace des tendances sur une échelle de temps plus importante.

Une série de températures pour la région de Québec, provenant de la prise de mesures sur 125 ans (1876 à 2000), a aussi été utilisée. Cette série provient de la combinaison de données de deux stations météorologiques, soit celles du Petit séminaire de Québec (Ministère de l'Environnement; 1876-1959) et de l'aéroport international de Québec (Environnement Canada, 1895-2000; L. Vincent 2005, communication personnelle).

Résultats et discussion

La formation de ponts de glace sur le Saint-Laurent entre Québec et Lévis

On a répertorié la formation de 83 ponts de glace entre Québec et Lévis durant la période allant de 1620 à 1910 (figure 4). La date moyenne de formation fut le 30 janvier, tandis que celle de débâcle fut le 19 avril, pour une durée moyenne des ponts de glace de 72 jours. Au cours de ces 300 années, la fréquence de formation du pont de glace suggère que les XVII^e et XVIII^e siècles (1620-1800; fréquence = 16 %) connurent des hivers plus chauds, alors que le XIX^e siècle (1801-1910; fréquence = 48 %) eut des hivers plus froids. Au cours de ce siècle, la période 1850-1900 fut particulièrement froide (fréquence = 64 %), incluant une période encore plus froide, soit de 1866 à 1885, au cours de laquelle la fréquence de formation du pont de glace atteignit 80 %. À l'inverse, la période 1620-1740 semble avoir été très chaude (fréquence = 6 %), avec une période encore plus chaude, de 1661 à 1740, au cours de laquelle aucun pont n'a été recensé.

Les données instrumentales

Les données instrumentales, prises entre 1876 et 2000, montrent une hausse de la température annuelle de 2,0 °C pour la région de Québec (figure 3). Cette hausse est l'une des plus importantes observées dans le nord-est de l'Amérique du Nord (Zhang et collab., 2000) durant cette période de 125 ans. De plus, il est intéressant de noter qu'au cours de cette période, le réchauffement a été plus grand durant l'hiver (2,4 °C) que durant l'été (1,6 °C), et que les températures d'hiver et d'été n'étaient que faiblement cor-

réelées. Ces derniers résultats suggèrent que les séries de températures développées pour l'hémisphère Nord, lesquelles sont principalement basées sur des composantes estivales, ne peuvent nous renseigner convenablement sur les variations historiques des températures hivernales du nord-est de l'Amérique du Nord, d'où l'importance d'estimer des données hivernales pour cette région.

La formation de ponts de glace en regard des données de températures reconstituées

Afin de vérifier s'il y avait des similitudes entre le climat de la région de Québec et celui de l'hémisphère Nord pour la période de 1620 à 1910, nous avons comparé les données de formation des ponts de glace avec des températures reconstituées pour cet hémisphère (Mann et collab., 1999) et pour l'Islande (Ogilvie et Jónsson, 2001). Le résultat de cette comparaison montre que la fréquence de formation des ponts de glace n'est pas corrélée avec les températures reconstituées pour l'hémisphère Nord, mais est cependant en accord avec l'indice de température hivernale de l'Islande. La faible correspondance avec les données de l'hémisphère Nord semble toutefois causée par la non-concordance des

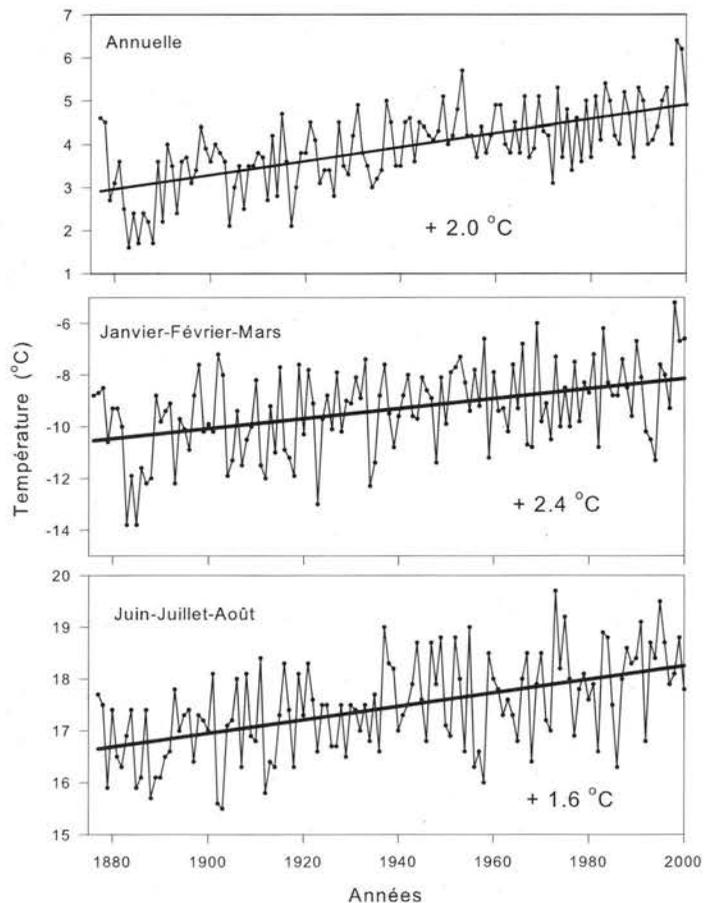


Figure 3. Température moyenne annuelle, hivernale et estivale pour la région de Québec de 1876 à 2000. La ligne pleine indique la tendance moyenne.

données au cours d'une période bien précise, soit de 1620 à 1740. En effet, la faible fréquence de formation des ponts de glace au cours de ces hivers suggère que cette période fut relativement chaude dans la région de Québec, alors que les données pour l'hémisphère Nord (incluant la majeure partie de l'Europe et des États-Unis) suggèrent plutôt que cette période fut relativement froide (Fritts et Lough, 1985; Mann et collab., 1999; Luterbacher et collab., 2004). Le faible taux de formation de ponts de glace à Québec au cours des années 1630 est confirmé par les écrits des missionnaires jésuites qui affirmaient que la présence de pont de glace était rare (Clermont, 1996). De plus, les commentaires des habitants de Québec à cette époque confirment que les hivers furent plutôt chauds au cours des années précédant l'hiver de 1740-1741, qui fut qualifié d'extrêmement sévère (Clermont, 1996).

Fait intéressant, le pont de glace qui s'est formé durant l'hiver 1740-1741 fut l'un de ceux qui ont duré le plus longtemps (95 jours), alors que la durée moyenne était de 72 jours. De plus, il s'est brisé à la date la plus tardive, soit le 9 mai. Des résultats relativement similaires à ceux des indices de température du Québec et de l'Islande ont été obtenus à partir de l'analyse des cernes annuels de croissance d'arbres au Labrador pour la période de 1650-2000 (D'Arrigo et collab., 2003). Dans cette étude, les années 1800 ont été clairement identifiées comme les plus froides, alors que la période de 1650-1800 fut plus chaude. La similitude entre les indices du Québec et de l'Islande, et les données du Labrador, laisse croire à des variations de température similaires pour ces régions de l'Atlantique Nord.

L'effet des éruptions volcaniques sur la formation des ponts de glace à Québec

Il est bien connu que les éruptions volcaniques peuvent influencer le climat terrestre, notamment causer une baisse des températures à la surface du globe pendant les trois à quatre ans suivant une éruption (Mass et Schneider, 1977; Self et collab., 1981; Kelly et Sear, 1984; Briffa et collab., 1998). Afin de vérifier si les éruptions volcaniques avaient influencé les températures de la région de Québec au cours de la période à l'étude, nous avons comparé la fréquence de formation des ponts de glace avec l'activité volcanique après 1715 (tableau 1), soit une période où la chronologie des éruptions volcaniques est bien documentée (Briffa et collab., 1998). Les résultats de cette comparaison ont montré que les éruptions volcaniques majeures provoquaient un refroidissement marqué des températures hivernales dans la région de Québec, jusqu'à quatre ans suivant l'éruption. En effet, la fréquence de formation des ponts de glace dans les années suivant une éruption majeure a été significativement plus élevée que celle entre deux éruptions. Ces résultats s'ajoutent aux évidences qui témoignent que les éruptions volcaniques ont influé sur le climat planétaire au cours des derniers siècles (Briffa et collab., 1998; Adams et collab., 2003).

Parmi les éruptions volcaniques de notre chronologie, celle du Tambora en avril 1815 fut la plus importante. Cette éruption fut responsable de la désormais célèbre « année sans été » de 1816 (Harrington, 1992), qui a touché plusieurs régions du globe. Fait intéressant, le pont de glace qui s'est formé en 1817 semble refléter l'ampleur de cet événement

Tableau 1. Les principales éruptions volcaniques et les ponts de glace entre 1739 et 1910

Les éruption volcaniques			Les ponts de glace	
Volcans	Date	Indice d'explosivité volcanique*	Formation des ponts de glace dans les quatre années suivant l'éruption	Fréquence de formation (%)
Shikotsu	Août 1739	5	1741 et 1743	50
Laki	Juin 1783	4	1784, 1785 et 1787	75
Tambora	Avril 1815	7	1816, 1817, 1818 et 1819	100
Cosiguina	Juin 1835	5	1836, 1837 et 1839	75
Chikurachki	Décembre 1853	5	1854, 1855 et 1857	75
Sheveluch	Février 1854	5		
Krakatoa	Août 1883	6	1884, 1885 et 1887	75
Okataina	Juin 1886	5	1887 et 1888	50

* L'indice d'explosivité volcanique est un estimé de l'ampleur de certaine éruption volcanique historique (Newhall et Self 1982). Cet indice varie de 0 à 8 et l'échelle est logarithmique. Les éruptions volcaniques possédant un indice égal ou supérieur à 5 sont généralement considérées comme importantes (Briffa et collab., 1998).

climatique majeur. En effet, il fut le plus important à jamais s'être formé et s'étendait jusqu'au village de Saint-Vallier, situé à environ 25 km de Québec (figure 1). De plus, les données de ponts de glace suggèrent que l'éruption du Tambora a eu un effet à moyen terme sur la température hivernale de la région de Québec puisque le pont de glace s'est formé lors des quatre années qui ont suivi l'éruption de 1815 (tableau 1).

Tout comme l'ont fait les ponts de glace (tableau 1), les données de températures mesurées pour la région de Québec ont aussi reflété l'influence de l'éruption du Krakatoa (août 1883), qui fut sans aucun doute l'éruption volcanique ayant eu le plus d'effets sur les températures entre 1875 et 2000 (figure 4). L'effet s'est particulièrement fait sentir sur les températures hivernales. Ainsi, la moyenne des températures hivernales entre 1884 et 1888 fut de $-12,3\text{ }^{\circ}\text{C}$, ce qui est inférieur de $4,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ à la moyenne des températures récentes des hivers entre 1981 à 2000 ($-8,3\text{ }^{\circ}\text{C}$). Au cours de la période 1884 à 1888, la fréquence de formation des ponts de glace fut de 75 %. Ces résultats suggèrent que les autres périodes de fortes fréquences de formation de ponts de glace, qui furent élevées entre 1830 et 1910, ont subi des baisses de températures similaires de $4,0\text{ }^{\circ}\text{C}$, comparativement aux températures récentes. Ainsi, il semble que les températures hivernales du nord-est de l'Amérique du Nord entre 1830 et 1910 furent plus froides que celles basées sur la reconstitution des températures ayant une composante estivale. De plus, il appert que l'évaluation du réchauffement des

hivers depuis cette époque a été grandement sous-estimée. Ces résultats soulignent l'importance de données régionales pour mieux connaître l'amplitude réelle des variations climatiques passées.

Conclusion

L'analyse des données de formation des ponts de glace a permis de faire clairement ressortir les variations de températures hivernales de la région de Québec entre 1620 et 1910. Il y a eu une période particulièrement froide entre 1800 et 1910, et plus encore entre 1850 et 1900, alors que la période 1620 à 1740 en fut une plus chaude. Plusieurs périodes de fortes fréquences de formation de ponts de glace furent déclenchées par des éruptions volcaniques d'envergure, ce qui confirme leur rôle comme événements climatiques majeurs. Les résultats de cette étude devraient permettre de mieux comprendre l'influence passée du climat sur la composition de la forêt pendant le petit Âge glaciaire.

Remerciements

Nous tenons à remercier Jean Provencher pour sa contribution à la collecte de données et au développement de l'idée originale. Nous remercions également Juerg Luterbacher et Pierre J.H. Richard pour leurs précieux commentaires, et Trausti Jonsson pour avoir fourni les données de températures d'Islande. ◀

Références

ADAMS, J.B., M.E. MANN et C.P. AMMANN, 2003. Proxy evidence for an El Niño-like response to volcanic forcing. *Nature*, 426: 274-278.

BOISVENUE, C. et S.W. RUNNING, 2006. Impacts of climate change on natural forest productivity - evidence since the middle of the 20th century. *Global Change Biology*, 12: 862-882.

BRIFFA, K.R., P.D. JONES, F.H. SCHWEINGRUBER et T.J. OSBORN, 1998. Influence of volcanic eruptions on Northern Hemisphere summer temperature over the past 600 years. *Nature*, 393: 450-455.

BRIFFA, K.R., 2000. Annual climate variability in the Holocene: Interpreting the message of ancient trees. *Quaternary Science Review*, 19: 87-105.

CLERMONT, N., 1996. A-t-on vécu les hivers d'un petit âge glaciaire en Nouvelle-France? *Géographie Physique et Quaternaire*, 50: 395-398.

CROWLEY, T.J., 2000. Causes of climate change over the past 1000 years. *Science*, 289: 270-277.

D'ARRIGO, R.D., B.M. BUCKLEY, S. KAPLAN et J. WOOLLETT, 2003. Interannual to multidecadal modes of Labrador climate variability inferred from tree rings. *Climate Dynamics*, 20: 219-228.

DEMING, D., 1995. Climatic warming in North America: Analysis of borehole temperatures. *Science*, 268: 1576-1577.

FISCHER, H., M. WERNER, D. WAGENBACH, M. SCHWAGER, T. THORSTEINSON, F. WILHELMS et J. KIPFSTUHL, 1998. Little ice age clearly recorded in northern Greenland ice cores. *Geophysical Research Letters*, 25: 1749-1752.

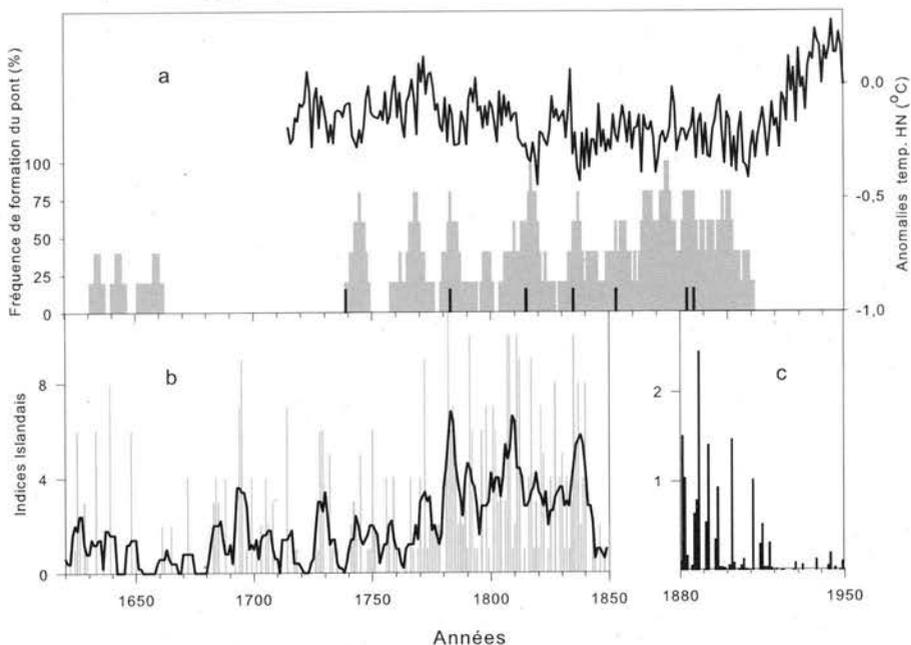


Figure 4. Moyenne mobile (5 ans) de la fréquence de formation des ponts de glace (a, zone grise, axe de gauche) entre 1620 et 1950, et anomalies des températures de l'hémisphère Nord (a, ligne pleine, axe de droite, adapté de Mann et collab., 1999). Les lignes projetées de l'axe du bas représentent les éruptions volcaniques mentionnées dans le tableau 1. L'indice de glace d'Islande (b) (moyenne mobile sur 5 ans) et l'indice de Koch, aussi islandais (c), sont également présentés. Ces indices sont adaptés de Ogilvie et Jónsson (2001).

- FRITTS, H.C. et J.M. LOUGH, 1985. An estimate of average annual temperature variations for North America, 1602 to 1961. *Climatic Change*, 7: 203-224.
- HARRINGTON, C.D., 1992. The year without a summer: World climate in 1816. *Canadian Museum of Nature*, 576 p.
- HOUGHTON, J.T., Y. DING, D.J. GRIGGS, M. NOGUER, P.J. VAN DER LINDEN et D. XIAOSU (édit.), 2001. *Climate change 2001: The scientific basis*. Cambridge University Press, 944 p.
- HOULE, D., J.-D. MOORE et J. PROVENCHER, 2007. Ice bridges on the St-Lawrence River as an index of winter severity from 1620-1910. *Journal of Climate*, 20: 757-764.
- HOULE, D., P.J.H. RICHARD, M. LAFLECHE et O.S. NDZANGOU, (soumis). Climatic control of Red Spruce abundance during the last two Millennia in the Lake Clair watershed, Québec.
- KELLY, P.M. et C.B. SEAR, 1984. Climatic impact of explosive volcanic directions. *Nature*, 311: 740-743.
- LUTERBACHER J, D. DIETRICH, E. XOPLAKI, M. GROSJEAN et H. WANNER, 2004. European seasonal and annual temperature variability, trends, and extremes since 1500. *Science*, 303: 1499-1503.
- MANN, M.E., R.S. BRADLEY et M.K. HUGHES, 1998. Global-scale temperature patterns and climate forcing over the past six centuries. *Nature*, 392: 779-787.
- MANN, M.E., R.S. BRADLEY et M.K. HUGHES, 1999. Northern Hemisphere temperatures during the past millenium: Inferences, uncertainties, and limitations. *Geophysical Research Letters*, 26: 759-762.
- MASS, C. et S.H. SCHNEIDER, 1977. Influence of sunspots and volcanic dust on long-term temperature records inferred by statistical investigations. *Journal of Atmospheric Sciences*, 34: 1995-2004.
- NEWHALL, C.G. et S. SELF, 1982. The volcanic explosivity index (VEI): an estimate of explosive magnitude for historical volcanism. *Journal of Geophysical Research*, 87: 1231-1238.
- OGLIVIE, A.E.J. et T. JÓNSSON, 2001. Little ice age research: A perspective from Iceland. *Climatic Change*, 48: 9-52.
- PARMESAN, C. et G. YOHE, 2003. A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature*, 421: 37-42.
- ROOT, T.L., J.T. PRICE, K.R. HALL, S.H. SCHNEIDER, C. ROSENZWEIG et J.A. POUNDS, 2003. Fingerprints of global warming on wild animals and plants. *Nature*, 421: 57-60.
- SAETHER, B.-E., J. TUFTO, S. ENGEN, K. JERSTAD, O.W. RØSTAD et J.E. SKÅTAN, 2000. Population dynamical consequences of climate change for a small temperate songbird. *Science*, 287: 854-856.
- SAGARIN R.D. et F. MICHELI, 2001. Climate change in non-traditional data sets: the case of the Nenana Ice Classic. *Science*, 294: 811.
- SELF, S., M.R. RAMPINO et J.J. BARBERA, 1981. The possible effects of large 19th-century and 20th-century volcanic eruptions on zonal and hemispheric surface temperatures. *Journal of Volcanologic and Geothermic Research*, 11: 41-60.
- WALTHER, G.R., E. POST, P. CONVEY, A. MENZEL, C. PARMESAN, T.J.C. BEEBEE, J.-M. FROMENTIN, O. HOEGH-GULDBERG et F. BAIRLEIN, 2002. Ecological responses to recent climate change. *Nature*, 416: 389-395.
- ZHANG, X., L.A. VINCENT, W.D. HOGG et A. NIITSOO, 2000. Temperature and precipitation trends in Canada during the 20th century. *Atmosphere-Ocean*, 38: 395-429.
- WILES, G.C., D.J. BARCLAY et P.E. CALKIN, 1999. Tree-ring-dated "Little Ice Age" histories of maritime glaciers from western Prince William Sound, Alaska. *The Holocene*, 9: 163-173.



Soucy-Roy-Gauvreau
NOTAIRES S.E.N.C.

J. DENIS ROY
NOTAIRE ET CONSEILLER JURIDIQUE

5600, boul. des Galeries
bureau 240
Québec (Québec) G2K 2H6
www.soucyroygauvreau.com

Téléphone : 418.626.4449
Télécopieur : 418.623.1040
jdroy@notarius.net

Dr MICHEL COUVRETTE
Chirurgien-dentiste

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

sur rendez-vous
seulement
274-2373

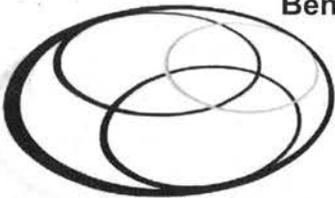


INDUSTRIELLE ALLIANCE
VALEURS MOBILIÈRES INC.

Gervais Comeau
Conseiller en placement

1040, avenue Belvédère, bureau 101
Sillery (Québec) G1S 3G3
Téléphone : (418) 681-2442
Sans frais : 1 800 207-2445
Cellulaire : (418) 882-8282
Télécopieur : (418) 681-7710
Courriel : gervais.comeau@iagto.ca

www.inalco.com



Benoît Gauthier, Ph.D.
Président-directeur général
(418) 659-7607
benoitgau@
visiondeveloppementdurable.com

Vision Développement Durable
3667, rue Pélissier, Québec, Qc G1X 3W9
(418) 659-7607
www.visiondeveloppementdurable.com

Le parc national du Bic: un parc au service de la science, la science au service d'un parc

Claude Lavoie

Résumé

Le parc national québécois du Bic, dans le Bas-Saint-Laurent, a été l'hôte, le 4 mai 2007, du premier colloque sur les recherches scientifiques qui y furent effectuées ou qui s'y effectuent présentement. Vingt-six chercheurs ont présenté à cette occasion leurs découvertes les plus récentes en géologie, géomorphologie, écotoxicologie, biologie et écologie. Ces dernières années, le marais salé et saumâtre du parc a retenu particulièrement l'attention des chercheurs, tout comme les plantes exotiques, l'anguille d'Amérique, les oiseaux de proie, le garrot d'Islande, l'eider à duvet, le porc-épic et les phoques. Toutes ces recherches révèlent le grand intérêt du parc du Bic pour le développement des sciences naturelles ainsi que la pertinence de la conservation de ce territoire exceptionnel pour les générations futures. Cet article souligne à quel point la recherche peut être utile pour améliorer la gestion des ressources naturelles d'un parc.

Introduction

Le 4 mai 2007 se déroule au cœur du parc national du Bic, dans le Bas-Saint-Laurent, une toute première dans l'histoire des parcs nationaux québécois. Plus de 80 personnes s'entassent dans la petite salle de conférence du parc pour entendre 26 chercheurs résumer leurs découvertes récentes en géologie, géomorphologie, écotoxicologie, biologie et écologie. Point commun de ces découvertes? Elles proviennent toutes du parc du Bic. De fait, le parc du Bic est probablement le parc national québécois le plus étudié à ce jour. Pourquoi fait-on autant de recherches dans un parc qui, avec ses 33 km², est un des plus petits parcs nationaux de la province (figure 1)? Les présentations des chercheurs l'expliquent: on trouve dans le parc du Bic une richesse et une diversité exceptionnelles de minéraux, de processus géomorphologiques, de plantes et d'animaux dignes d'attention... et c'est sans compter la beauté des paysages qui ne laisse indifférent ni le biologiste, ni le géographe!

Le parc du Bic a été créé en 1984, mais on y effectue des recherches scientifiques depuis beaucoup plus longtemps. En effet, dès 1904, Merritt Fernald, le célèbre botaniste américain et mentor du frère Marie-Victorin, effectue un premier tour d'horizon de la flore de l'endroit. Fasciné par les multiples plantes rares des falaises, il revient à plusieurs reprises herboriser dans la région, y compris lors de son voyage de noces en 1907 durant lequel il en profite pour escalader les falaises du Bic en compagnie de sa femme... au grand scandale de la population locale! D'autres botanistes célèbres viendront visiter le parc, comme Jacques Rousseau (années 1920 et 1930), qui succédera plus tard à Marie-Victorin comme directeur du Jardin botanique de Montréal,

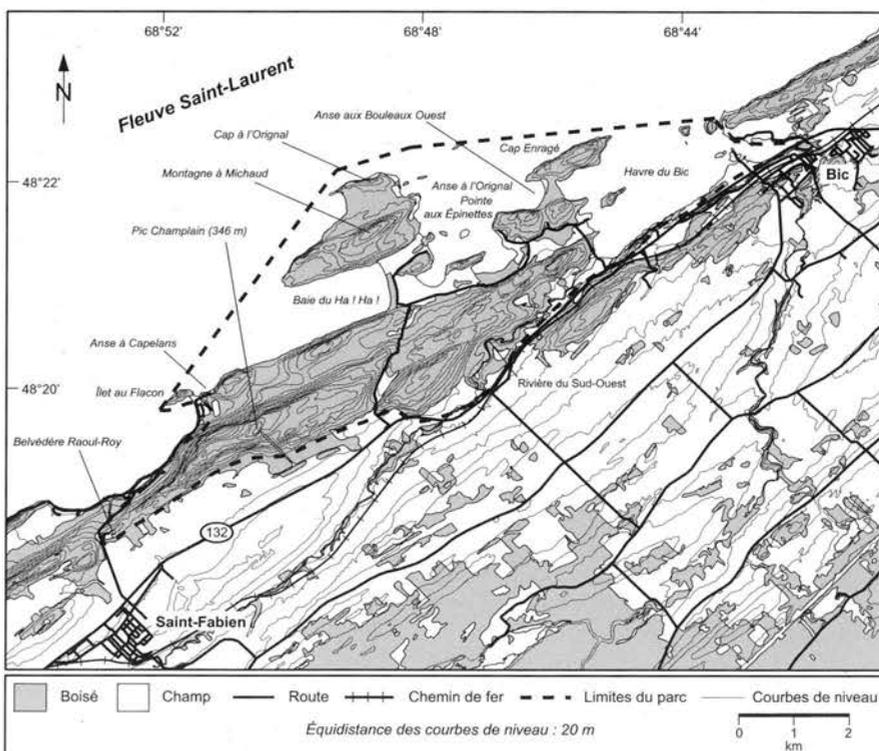


Figure 1. Carte du parc national du Bic, dans la région du Bas-Saint-Laurent, au Québec

et Homer Scoggan (années 1930 et 1940), qui rédigera, à la fin des années 1970, sa fameuse *Flora of Canada*. Toutefois, il n'y a pas que la flore qui attire les chercheurs dans le parc: les ressources minérales, les processus géomorphologiques

Claude Lavoie (biologiste, Ph. D.) est professeur titulaire à l'École supérieure d'aménagement du territoire et de développement régional de l'Université Laval et membre du Centre de recherche en aménagement et développement et du Centre d'études nordiques.

claude.lavoie@esad.ulaval.ca

et la faune locale sont si intéressants qu'ils engendreront, ces dernières années, une multitude de projets de recherche.

Cet article constitue un bref tour d'horizon des travaux présentés lors du colloque. Certaines de ces recherches sont fort avancées, alors que d'autres en sont à leur étape initiale de développement. Toutes révèlent le grand intérêt du parc du Bic pour le développement des sciences naturelles ainsi que la pertinence de la conservation de ce territoire exceptionnel pour les générations futures. Ce compte rendu souligne à quel point la recherche peut être utile pour améliorer la gestion des ressources naturelles d'un parc.

Un paysage sous toutes ses formes

Le relief très particulier du Bic (crêtes rocheuses, falaises abruptes, tombolos, etc.) attire depuis plusieurs générations les vacanciers qui apprécient la beauté des paysages. Rares sont toutefois ceux qui sont en mesure d'en expliquer l'origine et la dynamique aussi bien que Jean-Claude Dionne, professeur émérite de l'Université Laval, qui a effectué ses premières excursions géologiques et géomorphologiques au cap à l'Original au début des années 1950. Il a depuis publié plusieurs articles sur les phénomènes géomorphologiques qui peuvent être observés dans le parc du Bic. En l'espace d'une trentaine de minutes lors du colloque du 4 mai, Jean-Claude Dionne aura mis en lumière toute la richesse du patrimoine minéral du Bic, que ce soit en présentant les grandes formes du relief (reliefs structuraux caractérisés par des plis et des failles) ou en illustrant les principaux types de roches que l'on trouve dans le parc (principalement des schistes, des grès et des conglomérats calcaires). Toutes les structures minérales du parc sont affectées à des degrés divers par l'érosion (figure 2), que ce soit celle engendrée par le froid (gélifrac-

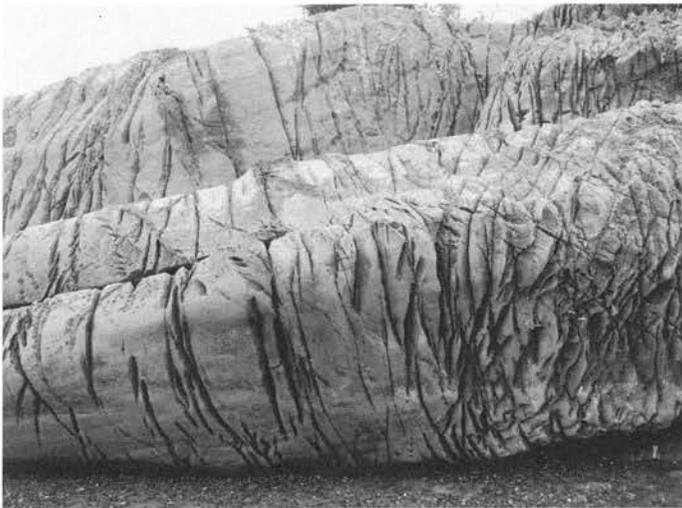


Figure 2. Un des nombreux phénomènes géologiques et géomorphologiques observables dans le parc du Bic: un gros bloc de grès strié de rigoles, près du marais de la pointe aux Épinettes. Il s'agit en fait d'un bloc avec fissures remplies de calcite. Comme la calcite se dissout beaucoup plus facilement que le grès, il en résulte un bloc rocheux à l'allure très particulière.

tion) qui fait fendre les rochers, par l'eau (dissolution et corrosion des roches calcaires, abrasion des rochers sous l'impact des vagues) ou la glace (déplacement de blocs pesant parfois plusieurs tonnes sous l'action combinée de la glace et des marées). Là où l'on trouve des falaises, on observe à coup sûr à leur base un talus d'éboulis constitué de blocs de différentes formes et grosseurs, parfois d'origine très ancienne (maintenant recouverts d'arbres), parfois beaucoup plus récents (tombés il y a quelques années à peine). En somme, le parc du Bic constitue un laboratoire extraordinaire pour l'étude des phénomènes qui structurent les formes du paysage, soit sur une très courte période (par exemple, l'action des glaces), ou sur des périodes beaucoup plus longues comme celles qui régissent le mouvement des glaciers. On aurait toutefois avantage à les mettre en évidence (panneaux, livrets, visites guidées) pour le plus grand bénéfice des visiteurs.

Un marais sous la loupe des chercheurs

On trouve, dans le parc du Bic, un grand marais, tout près de la pointe aux Épinettes, qui passionne les chercheurs à plus d'un titre (figure 3). Outre le fait qu'il soit colonisé par une quantité exceptionnelle d'espèces végétales propres aux milieux humides d'eau douce, d'eau saumâtre et d'eau salée, on y voit de petites cuvettes dont la dynamique est tout à fait particulière. Ces marelles se forment à l'emplacement d'un gros bloc rocheux déplacé par les glaces lors de la débâcle. La dépression laissée derrière se remplira d'eau et d'une foule de micro-organismes, d'invertébrés et de petits poissons qui constituent des maillons importants de la chaîne alimentaire locale. Si le mécanisme de formation des marelles est bien connu, on ne connaît toutefois pas grand-chose de la fréquence et de la dynamique du déplacement des gros blocs. Pour en connaître davantage, Urs Neumeir, de l'Université du Québec à Rimouski, a inséré, en 2006, une puce électronique dans 190 blocs de la batture argileuse et du marais. La position exacte des puces a été localisée au centimètre près avec un système de positionnement géographique très



Figure 3. Le marais de la pointe aux Épinettes

sophistiqué. Chaque printemps au cours des cinq années à venir, Urs Neumeir retournera dans le secteur du marais pour retracer les blocs à puce et constater le déplacement de ces mêmes blocs au cours de l'hiver précédent. Un bel exemple de technologies au service de la géomorphologie.

Un marais comme celui de la pointe aux Épinettes constitue un véritable filtre pour les polluants de toutes sortes. Malheureusement, on prend bien peu soin de ces milieux humides fragiles. On les remplace souvent par des champs agricoles ou des zones résidentielles, ou on y déverse une foule de substances toxiques que les marais arrivent difficilement à absorber. C'est notamment ce qui se passe dans le marais de Pointe-au-Père, près de Rimouski, à environ 29 km au nord-est du parc du Bic. Le marais a subi un grand nombre de perturbations : il a été en bonne partie remblayé et on y acheminait, jusqu'à tout récemment, des ordures et des eaux usées. Parvient-il toujours, malgré tout, à tirer son épingle du jeu ? La seule façon de le savoir était de comparer son fonctionnement avec celui du marais de la pointe aux Épinettes qui, lui, est fort peu perturbé. Patrick Poulin, Karine Lemarchand et Émilien Pelletier, de l'Université du Québec à Rimouski, se sont récemment attelés à cette tâche. Ce qu'ils ont découvert est rassurant : malgré toutes les perturbations qui ont affecté au fil des ans le marais de Pointe-au-Père, sa performance biogéochimique est à peu près similaire à celle du marais de la pointe aux Épinettes. On trouve en effet dans les deux marais une forte activité biologique, ce qui se traduit notamment, au cours de l'été, par une productivité primaire considérable (Poulin et collab., 2007). C'est un indice de la résistance aux perturbations du marais de Pointe-au-Père. Il semble donc encore en bonne santé... pour le moment ! Une grande question cependant demeure pour tous les marais qui bordent le fleuve et l'estuaire du Saint-Laurent : comment survivront-ils à la hausse rapide du niveau marin qui est prévue pour les prochaines décennies ? Le marais de la pointe aux Épinettes sera un site privilégié pour observer les bouleversements attendus.

Une flore qui s'enrichit

La flore du parc du Bic intéresse depuis longtemps les botanistes. Non sans raison : sur à peine 19 km² (superficie de la partie terrestre du parc), on a trouvé, jusqu'à ce jour, 731 espèces de plantes vasculaires, soit pas moins de 29 % de la flore du Québec (Lavoie et Saint-Louis, 2007). On y a trouvé aussi 22 taxons (espèces, sous-espèces ou variétés) rares, ce qui fait du parc un point chaud de rareté dans la province (Tardif et collab., 2005). Cette richesse s'explique par la diversité des habitats du parc (falaises, forêts de feuillus et de conifères, champs en friche, plages, milieux humides d'eau douce et d'eau salée), mais aussi par la présence de roches calcaires qui, bien que peu fréquentes dans la bande côtière de la rive sud de l'estuaire du fleuve Saint-Laurent, sont néanmoins essentielles à l'établissement de bon nombre de plantes.

Une étude récente effectuée par l'auteur et Annie Saint-Louis (Université Laval) montre que la flore du parc

a changé depuis sa création en 1984. On trouve de nos jours plus d'espèces dans le parc qu'à n'importe quelle autre époque, mais le pourcentage d'espèces exotiques a augmenté de manière significative depuis 1984, passant de 16 à 25 %. Relativement peu d'espèces ont été perdues depuis la création du parc (34) – surtout si l'on compare cette situation avec celle des parcs de taille similaire en milieu urbain comme à Boston ou à New York (Drayton et Primack, 1996; DeCandido, 2004) – mais la majorité (88 %) des pertes est cependant constituée d'espèces indigènes. En somme, malgré sa petite superficie, le parc du Bic protège avec succès sa flore, sans pour autant empêcher l'introduction d'espèces exotiques. Des changements dans l'utilisation des terres du parc, une augmentation du nombre de visiteurs et la plantation d'espèces ornementales ont contribué à augmenter le nombre de plantes exotiques dans le parc au cours des deux dernières décennies (Lavoie et Saint-Louis, 2007).

Deux plantes exotiques ont particulièrement retenu l'attention des chercheurs dans le parc du Bic ces dernières années. Le gaillet mollugine (*Galium mollugo*) est une plante eurasiatique introduite au Québec vers 1915. On le trouve dans le territoire occupé actuellement par le parc du Bic depuis au moins 1940. Il est demeuré très discret dans le parc jusqu'à la fin des années 1990. Il prolifère depuis, surtout le long des talus des routes et dans les champs en friche du parc. Il y a un lien très net, établi par Geneviève Meunier et l'auteur, entre la proximité d'une route pavée et la présence et l'abondance du gaillet dans un champ. Cela dit, c'est moins la présence d'asphalte que le bouleversement du sol lors de la construction de la route et la création de larges talus favorables à l'établissement de la plante qui seraient responsables de sa prolifération.

Marjorie Mercure et Anne Bruneau, de l'Université de Montréal, ont pour leur part concentré leur attention sur les magnifiques rosiers qui abondent dans le parc du Bic (figure 4). La plupart des rosiers du Bic ne sont pas indigènes.



Figure 4. Les rosiers (ici, le rosier rugueux, ou *Rosa rugosa*) abondent dans le parc du Bic, surtout là où on trouvait autrefois des chalets accueillant les vacanciers pendant la période estivale.

nes. Introduit d'Eurasie (*Rosa rugosa*, ou rosier rugueux) à des fins ornementales dès le début des années 1930, il entre depuis en compétition avec le rosier indigène (*Rosa blanda*, ou rosier inerme) qui, lui aussi, pousse dans le parc. Quel est le problème? Ces rosiers se reproduisent entre eux et forment des hybrides qui sont de plus en plus abondants. Or, si le rosier rugueux est envahissant, on peut craindre que son rejeton hybride le soit encore davantage, car à la vigueur et à la résistance aux maladies du rosier rugueux pourrait s'ajouter la grande tolérance aux conditions écologiques les plus diverses du rosier inerme.

Une anguille voyageuse

La petite rivière du Sud-Ouest, qui coule dans la partie sud du parc du Bic, n'est guère impressionnante. Pourtant, elle constitue une mine d'information pour les scientifiques qui s'intéressent aux anguilles d'Amérique (*Anguilla rostrata*). Guy Verreault et Rémi Tardif, du ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec, suivent depuis plusieurs années l'épopée des anguilles qui remontent le cours de la rivière pour se rendre dans les lacs en amont où elles pourront croître pendant une vingtaine d'années avant d'atteindre l'âge adulte. Une fois adultes, elles feront le même chemin en sens inverse pour retourner dans la mer des Sargasses, près des Antilles, afin de se reproduire. Si la rivière du Sud-Ouest est accueillante pour l'anguille en raison de son eau limpide, il y a toutefois un petit inconvénient : une chute de huit mètres doit être franchie avant d'atteindre les lacs. Obstacle infranchissable? Assurément pour les quelques saumons qui élisent domicile dans la rivière, mais pas du tout pour l'anguille. Comme ce poisson peut respirer hors de l'eau, il s'agrippe aux parois humides, rampe jusqu'à son sommet, puis réintègre la rivière afin de poursuivre sa route (figure 5).

Guy Verreault et Rémi Tardif sont inquiets du sort des anguilles du continent. La migration de ces poissons est rendue difficile par les multiples obstacles qui se dressent

sur leur parcours. Les barrages forment des barrières physiques considérables lors de la montaison et le franchissement d'une turbine hydro-électrique constitue une source de mortalité très importante pour les anguilles en dévalaison (Verreault et Dumont, 2003). Conséquence : les populations d'anguilles sont en déclin partout en Amérique du Nord. Si près de 600 tonnes d'anguilles étaient pêchées chaque année dans le fleuve Saint-Laurent au début des années 1980 (près de 1 000 tonnes dans les années 1930), on n'en pêche plus guère qu'une centaine de nos jours (Caron et collab., 2007). La petite population de la rivière du Sud-Ouest n'échappe pas non plus au déclin : plus de 16 000 anguilles remontaient la rivière en 1994, mais moins de 500 l'on fait chaque année entre 1998 et 2004. La situation s'est un peu améliorée depuis (un peu plus de 2 000 anguilles en 2005 et 2006), mais le nombre ne dit pas tout. Les anguilles qui sont montées en 2006 ont en moyenne deux ans de plus que celles qui montaient en 1994. En d'autres termes, la population vieillit et s'essouffle : elle manque de relève.

Des oiseaux qui migrent, d'autres qui nichent

Le parc du Bic n'est pas oublié des ornithologues qui y ont effectué plusieurs travaux ces dernières années. Ce site est particulièrement prisé des amateurs de rapaces. Ils peuvent y observer des oiseaux de proie migrateurs qui font face à un dilemme : traverser l'estuaire du fleuve Saint-Laurent pour poursuivre leur route vers le nord ou chercher un endroit où le cours d'eau est plus étroit et plus facile à franchir. Les quelques oiseaux qui tentent la traversée se ravissent rapidement : trop épuisant ! La très grande majorité des buses, éperviers et pygargues longeront plutôt la rive sud de l'estuaire en direction de Québec jusqu'à ce qu'ils estiment pouvoir faire la traversée sans risque.

Récemment, le Regroupement Québec Oiseaux a pris la relève du Club des ornithologues du Bas-Saint-Laurent qui effectuait depuis 2002 un dénombrement minutieux des

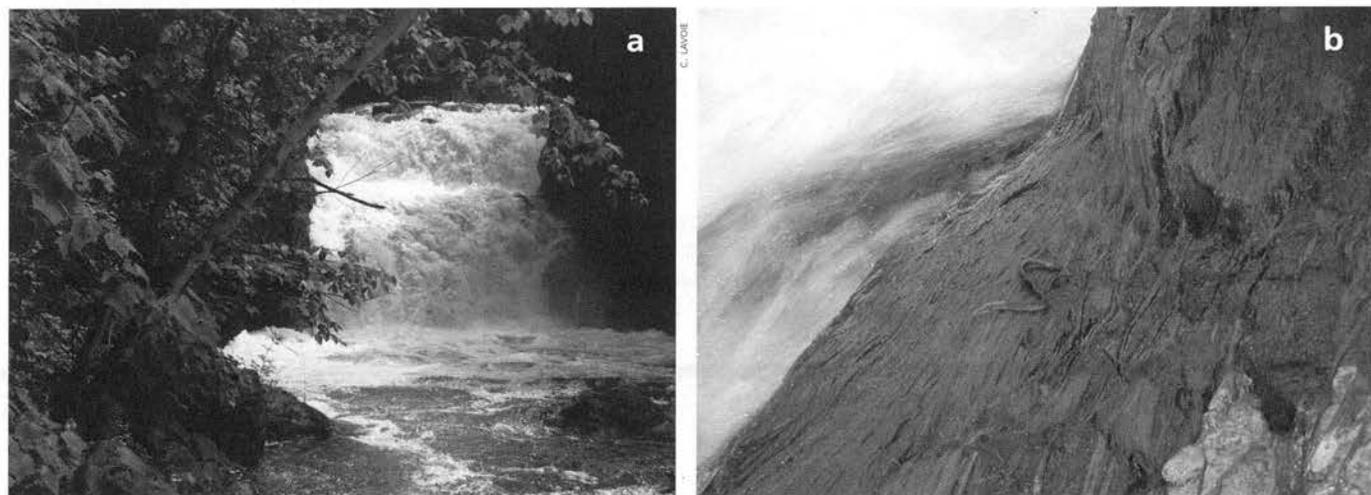


Figure 5. Chute infranchissable pour l'anguille (a)? C'est mal connaître ce poisson qui peut survivre hors de l'eau, s'agripper aux rochers et surmonter l'obstacle (b).

rapaces migrateurs vus du belvédère Raoul-Roy, à l'extrémité ouest du parc. Chaque jour, de la fin de mars à la fin de mai, un ou plusieurs observateurs aguerris comptent tous les rapaces qui passent à proximité du belvédère (figure 6). Plus de 28 000 individus ont été observés de 2002 à 2007, particulièrement des buses à queue rousse (*Buteo jamaicensis*), des éperviers bruns (*Accipiter striatus*) et des buses pattues (*Buteo lagopus*). Un tel travail contribue à l'étude des tendances des populations d'oiseaux de proie ainsi qu'à la détermination des trajets et des périodes de migration printanière.



Figure 6. Un groupe d'ornithologues aux aguets au belvédère Raoul-Roy, lors de la migration des oiseaux de proie au printemps

Les garrots d'Islande (*Bucephala islandica*) sont moins nombreux que les oiseaux de proie au Bic. La population de l'est de l'Amérique du Nord ne compte qu'environ 5 000 individus. Cela dit, bon nombre fréquentent l'estuaire du fleuve Saint-Laurent. L'ornithologue averti pourra d'ailleurs en observer plusieurs dizaines, voire quelques centaines, au Bic tard à l'automne et tôt au printemps, plus particulièrement à l'anse à Capelans, près de l'ilet au Flacon (figure 7). Pour mieux cerner les habitudes de vie de cet oiseau discret et menacé par les déversements de pétrole accidentels, la coupe forestière (ce canard niche dans la cavité



Figure 7. Le garrot d'Islande, un oiseau discret qui fréquente les anses du parc du Bic en hiver.

Figure 8. Eiders à duvet (mâle, en blanc et noir, et femelle, toute brune) au repos dans le parc du Bic



d'un arbre) et la chasse, une équipe du Service canadien de la faune, dirigée par Michel Robert, a suivi, à la fin des années 1990, les déplacements des garrots d'Islande de l'estuaire. Un émetteur a été implanté dans le corps d'une vingtaine d'individus de manière à localiser par satellite leur position exacte jour après jour. Le suivi a montré que les garrots hivernent bel et bien dans l'estuaire, tout particulièrement le long de sa rive nord au cours des mois les plus froids. Toutefois, contrairement à ce que l'on croyait au départ, ils ne nichent pas dans l'Arctique, mais plutôt dans la forêt boréale de la Côte-Nord, non loin de l'estuaire. Une fois les femelles fécondées, c'est-à-dire dès le mois de juin, les mâles se déplacent vers le nord du Québec et du Labrador pour y muer, ce qui explique la confusion des ornithologues qui, y voyant des mâles en plein été, supposaient que les femelles et les couvées ne devaient pas se trouver bien loin (Robert et collab., 2000, 2002).

Les visiteurs du parc du Bic ne peuvent manquer de voir les nombreux eiders à duvet (*Somateria mollissima*) qui pataugent dans les différentes baies de l'estuaire (figure 8). Il faut dire que le parc est situé tout près de l'île Bicquette (à environ sept kilomètres au large du cap à l'Original), qui est de loin le principal site de nidification de l'eider dans l'estuaire du fleuve Saint-Laurent, avec près de 10 000 nids. Une équipe de l'Université du Québec à Montréal et du Service canadien de la faune (Jean-François Giroux, Hélène Diéval, Jean-Pierre Savard) suit depuis plusieurs années les populations d'eiders de l'estuaire – et plus particulièrement celle qui fréquente l'aire marine du parc du Bic – grâce notamment à un programme intensif de baguage. On a remarqué que les populations d'eiders de l'estuaire fluctuent beaucoup d'une année à l'autre, parfois en raison de l'arrivée d'un prédateur (renard) sur une île, parfois en raison d'une mortalité massive d'individus associée à une épidémie de pasteurellose, maladie d'origine bactérienne souvent fatale pour l'eider (Groupe conjoint de travail sur la gestion de l'Eider à duvet, 2004). L'équipe a aussi remarqué que l'on voit aujourd'hui moins d'eiders le long des différentes anses du parc qu'au début des années 1970. Les visiteurs qui fréquentent les plages et qui pourraient déranger les eiders ne

semblent pas responsables de cette diminution. On suspecte plutôt une prédation accrue des jeunes eiders par le goéland marin (*Larus marinus*), qui est de plus en plus abondant dans l'estuaire (Chapdelaine et Rail, 2004).

Un sujet qui a du piquant

C'est probablement au parc du Bic que, certaines années, se trouve la plus grande densité au monde de porcs-épics d'Amérique (*Erethizon dorsatum*). Par exemple, au début des années 1990, on ne comptait pas moins de 40 individus au kilomètre carré dans le parc ! L'abondance d'abris sous roche et de nourriture explique en partie une si grande densité au Bic. Cette abondance de porcs-épics ne peut faire autrement qu'attirer l'attention des chercheurs. Un groupe de l'Université du Québec à Rimouski étudie depuis plusieurs années la population et les mœurs de cet animal méconnu. Yves Lemay et ses étudiants au baccalauréat en biologie ont, par exemple, constaté récemment un changement radical dans l'abondance du porc-épic. Alors qu'il était ultra-abondant il y a à peine 15 ans, il est devenu presque inexistant depuis 2003 (un à trois individus au kilomètre carré). La cause du déclin ? Un plus grand nombre de pékans (*Martes pennanti*), le seul prédateur assez habile pour passer outre la formidable muraille d'aiguilles du porc-épic. Pour arriver à ses fins, cette grosse martre mord le porc-épic à la tête, le renverse et lui déchire l'abdomen. Plus facile à dire qu'à faire, mais les inventaires récents de porcs-épics suggèrent que cela fonctionne bel et bien.

Le déclin récent du porc-épic n'est pas nécessairement un phénomène nouveau. Ilya Klvana, Dominique Berteaux et Bernard Cazelles ont pu le constater en reconstituant l'évolution des populations de porcs-épics du parc depuis 1868. Comment ont-ils pu remonter si loin dans le temps ? Le porc-épic gruge l'écorce des arbres (particulièrement les pins) pour se nourrir l'hiver. Il en résulte une cicatrice sur le tronc nettement visible (figure 9). La croissance du tronc cesse là où se trouve la cicatrice, mais se poursuit tout autour. Comme les troncs des arbres produisent des anneaux de croissance (ou cernes), on peut déterminer en prélevant un petit échantillon de bois (ou carotte) l'année au cours de laquelle la cicatrice a été produite. Si on récolte une carotte sur un grand nombre de cicatrices, puis qu'on date toutes les cicatrices et qu'on collige leur nombre en fonction des années de formation, on peut obtenir une estimation indirecte du nombre de porcs-épics au fil du temps. Les chercheurs ont ainsi pu constater que la population du parc du Bic fluctue beaucoup, mais en suivant deux cycles réguliers d'une durée de 11 et 22 ans qui correspondent étrangement aux cycles des taches solaires. Le porc-épic n'est évidemment pas influencé directement par les taches. Par contre, les cycles solaires influenceraient le climat de la région, et notamment la quantité de neige qui tombe au Bic. Comme on sait que des hivers très neigeux ou rigoureux ont un impact négatif sur la survie des porcs-épics, c'est peut-être là que réside



Figure 9. L'hiver, le porc-épic se nourrit de la couche de cellules vivantes (cambium) qui se trouve tout juste sous l'écorce des arbres, ce qui laisse une cicatrice sur le tronc.

l'explication de la concordance cycles solaires – cycles porc-épic (Klvana et collab., 2004). Le pékan a probablement aussi une certaine influence sur la durée du cycle du porc-épic. Quoi qu'il en soit, un certain mystère plane encore sur la population de porcs-épics du parc, et l'équipe de Dominique Berteaux poursuit ses recherches pour tenter de le résoudre.

Amélie Rivet et Serge Payette (Université Laval), avec l'aide de Dominique Berteaux, se sont pour leur part intéressés à la pinède de la montagne à Michaud. Une partie de la montagne est en effet couverte de pins gris (*Pinus banksiana*), nourriture hivernale par excellence du porc-épic. Ils ont d'abord constaté que les pins sont très âgés : ils ont tous plus d'une centaine d'années. S'il n'y a pas de jeunes pins, c'est parce qu'il n'y a pas eu d'incendie sur la montagne récemment ; sans feu, les cônes de pins recouverts d'une résine protectrice ne s'ouvrent pas et ne disséminent donc pas leurs graines. La forêt se régénère plutôt en sapin baumier (*Abies balsamea*), espèce nettement moins prisée par le porc-épic. L'examen des cicatrices des pins confirme, pour sa part, la grande abondance du porc-épic à la fin des années 1980 et le fort déclin de la population depuis 2000. Cette recherche met donc en relief toute la complexité des liens qui unissent les pins, les porcs-épics et les pékans.

Un emblème pour le parc

Les phoques sont sans contredit les vedettes du parc du Bic chez le grand public, à un point tel que le parc en a fait son emblème. Il est facile de les observer dans les différentes anses du parc, particulièrement à l'anse aux Bouleaux Ouest où ils se reposent sur les rochers lors des belles journées d'été. On trouve deux espèces de phoques dans le parc (figure 10), soit le phoque commun (*Phoca vitulina*), qui réside toute l'année dans les environs du parc, et le phoque gris (*Halichoerus grypus*).



L.F. COSELIN

Figure 10. Un des deux phoques les plus fréquemment rencontrés au Bic, soit le phoque commun

Le biologiste Mike Hammill et ses étudiants et collaborateurs de l'Institut Maurice-Lamontagne étudient, depuis plusieurs années, les phoques de l'estuaire du fleuve Saint-Laurent. Grâce à toute une panoplie d'appareils et de techniques, ils dénombrent les phoques, suivent leurs déplacements, reconstituent les cycles de plongée et de remontée et caractérisent la génétique et la santé des populations. On a ainsi pu estimer entre 700 et 1 300 individus la population résidente de phoques communs dans l'estuaire, dont 120 à 190 au parc du Bic. Le parc est, de fait, le plus important site pour cette espèce dans cette partie du fleuve (Robillard et collab., 2005). Ces phoques se nourrissent essentiellement de capelans (*Mallotus villosus*), d'éperlans arc-en-ciel (*Osmerus mordax*), de harengs Atlantique (*Clupea harengus*), de lançons du Nord (*Ammodytes dubius*) et de plies rouges (*Pleuronectes americanus*). On a également pu vérifier si les embarcations de touristes dérangent les phoques lorsqu'elles s'approchent pour en faciliter l'observation. Les bateaux à moteur ne dérangent pas plus les phoques que les kayaks, mais dans un cas comme dans l'autre, les phoques plongent sept ou huit fois sur dix si les embarcations les approchent à moins de 100 m (Henry et Hammill, 2001). Plus préoccupante est la contamination des phoques. Le phoque commun du Bic figure parmi les organismes les plus contaminés par les composés organiques persistants du fleuve Saint-Laurent, ce qui pourrait compromettre la survie à long terme de la

population (Bernt et collab., 1999; Hobbs et collab., 2002; Law et collab., 2003). Celle-ci pourrait par contre être utilisée comme espèce sentinelle (indicateur) pour approfondir les connaissances de la dynamique et de la bioaccumulation des contaminants persistants chez les organismes qui se situent au bout de la chaîne alimentaire.

Que faire de toutes ces recherches ?

Si on demande à un biologiste ou à un géographe la première raison pour laquelle il effectue ses travaux dans un parc, il répondra probablement que c'est parce qu'il y trouve un îlot de nature qui lui permet de comprendre de quelle manière fonctionnent les processus naturels et les organismes vivants dans des environnements sains. Inclure, par exemple, un marais comme celui de la pointe aux Épinettes au sein d'un parc le protège de la pollution locale. On peut donc l'utiliser comme jalon pour évaluer l'état de santé d'autres marais. L'interdiction de la chasse et de la coupe de bois dans le parc du Bic a peut-être favorisé, pour sa part, le rétablissement de dynamiques écologiques naturelles dont on ne soupçonnait guère l'importance jusqu'à tout récemment, comme les liens surprenants entre le cycle d'activité solaire et les dynamiques de populations animales, ou encore la disparition d'une pinède faute de feu. Un parc agit donc comme témoin et peut aider les scientifiques à évaluer l'envergure de l'impact de l'homme sur la nature.

On peut se servir d'un parc pour vérifier si cette forme de protection du territoire joue bien son rôle, à savoir la conservation des ressources naturelles pour les générations futures. L'étude de la flore du parc du Bic met en lumière que la petite superficie du parc ne constitue pas nécessairement un handicap à court terme pour la conservation des plantes vasculaires. Les travaux sur les anguilles, les garrots et les phoques montrent pour leur part que la rivière et les anses du parc constituent de réels refuges pour ces espèces en situation précaire. Ce sont de bonnes nouvelles, mais encore faut-il demeurer vigilants. Même protégé, le territoire du parc du Bic n'est pas à l'abri des espèces envahissantes, des contaminants de toutes sortes ou du dérangement par les touristes.

Une recherche effectuée dans un parc peut avoir des retombées très concrètes pour les gestionnaires. Le travail sur la flore du parc du Bic a incité la direction à revoir un projet de sentier pédestre, à faire des démarches pour annexer au parc une petite tourbière riche en plantes rares et même... à fermer un emplacement de camping situé trop près d'un étang à flore unique ! Le projet sur le gaillet pourrait, quant à lui, entraîner une remise en question des projets de pavage de routes, que ce soit au Bic ou ailleurs dans le réseau des parcs. Les études sur le dérangement des eiders et des phoques par les touristes remettent les pendules à l'heure sur l'impact réel de certaines activités de loisir, mais mettent aussi en garde les gestionnaires contre une utilisation abusive du territoire à des fins récréatives. Enfin, et c'est peut-être la chose la plus importante, toutes ces connaissances sur la géologie, la géomorphologie, la flore et la faune sont transmises au public

dans le petit journal du parc, lors d'expositions ou au cours des causeries données par les guides naturalistes ou les chercheurs lors de leurs visites estivales. Quand on sait que le parc attire chaque année plus de 160 000 personnes, c'est un effort d'éducation significatif qui favorise le développement, chez le public, d'un plus grand respect de la nature.

Le géographe Jean-Claude Dionne concluait sa conférence de cette manière : « Au crépuscule, quand l'astre de feu, source de vie et d'énergie, termine sa course dans le ciel bleu et qu'il sombre à l'horizon, dans les eaux froides de la Côte-Nord, dans un dernier soupir, il enflamme parfois le sommet de la grande muraille. Épuisé de sa longue randonnée dans le parc du Bic, le visiteur, attardé sur les rives de la baie du Ha! Ha!, se recueille et remercie la Nature de sa grande générosité. Le parc du Bic demeure un milieu privilégié. Sachons mettre en valeur sa richesse et sa beauté. À l'instar de ceux qui ont foulé ce sol avant nous, efforçons-nous de le conserver comme héritage pour les générations futures. » N'est-ce pas là, en effet, une invitation à se ressourcer encore et encore au parc national du Bic, que ce soit pour y trouver de nouvelles idées de recherche ou, tout simplement, y goûter un repos bien mérité?

Remerciements

Cet article n'aurait pu voir le jour sans le travail assidu de tous les biologistes et géographes qui ont choisi le parc national du Bic pour y effectuer leurs travaux. Le texte de cet article a d'ailleurs été revu par plusieurs d'entre eux, que l'auteur remercie très sincèrement. Les travaux des chercheurs auraient été beaucoup plus ardues sans l'exceptionnelle collaboration du personnel du parc national du Bic, et plus particulièrement du directeur, Herven Holmes, et de la responsable du Service de la conservation et de l'éducation, Marlène Dionne. Les projets de recherche sont toujours accueillis avec enthousiasme par Herven et Marlène, et le personnel du parc ne ménage pas ses efforts pour faciliter la tâche des chercheurs. Enfin, le colloque du 4 mai 2007 n'aurait pu avoir lieu sans la participation financière du parc national du Bic et celle du Centre d'études nordiques (Université Laval, Université du Québec à Rimouski, Institut national de la recherche scientifique Eau, Terre et Environnement). ◀

Références

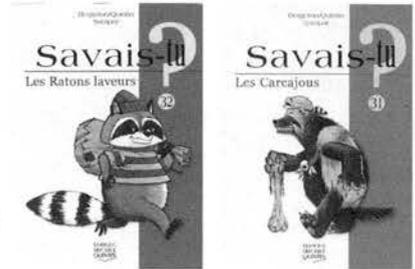
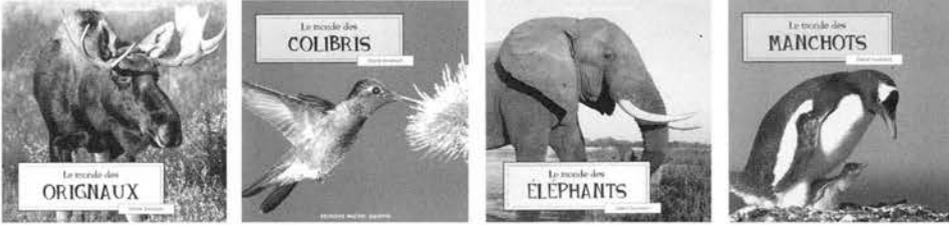
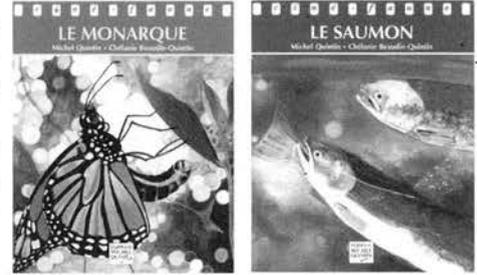
BERNT, K.E., M.O. HAMMILL, M. LEBEUF et K.M. KOVACS, 1999. Levels and patterns of PCBs and OC pesticides in harbour and grey seals from the St. Lawrence Estuary, Canada. *Science of the Total Environment*, 244: 243–262.

- CARON, F., P. DUMONT, Y. MAILHOT et G. VERREAULT, 2007. L'anguille au Québec, une situation préoccupante. *Le Naturaliste canadien*, 131 (1): 59–66.
- CHAPDELAINE, G. et J.-F. RAIL, 2004. Plan de conservation des oiseaux aquatiques du Québec. Environnement Canada, Service canadien de la faune, région du Québec, Division des oiseaux migrateurs, Sainte-Foy, 99 p.
- DECANDIDO, R., 2004. Recent changes in plant species diversity in urban Pelham Bay Park, 1947–1998. *Biological Conservation*, 120: 129–136.
- DRAYTON, B., et PRIMACK, R.B. 1996. Plant species lost in an isolated conservation area in Metropolitan Boston from 1894 to 1993. *Conservation Biology*, 10: 30–39.
- GRUPE CONJOINT DE TRAVAIL SUR LA GESTION DE L'EIDER À DUVET, 2004. Plan québécois de gestion de l'Eider à duvet *Somateria mollissima dresseri*. Publication spéciale du Groupe conjoint de travail sur la gestion de l'Eider à duvet, Québec, 44 p.
- HENRY, E. et M.O. HAMMILL, 2001. Impacts of small boats on the haulout activity of harbour seals (*Phoca vitulina*) in Métis Bay, St. Lawrence Estuary, Québec, Canada. *Aquatic Mammals*, 27: 140–148.
- HOBBS, K.E., M. LEBEUF et M.O. HAMMILL, 2002. PCBs and OCPs in male harbour, grey, harp and hooded seals from the Estuary and Gulf of St. Lawrence, Canada. *Science of the Total Environment*, 296: 1–18.
- KLVANA, I., D. BERTEAUX et B. CAZELLES, 2004. Porcupine feeding scars and climatic data show ecosystem effects of the solar cycle. *American Naturalist*, 164: 283–297.
- LAVOIE, C. et A. SAINT-LOUIS, 2007. Can a small park preserve its flora? A historical study of Bic National Park, Quebec. *Canadian Journal of Botany* (sous presse).
- LAW, R.J., M. ALAEE, C.R. ALLCHIN, J.P. BOON, M. LEBEUF, P. LEPOM et G.A. STERN, 2003. Levels and trends of polybrominated diphenylethers and other brominated flame retardants in wildlife. *Environment International*, 29: 757–770.
- POULIN, P., É. PELLETIER, V.G. KOUTITONSKY et U. NEUMEIER, 2007. Seasonal tidal nutrient fluxes in northern salt marshes: examples from the St. Lawrence Estuary. *Estuaries and Coasts* (en évaluation).
- ROBERT, M., R. BENOIT et J.-P. L. SAVARD, 2002. Relationship among breeding, molting, and wintering areas of male Barrow's Goldeneyes (*Bucephala islandica*) in eastern North America. *Auk*, 119: 676–684.
- ROBERT, M., D. BORDAGE, J.-P. L. SAVARD, G. FITZGERALD et F. MORNEAU, 2000. The breeding range of the Barrow's Goldeneye in eastern North America. *Wilson Bulletin*, 112: 1–7.
- ROBILLARD, A., V. LESAGE et M.O. HAMMILL, 2005. Distribution and abundance of harbour seals (*Phoca vitulina concolor*) and grey seals (*Halichoerus grypus*) in the Estuary and Gulf of St. Lawrence, 1994–2001. *Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences*, 2 613: 1–152.
- TARDIF, B., G. LAVOIE et Y. LACHANCE, 2005. Atlas de la biodiversité du Québec. Les espèces menacées ou vulnérables. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec, Direction du développement durable, du patrimoine écologique et des parcs, Québec, 60 p.
- VERREAULT, G. et P. DUMONT, 2003. An estimation of American eel escapement from the Upper St. Lawrence River and Lake Ontario in 1996 and 1997. Dans Dixon, D.A. (édit.), *Biology, management, and protection of catadromous eels*. American Fishery Society, Bethesda, MD, pp. 243–251.

Nouvelles parutions destinées au jeune public

Les Éditions Michel Quintin viennent de lancer huit nouveaux livres destinés aux jeunes et qui concernent le monde des animaux. Les enfants de trois à huit ans pourront découvrir *Le Monarque* et *Le Saumon*, deux petits livres illustrés qui s'ajoutent à la collection « Ciné-faune ».

Quatre autres livres appartiennent à une nouvelle collection, *Le monde des éléphants*, ... *des manchots*, ... *des originaux* et ... *des colibris*. Ces petits livres s'adressent aux jeunes de six ans et plus et représentent une traduction d'œuvres de l'auteure canadienne Diane Swanson.



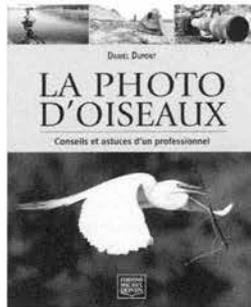
Enfin, la collection « Savais-tu » s'enrichit de deux nouveaux titres, *Les Carcajous* et *Les Ratons laveurs*; ils sont destinés à de lecteurs de sept ans et plus. Ces nouvelles publications sauront satisfaire tout autant les enseignants et les parents que les enfants.

Éditions Michel Quintin, Waterloo.

**La photo d'oiseaux
Conseils et astuces d'un professionnel**

Daniel Dupont, professeur de photographie au collégial et chroniqueur pour la revue *QuébecOiseaux*, vient de publier, dans la collection Guides Nature Quintin, un livre dans lequel il dévoile ses secrets pour la photo d'oiseaux. Depuis près de 20 ans, ce photographe professionnel a développé une véritable passion pour les oiseaux. Son livre, richement illustré d'une multitude de photos couleur d'oiseaux de toute sorte, se divise en cinq chapitres: Choisir les bons outils; Comprendre et traiter l'image numérique; Composer de bonnes images; Voir sans être vu et Préparer une mise en scène. Ce nouveau livre sera utile à tous ceux qui veulent se perfectionner ou qui désirent simplement se familiariser avec ce passe-temps aux possibilités infinies.

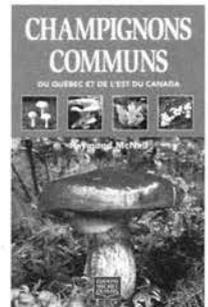
DUPONT, Daniel, 2007, *La photo d'oiseaux; Conseils et astuces d'un professionnel*, Éditions Michel Quintin, Waterloo, 263 pages.



Champignons communs du Québec et de l'est du Canada

Nous annonçons, dans le numéro de l'hiver 2007, une nouvelle parution sur les champignons: *Le grand livre des champignons du Québec et de l'est du Canada*. L'auteur, le professeur émérite Raymond McNeil, a également conçu une version abrégée et simplifiée qui pourra servir de guide de terrain pour les amateurs de champignons sauvages, ou comme référence pour les naturalistes. Ce guide contient une clef d'identification artificielle des groupes de champignons, plusieurs renseignements généraux permettant de les découvrir et les éléments essentiels pour identifier plus de 350 espèces communes dans nos régions. Des photos couleur de qualité complètent ce guide attrayant. Cette nouvelle parution, qui enrichit la collection des guides Nature Quintin, fera le bonheur de tous ceux qui s'intéressent aux champignons sauvages.

MCNEIL, Raymond, 2007, *Champignons communs du Québec et de l'est du Canada*, Éditions Michel Quintin, Waterloo, 432 pages.



Carnet d'observations

Les Éditions Michel Quintin ont décidé de publier un complément à leur guide d'identification *Oiseaux du Québec et des Maritimes*. Il s'agit d'un livret de 192 pages permettant aux ornithologues de noter leurs observations. Ce petit livre de format pratique contient, sur la page de droite, des planches en noir et blanc illustrant les oiseaux du nord-est du continent et, sur la page de gauche, de l'espace pour noter ses observations ornithologiques : espèce, nombre d'individus, date, heure, observation visuelle ou auditive, etc. Le carnet renferme également la liste des espèces par famille et par planche ainsi que plusieurs pages pour des notes supplémentaires. Les ornithologues de tous les niveaux qui désirent compiler leurs observations personnelles y trouveront un outil pratique pour tenir à jour leurs notes.

CARON, Ghislain (illustrateur), 2007. *Carnet d'observations*, Éditions Michel Quintin, Waterloo, 192 pages.



**Wild orchids of the Northeast
New England, New York, Pennsylvania,
and New Jersey**

Les Presses de l'Université de Floride viennent de publier un quatrième volume consécutif sur les orchidées d'Amérique du Nord, le dernier portant sur le nord-est du continent. En fait, il s'agit d'une révision étendue d'un livre publié dix ans plus tôt par Paul Martin Brown, un chercheur associé de l'université de Floride, expert des orchidées. Ce dernier livre décrit et illustre 79 espèces ou variétés d'orchidées, 88 formes et 15 hybrides que l'on trouve en Nouvelle-Angleterre et dans les trois États voisins au sud. Ce livre se divise en quatre parties qui incluent notamment une clé d'identification, des indications pour « chasser » les orchidées, et de magnifiques photos couleur complètent la description de chaque espèce. Autant les amateurs que les professionnels y trouveront leur compte.

BROWN, Paul Martin, 2007, *Wild orchids of the Northeast – New England, New York, Pennsylvania, and New Jersey*, University Press of Florida, Gainesville, 392 p.



Les plantes de la forêt boréale

Roger Larivière, professeur au Cégep Abitibi-Témiscamingue, vient de publier, aux Éditions de l'Homme, un livre décrivant 160 plantes de la forêt boréale. Les espèces sont regroupées en plantes à spores et en plantes à graines et chacune est décrite de façon minutieuse. Plusieurs photos illustrant des stades de développement différents facilitent l'identification des espèces. Pour chacune, on trouve le nom français commun, le nom latin révisé, le nom anglais ainsi que des renseignements sur le port et la taille, les feuilles, les fleurs, les fruits, l'habitat, etc. Le livre compte aussi une section sur les plantes rares et une autre sur des recettes utilisant des plantes boréales comme ingrédients. Ce livre, très bien illustré par de belles photos couleur, constituera une référence utile autant pour les amateurs d'histoire naturelle que pour les professionnels du domaine forestier.

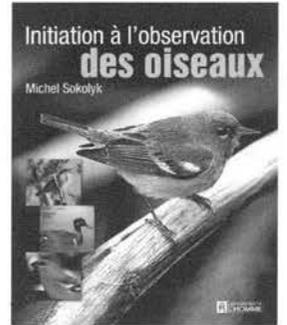
LARIVIÈRE, Roger, 2007, *Les plantes de la forêt boréale*, Les Éditions de l'Homme, Montréal, 384 p.



Initiation à l'observation des oiseaux

Michel Sokolyk, photographe de la nature et auteur de deux ouvrages sur la flore forestière, vient de publier, aux Éditions de l'Homme, un livre destiné à des personnes désireuses de se familiariser avec l'ornithologie. Ce livre compte sept chapitres portant, entre autres, sur les meilleurs sites d'observation, l'équipement, la façon d'identifier les oiseaux et un répertoire de 207 espèces présentes au Québec, toutes illustrées avec de belles photos couleur. Le lecteur trouvera également des exercices pour développer ses habiletés ainsi que la liste des clubs d'ornithologie du Québec et des listes d'oiseaux destinées à les retrouver par habitat et à classer ses observations.

SOKOLYK, Michel, 2006, *Initiation à l'observation des oiseaux*, Les Éditions de l'Homme, Montréal, 240 p.



N.D.L.R. Les textes de cette chronique ont pour but d'informer nos lecteurs sur les récentes parutions dans le domaine des sciences naturelles et de l'environnement. Ils ne constituent pas une évaluation critique des ouvrages présentés et par conséquent, il n'engage pas la responsabilité de la rédaction du *Naturaliste canadien*.



Le Plan conjoint sur le canard noir: vous connaissez?



Saviez-vous que parmi les quelque 35 espèces d'oies et de canards observées régulièrement au Québec, le canard noir est la seule espèce inféodée à l'est de l'Amérique du Nord? Malheureusement, les populations de cet oiseau considéré autrefois comme le canard d'eau douce le plus abondant dans l'Est ont diminué à partir des années 1950 pour atteindre un niveau préoccupant dans les années 1980.

En 1989, les gouvernements canadien et américain ont mis sur pied le Plan conjoint sur le Canard noir (PCCN), dont la mission est de promouvoir et de coordonner la collecte de l'information scientifique essentielle au maintien des populations de canards noirs et d'autres espèces de sauvagine qui partagent les mêmes aires de reproduction. Outre les gouvernements fédéraux, le PCCN a comme partenaires des provinces, des États et des organismes à but non lucratif tels Canards Illimités.

Au Québec, les activités du PCCN incluent des programmes de suivi des populations de canard noir et de recherche scientifique. Le Service canadien de la faune (SCF) est responsable des inventaires annuels de couples nicheurs dans la moitié sud de la province tandis que le U.S. Fish and

Wildlife Service se charge du Nord. Le SCF coordonne aussi un programme de baguage automnal. Ces inventaires ont entre autres montré que plus de la moitié de la population mondiale de canard noir niche au Québec.

Pour sa part, Canards Illimités mène depuis 2005, avec l'Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue et le SCF, un programme de recherche visant à déterminer les facteurs régissant l'abondance du canard noir dans le Québec forestier. Deux mémoires de maîtrise viennent d'être déposés à l'automne 2007. Œuvres de Sylvain Ménard et Louis-Vincent Lemelin, ils s'intitulent respectivement *Régionalisation des habitats humides du Québec forestier méridional* et *L'habitat de la sauvagine en période de nidification dans le Québec forestier*. Un article scientifique intitulé *Local, short-term effects of forest harvesting on breeding waterfowl and common loon in forest-dominated landscapes of Quebec* a aussi été publié en 2007 dans la revue *Avian Conservation and Ecology* par L.V. Lemelin, L. Imbeau, M. Darveau et D. Bordage. Pour en savoir plus ou pour accéder au contenu en ligne de ces documents, contactez-nous par courriel (du_quebec@ducks.ca) ou par téléphone (418-623-1650).



Le canard noir fait l'objet d'un programme de baguage au Canada et aux États-Unis. Depuis 1914, 967 000 individus, dont celui sur la photo, ont été bagués. Au Québec, on marque environ 2 000 à 2 500 canards noirs par an.

Le calendrier 2008 de la Fondation, un outil d'aide à la faune



La Fondation de la faune du Québec lance l'édition 2008 de son calendrier annuel, intitulé: **De nature engagée depuis 20 ans!**

Cette année, le calendrier propose une rétrospective des grandes orientations poursuivies par la Fondation en 20 ans de soutien aux initiatives fauniques. On y présente également, dans les premières pages, le bilan des réalisations de la Fondation pour la dernière année.

Un exemplaire du calendrier sera remis gracieusement à tous les donateurs de 20 \$ ou plus.

Les personnes ou les groupes intéressés sont invités à contacter la Fondation. Tél. : 418 644-7926; sans frais : 1 877 639-0742; télécopieur : 418 643-7655; courriel : ffq@riq.qc.ca ou à consulter son site Internet : www.fondationdelafaune.qc.ca/aide/calendrier.

Signalons que le calendrier est maintenant produit sur du papier Roland Enviro100 contenant 100 % de fibres postconsommation, selon un procédé sans chlore et fabriqué à partir de biogaz.

Conservons notre eau... vivante !

La nouvelle campagne de financement de la Fondation

Nos cours d'eau sont des milieux de vie pour une multitude d'espèces qui s'y nourrissent, s'y abritent, s'y reproduisent et y élèvent leurs petits. Or plusieurs de nos lacs et de nos cours d'eau se détériorent lentement. Sans des actions concrètes, on risque d'assister à une diminution progressive de la qualité de l'eau, à la dégradation des écosystèmes aquatiques et même à la disparition de certaines espèces qui y vivent.

La Fondation lançait récemment une campagne invitant les personnes ou les groupes sensibles à la protection de la nature à appuyer ses interventions visant notamment à aménager les habitats de l'omble de fontaine, à protéger des milieux humides forestiers ou à améliorer des cours d'eau en milieu agricole.

Depuis 20 ans, la Fondation de la faune et ses partenaires sur le terrain travaillent à conserver la vie dans nos cours d'eau. C'est pourquoi elle sollicite votre aide pour réaliser davantage de projets.

Si la sauvegarde de nos lacs, rivières et ruisseaux est importante à vos yeux, S.V.P., FAITES UN DON !

Pour tout don de 20 \$ et plus, vous recevrez notre magnifique calendrier 2008.

Pour en savoir plus sur les initiatives de la Fondation pour conserver notre eau... vivante et pour faire votre don, visitez le : www.faune.org/aide/campagne/



La Fondation communautaire du Grand Québec et la Fondation de la faune du Québec un partenariat unique au Québec pour « La conservation de la faune et des milieux naturels »

Que partagent la Fondation communautaire du grand Québec et la Fondation de la faune du Québec? Une même vision, un même souci d'amélioration de la qualité de vie, de protection de l'environnement et de ses richesses fauniques. Une volonté d'agir... chacune exerçant un leadership reconnu dans son milieu.

C'est dans cet esprit que les deux fondations signaient, le 1^{er} octobre dernier, une entente de partenariat qui favorisera la création de fonds perpétuels dont les revenus seront utilisés pour la conservation et la mise en valeur de la faune et des milieux naturels.

Ainsi, tous les amoureux de la nature pourront constituer un fonds portant leur nom, celui d'un être cher dont ils veulent perpétuer la mémoire, celui de leur entreprise ou de leur organisme. Ils pourront y faire un don immédiat en argent, en actions, par legs ou par assurance-vie.

Le partenariat entre la Fondation communautaire et la Fondation de la faune constitue une première au Québec. Il permet la création de la famille des Fonds faune et milieux naturels, dédiée à la conservation de la faune, de la nature, et des habitats. La Fondation communautaire sensibilisera les donateurs de la Fondation de la faune du Québec à la création de fonds, les encourageant ainsi à créer des fonds permanents dédiés pour la cause qui leur tient à cœur.

Pour de plus amples informations, consultez les sites :
www.fondationdelafaune.qc.ca et www.fcommunautaire.com

Saviez-vous que...

Plan de conservation et de mise en valeur du marais Léon-Provancher

Lors de sa réunion régulière du 10 septembre dernier, le conseil d'administration de la Société Provancher a approuvé le Plan de conservation et de mise en valeur du marais Léon-Provancher. Ce document dresse un bon portrait du territoire, notamment du milieu physique, de la faune et de la flore, des ressources archéologiques et historiques, des attraits visuels ainsi que des utilisations actuelles. Le zonage du territoire est ensuite présenté ainsi que les orientations de développement pour les prochaines années. La préparation de ce plan a donc été l'occasion pour la Société Provancher de revoir l'ensemble des informations disponibles sur ce territoire et d'en préciser les richesses et les contraintes.

Plusieurs personnes ont participé à la préparation de ce plan, dont les auteurs, Normand Trudel, Christian Potvin et Michel Lepage. Une mise à jour du plan est prévue dans cinq ans.

Source : Société Provancher



Vue du marais Léon-Provancher



Une des rampes d'accès au marais Léon-Provancher

Corvée PricewaterhouseCoopers

Le lundi 11 juin 2007, la Société Provancher a bénéficié d'une journée de bénévolat au marais Léon-Provancher de la part d'employés de la firme PricewaterhouseCoopers. Cette journée fut un succès grâce à l'enthousiasme des neuf participants. Ceux-ci ont pu compléter l'aménagement des rampes d'accès pour les fauteuils roulants à deux ponceaux et mis en terre une cinquantaine d'arbres. La représentante du groupe, Judith Vézina, a également remis à la Société Provancher un chèque d'une somme de 250 \$ qui a servi à défrayer le coût des matériaux.

Déjà nous avons reçu des commentaires élogieux de la part de personnes se déplaçant en fauteuil roulant. L'aménagement réalisé grâce à cette corvée va donc faciliter l'accès aux gens à mobilité réduite ainsi qu'aux parents avec des poussettes. Tous et toutes pourront mieux profiter de leur visite au marais Léon-Provancher.

Source : Société Provancher

Le Centre d'interprétation Philéas-J.-Fillion

Une mise à jour du contenu du Centre d'interprétation Philéas-J.-Fillion à l'île aux Basques a débuté au cours de l'été 2007. Sur les trois thèmes qui sont abordés dans le centre, soit les oiseaux, l'île aux Basques et le fleuve Saint-Laurent, seul le premier a été entièrement refait. Il porte maintenant sur diverses adaptations des oiseaux. La seconde section du centre, celle concernant l'île aux Basques, sera remodelée l'été prochain. Nous remercions André Saint-Hilaire pour le temps consacré à cette mise à jour.

Source : Société Provancher



L'équipe des bénévoles



Bénédition du *Léon Provancher*

La cérémonie de bénédiction du nouveau bateau permettant de desservir l'île aux Basques, le *Léon Provancher*, a eu lieu le 1^{er} juin 2007 à Trois-Pistoles. Plusieurs personnalités s'étaient déplacées pour assister à cet événement dont les représentantes des organismes qui ont contribué financièrement à l'acquisition du bateau, Suzanne Roy, de la direction régionale du ministère des Affaires municipales et des Régions, Isabelle Côté, de Tourisme Bas-Saint-Laurent et Marcelle d'Amour, directrice générale du CLD des Basques.



Le curé de Trois-Pistoles a procédé à la bénédiction et prononcé une allocution très appréciée de l'assistance dont voici un extrait :

« Béni sois-tu, Seigneur

- Pour ce bateau où se manifestent l'intelligence et l'ingéniosité de l'homme et de la femme.
- Pour les efforts, la collaboration et l'amitié dont ce bateau a été et sera la cause ou l'occasion.

Supplions maintenant Celui de qui nous dépendons en toute chose.

Sois favorable, Seigneur, à nos prières, puisque nous implorons ta bonté sur ce bateau : écarte de lui les vents contraires, apaise par ta puissance la tempête et ses vagues, assure sa sécurité, afin que tous ceux et celles qui seront à bord bénéficient de ta protection et parviennent en santé à la terre ferme. Que la découverte de l'île aux Basques permette aux visiteurs d'apprécier la nature et puissent-ils ainsi te rencontrer à travers elle.

Que la paix et la bénédiction de Dieu tout-puissant, descendent sur ce bateau et ses passagers et y demeurent toujours, le Père, le Fils et le Saint-Esprit. Amen.

Longue vie à ce bateau d'excursion et beaucoup de bonheur au capitaine et à ses passagers. »

Par ailleurs, dans son allocution, le président de la Société Provancher, Michel Lepage, a souligné l'importance de maintenir les activités d'écotourisme à l'île aux Basques et a remercié les organismes et les personnes qui ont permis de concrétiser ce projet. Voici des extraits de son allocution :

« Distingués invités,

La bénédiction du *Léon Provancher* vient concrétiser les efforts de nombreuses personnes pour doter la Société d'un nouveau bateau à la fois sécuritaire et bien adapté aux conditions de navigation dans la région de Trois-Pistoles.

Cette belle réalisation a été rendue possible grâce à la contribution financière du ministère des Affaires municipales et des Régions, de Tourisme Bas-Saint-Laurent, du CLD des Basques, et des dons de nombreux membres de la Société Provancher. Merci d'avoir cru à notre projet et de nous avoir si bien supportés.

Je tiens à remercier tout particulièrement M. Éric Yves Harvey, responsable de l'île aux Basques, d'avoir pris en charge ce dossier et d'avoir su le mener à terme avec succès. Merci aussi à M. Raymond Rioux, notre précédent président, qui a lancé ce projet, et à M. Jean Fortin qui a travaillé aux premières ébauches de cette entreprise. La contribution du gardien de l'île, M. Jean-Pierre Rioux, a par ailleurs été très précieuse tant par ses connaissances sur les conditions de navigation et d'accostage que par ses conseils pour la préparation du devis du bateau. Je tiens à l'en remercier sincèrement.

Pour la construction de ce bateau, la Société a fait appel à l'expertise de la firme Bleu Marine Services de Rimouski, et sa construction fut confiée à l'entreprise Cloutier Maritimes, également de Rimouski. En faisant affaire avec des entreprises de la région du Bas-Saint-Laurent, la Société Provancher est fière d'avoir pu contribuer au développement économique régional. Ces deux firmes sont un bel exemple de l'expertise et du savoir-faire des PME régionales. Nous leur souhaitons du succès dans leurs projets.

Enfin, je tiens à remercier la Municipalité de Trois-Pistoles pour l'aide apportée quant à l'organisation de cette cérémonie. Un merci à M. Frédéric Jean, coordonnateur culturel et des communications. Merci aussi à M^{me} Pascale St-Amand, directrice du parc de l'Aventure basque en Amérique du Nord, pour son accueil.

Ce projet profitera avant tout aux amateurs de nature qui vont à l'île aux Basques pour se ressourcer dans un milieu naturel envoûtant. Il profitera aussi aux jeunes des milieux scolaires qui ont la chance de découvrir mille et un secrets de la nature dans ce petit paradis... »

Source : Société Provancher

Christian Simard, nouveau directeur général de Nature Québec

Christian Simard a été nommé au poste de directeur général de Nature Québec, un important organisme québécois en environnement. En confirmant la nouvelle, M^e Michel Bélanger, président de Nature Québec, s'est dit « heureux de pouvoir compter sur l'expérience et l'expertise de Christian Simard dans les questions d'environnement et de société. »

Figure connue de la scène environnementale et politique, Christian Simard a été notamment député fédéral de Beauport-Limoilou de 2004 à 2006, adjoint du président de la Fondation de la Faune du Québec (1996-1997) et directeur général de l'Union québécoise pour la conservation de la nature (UQCN) de 1988 à 1995. C'est en quelque sorte un retour aux sources pour Christian Simard, car c'est ce même organisme qui porte maintenant le nom de Nature Québec.

C. Simard a également été membre du Comité permanent sur l'environnement et le développement durable de la Chambre des Communes. À ce titre, il a fait adopter une importante mesure législative, imposant des amendes minimales de 500 000 \$ pour tout navire responsable de déversements pétroliers, une première dans les lois environnementales canadiennes. Le Sierra Club du Canada avait reconnu son travail en le sélectionnant dans son équipe de 12 candidats « écolympiens », tous partis confondus.

C. Simard aura comme mandat, outre de voir à la bonne marche de l'organisme, d'accroître la présence publique et l'influence de Nature Québec, de manière à faire avancer concrètement la protection des écosystèmes et le développement durable au Québec.

Source : Nature Québec



Un abri pour les activités éducatives

La construction d'un abri destiné aux groupes scolaires et aux visiteurs du marais Léon-Provancher est enfin complétée. Ce projet a comme point de départ une demande de la Maison Léon-Provancher, organisme avec lequel notre Société a conclu une entente pour fournir des services éducatifs aux groupes d'écoliers.

Il a fallu 613 heures aux bénévoles de la Société Provancher pour ériger cette structure de 8 m par 7 m, cela sans compter le temps mis par les responsables du projet pour la recherche de financement, les négociations pour les plans et devis, les demandes de permis, etc.

La Société Provancher tient à remercier les personnes qui ont participé aux 13 journées de corvée organisées pour préparer les fondations, monter la structure à poutres et poteaux et installer la toiture : Guy Drouin de la firme Influx qui a bénévolement supervisé les travaux, Michel Lepage, Michel Bélanger, Éric Yves Harvey, Jean-Pierre Ricard, Réginald Ouellet, Michel Cantin, Youri et Linda Turcotte, Jean Piuze, Richard Jones, André Blouin, Gilles Chapdelaine, Jean Fortin, Jean Gauthier, Jean Huot, Pierre Laporte, René Lesage, Gervais Soucy et Olivier Drouin. Un merci particulier à Normand Trudel qui a élaboré les premières ébauches du projet et œuvré à la recherche de financement, ainsi qu'à Annie Maloney pour ses démarches relatives à la préparation des plans et devis.

Le projet a été rendu possible grâce à une subvention de Home Depot-Evergreen pour la restauration de la nature, aux nombreux dons des membres et au fonds de développement de la Société Provancher.

Source : Société Provancher



ÉRIC YVES HARVEY



ANNIE MALONEY

Une nouvelle liste officielle des oiseaux du Québec

Le Regroupement QuébecOiseaux publie désormais sur son site Web une liste officielle des oiseaux présents au Québec à l'état sauvage. Ce répertoire comprend 4 espèces disparues, 26 migratrices, 277 nicheuses et 124 visiteuses, pour un total de 431 espèces.

Environ 300 espèces peuvent être observées régulièrement au Québec, mais des raretés s'ajoutent chaque année. L'an dernier par exemple, il a été possible d'observer une grive musicienne à Saint-Fulgence, une première nord-américaine pour cette espèce européenne, ainsi qu'un tyran gris à L'Anse-à-Beaufils, une autre présence exceptionnelle puisque l'aire de distribution de cet oiseau se trouve beaucoup plus au sud, en Floride, dans les Antilles et en Amérique du Sud.

La nouvelle liste contient les noms français, anglais et scientifiques de toutes les espèces répertoriées dans la province. Elle suit l'ordre de classement de l'*American Ornithologist's Union* et indique le statut de chaque oiseau (nicheur, migrateur ou visiteur). Leur présence a été documentée hors de tout doute par des spécimens ou des photos permettant une identification formelle.

« En plus d'être facilement accessible, cette liste offrira l'avantage d'être mise à jour assidûment et sera complétée au fil du temps par l'ajout d'autres renseignements sur le statut des espèces. Il s'agira assurément d'un outil des plus précieux pour tous les ornithologues du Québec, amateurs ou professionnels », souligne le directeur général du Regroupement QuébecOiseaux, Jean-Sébastien Guénette.

Fondé en 1981, le Regroupement QuébecOiseaux (anciennement connu sous le nom de l'Association québécoise des groupes d'ornithologues) poursuit plusieurs objectifs: développer le loisir ornithologique, acquérir et diffuser des connaissances sur l'avifaune du Québec, et veiller à la protection des oiseaux et de leurs habitats.

Pour consulter la nouvelle liste des oiseaux du Québec:
www.quebecoiseaux.org

Source: Regroupement QuébecOiseaux

Les champignons vus sous un angle différent

La photographe française Isabelle Ferrand invite les mycologues amateurs et professionnels à consulter le site Internet www.champisart.fr pour y découvrir les champignons sous un angle différent.

« Quand l'Art de la Photographie rencontre les champignons, cela donne Champis'Art » nous écrivait madame Ferrand.

Un site fascinant à découvrir.

Source: Isabelle Ferrand



Panellus stipticus

Identification des réserves naturelles en milieu privé

La Direction du patrimoine écologique et des parcs du ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs procède actuellement à l'identification des dernières réserves naturelles reconnues en milieu privé.

Des panneaux précisant la vocation de ces réserves naturelles sont installés dans des endroits stratégiques sur chacun des territoires. C'est ainsi qu'au cours de l'été et de l'automne, la responsable du projet, Marcelle Ruest, a visité deux territoires protégés par la Société Provancher qui ont reçu le statut de réserve naturelle en 2006, soit l'île aux Basques et le marais Léon-Prevancher.

Rappelons que des réserves naturelles en milieu privé peuvent être constituées par le gouvernement du Québec en vertu de la Loi sur la conservation du patrimoine naturel. Depuis l'entrée en vigueur des dispositions légales permettant leur reconnaissance, 32 réserves naturelles ont été créées, pour une superficie de plus de 2 360 ha.

Source: Marcelle Ruest, MDDEP



Un petit mustélidé sur l'île aux Basques

Un article paraissait dans le dernier numéro du Naturaliste canadien sur la présence actuelle et passée des espèces de mammifères terrestres et sur l'herpétofaune de l'île aux Basques (Fortin, C. et M. Ouellet, volume 131 (2), p. 61-69). Après sa parution, Pierre Laporte a rapporté aux auteurs une mention d'intérêt concernant une espèce de petit mustélidé.

L'individu a été observé le 30 mai 1996 lors des activités de baguage d'oiseaux que P. Laporte effectuait sur l'île. L'animal a été tout d'abord capturé accidentellement dans un filet japonais, en même temps que quelques mésanges à tête noire (*Poecile atricapillus*) auquel le petit carnivore s'attaquait. L'individu a été libéré puis de nouveau observé quelques heures plus tard près du balcon du chalet Léon-Prevancher. Il s'agit possiblement d'une hermine (*Mustela erminea*), mais son identification n'est pas confirmée avec certitude, car aucune photo n'a été prise. Il pourrait aussi s'agir d'une belette à longue queue (*Mustela frenata*) ou, bien que peu probable, d'une belette pygmée (*Mustela nivalis*). Seul un inventaire ciblé des petits mustélidés permettrait d'élucider le mystère. L'espèce en question serait alors la septième espèce de mammifères terrestres répertoriée sur l'île à ce jour.

Source: Pierre Laporte, Christian Fortin et Martin Ouellet

Le Naturaliste canadien

Directives aux auteurs

(2007.10.10)

Le Naturaliste canadien est une revue de diffusion des connaissances dans les domaines des sciences naturelles et de l'environnement. Les articles sont destinés à un large public, composé en particulier de scientifiques et de naturalistes. Il est également le bulletin de liaison des membres de la Société Provancher d'histoire naturelle du Canada. Aussi, nous invitons les auteurs à utiliser un langage le plus accessible possible et à illustrer leur texte avec des photos. Le rédacteur de la revue ainsi qu'une personne du comité de rédaction ou de l'extérieur évaluent chaque manuscrit.

Les manuscrits soumis au *Naturaliste canadien*:

- sont de format 21,5 cm x 28 cm (8 ½ po x 11 po), avec marges de 2,5 cm (1 po);
- sont rédigés à double interligne partout, avec une police Times New Roman ou Arial de 12 points;
- le texte est justifié à gauche; la pagination se fait au bas à droite;
- le manuscrit compte tout au plus 30 pages, excluant les photos;
- la première page débute par le titre, suivi du nom des auteurs, de leur affiliation et d'un résumé d'au plus 200 mots. Les manuscrits comportent normalement une introduction, une description des méthodes utilisées, les résultats, une discussion et, au besoin, une conclusion. Les remerciements et la liste des références complètent les articles.
- Le système international d'unités (SI) prévaut sur le système impérial. Toutefois, si l'auteur juge important d'utiliser le système impérial, il devra mettre ces valeurs entre parenthèses, à la suite des valeurs en SI.

Au départ, l'auteur envoie tout le matériel (textes, tableaux et illustrations*) directement à l'éditeur:

de préférence par courriel à: ed.aroise@sympatico.ca
ou par courrier postal, sur CD (ou disquettes), avec copie papier à:

Les Éditions l'Ardoise
9865, boul. de l'Ornière
Québec (Québec) G2B 3K9

- L'auteur correspondant d'un article doit toujours indiquer son adresse postale, son adresse électronique et les numéros de téléphone où on peut le joindre ou, en cas d'absence, le nom et les coordonnées d'un collaborateur avec lequel on pourra communiquer au besoin.
- L'adresse électronique de l'auteur correspondant est publiée dans la revue. Si d'autres adresses électroniques devaient être publiées, elles pourraient être ajoutées dans un paragraphe à la fin de l'article.

Afin de faciliter la composition des textes et d'améliorer la qualité de la revue, vous trouverez aux pages suivantes des directives touchant la présentation et la saisie des manuscrits.

Les dictionnaires usuels constituent les principaux outils de référence de même que le *Grand dictionnaire terminologique* et la *Banque de dépannage linguistique* de l'Office québécois de la langue française (OQLF), *Noms et lieux du Québec* de la Commission de toponymie et le *Multidictionnaire de la langue française* de Marie-Éva de Villers (Québec/Amérique).

* Illustrations: graphiques, cartes géographiques, photos, dessins, etc.

Points saillants des directives

La saisie des textes (§ 2)

- Sans mise en page particulière, à double interligne, *sans césure de mot*, aligné à gauche, sans alinéa au début des paragraphes, sans soulignement. Ne pas utiliser les majuscules forcées.

Les caractères et les styles (§ 3)

- L'italique: seulement pour les mots étrangers, certaines abréviations et les titres de publications dans le corps du texte. Voir le tableau des expressions et mots latins à la fin des directives.
- Le gras: seulement pour les titres et sous-titres; le gras italique pour les intertitres.
- La majuscule: dans le corps du texte, seulement pour la lettre initiale du genre des noms latins de plantes ou d'animaux (ex.: *Berberis vulgaris*, *Plectrophenax nivalis*).
- La majuscule initiale seulement pour les titres, sous-titres et intertitres.
- Les accents sur les majuscules doivent apparaître partout.

La ponctuation et les espaces (§ 5)

- Utiliser l'espace insécable avant les symboles.

Les tableaux et les illustrations (§ 8)

- Chacun des tableaux et des illustrations (graphiques, cartes, photos, dessins, etc.) doit être transmis *dans son fichier unique, distinct de celui du texte principal*. Chaque tableau ou illustration doit être accompagné d'une légende.
- Les graphiques créés par *Excel*, *Lotus 1-2-3*, etc. doivent être accompagnés de toutes les valeurs numériques qui ont servi à les créer, et les documents doivent être libres de tout lien.
- Il arrive qu'il soit difficile de déterminer l'orientation des illustrations, surtout dans le cas des diapositives et des négatifs à numériser. Afin d'éviter toute confusion, les auteurs voudront bien indiquer par une flèche le haut et la droite de l'illustration qu'ils feront numériser par l'éditeur.
- L'épaisseur des filets des graphiques (*Excel*, *Lotus 1-2-3*, etc.) ne doit pas être inférieure à 0,25 point. Cela s'applique notamment aux lignes de coordonnées qui risquent de disparaître à l'impression si elles sont trop fines.
- Les photos transmises en fichiers numérisés doivent être à *haute définition*, en format EPS, TIFF, JPEG ou Photoshop. Pour plus d'information à ce sujet, voir en dernière page la note intitulée *Les photos à haute définition*.
- L'auteur doit fournir une liste des photos avec une légende et le crédit photo de chacune.

Les références bibliographiques (§ 9)

- N'utiliser que la majuscule initiale pour le nom des auteurs. Ne pas mettre d'espace entre les initiales.

Directives détaillées

1. La présentation

- 1.1 Le titre doit être **court et ne pas dépasser neuf à dix mots**. Au besoin, compléter le titre par un surtitre ou un sous-titre qui l'explique, en caractères plus petits.

Exemple de titre trop long :

L'habitat et la répartition du troscart de la Gaspésie
(*Triglochin gaspense* Lieth & D. Love)
dans le Bas-Saint-Laurent et en Gaspésie

Pourrait être remplacé par :

Le troscart de la Gaspésie (*Triglochin gaspense*) [titre]
Une aire en expansion [sous-titre]

- 1.2 Le résumé doit comporter un maximum de 200 mots.
1.3 Le paragraphe d'introduction doit être court (pas plus de dix lignes).
1.4 Prévoir des intertitres qui découpent le texte et résument les grandes idées. Éviter les paragraphes trop longs.
1.5 Prévoir des tableaux et des illustrations (photos, graphiques, cartes, etc.) et les accompagner d'une légende explicative (voir plus bas).
1.6 Si l'auteur est un nouveau collaborateur de la revue, il doit résumer en quelques mots ses fonctions ou ses qualifications relativement à l'article.
Exemple fictif: Jean H. Landry est biologiste et travaille à Environnement Canada.

2. La saisie des textes

- 2.1 Le texte doit être saisi sur micro-ordinateur, sans mise en page particulière. Lors de la transmission par courrier postal, mentionner sur le CD le titre de l'article, le nom de l'auteur, la date et, lorsque applicable, le logiciel spécialisé utilisé.
2.2 Le texte doit être présenté à double interligne partout en 12 points. Les polices *Times New Roman* ou *Arial* sont utilisées. Aucune césure de mot ne doit être effectuée.
2.3 Le texte doit être aligné à gauche, sans alinéa au début des paragraphes. *N'effectuer qu'un seul retour de chariot à la fin des paragraphes* de même qu'avant et après les intertitres.
2.4 Une copie papier doit accompagner le fichier sur CD.
2.5 Lorsqu'un texte est corrigé à l'aide d'un logiciel de traitement de texte, les corrections doivent être terminées et le texte doit être libre de tout lien ou note du correcteur.
2.6 Lorsqu'un article comporte des caractères spéciaux, ils seront indiqués au surligneur sur la copie papier qui doit être envoyée par courrier, pour qu'ils soient bien identifiés et pour éviter qu'ils soient transformés lors de la mise en page de la revue (ex.: les symboles grecs, ou les symboles spécialisés: ♀ ♂ ♀ ⊙ ⊕ ♄, etc.).

3. Les caractères et les styles

- 3.1 Utiliser les caractères gras pour indiquer les surtitres, titres, sous-titres (le gras italique pour les intertitres), lesquels doivent être alignés à gauche et sans alinéa.

- 3.2 Ne jamais utiliser la fonction de soulignement, à moins que votre logiciel ne vous laisse d'autres choix (italique, etc.).

- 3.3 Dans le corps du texte, les tableaux et les légendes, utiliser l'italique pour les mots étrangers, les expressions et mots latins non francisés, et les titres de publications (voir le tableau des expressions et mots latins et leur abréviation à la fin des directives détaillées).

- 3.4 Ne pas utiliser la majuscule pour les noms de plantes ou d'animaux en français (ex.: l'épine-vinette, le bruant des neiges). Par contre, utiliser la majuscule initiale pour le genre des noms latins (ex.: *Berberis vulgaris*, *Plectrophenax nivalis*).

- 3.5 Saisir les titres, surtitres, sous-titres et intertitres **avec la majuscule initiale seulement** et non tout en majuscules comme cela se fait souvent en anglais, sauf pour les sigles qui doivent être indiqués en majuscules. Toutefois, un sigle ne doit pas apparaître avant d'avoir nommé au long ce qu'il représente.

- 3.6 Les accents sur les majuscules doivent apparaître partout.

4. Les notes de bas de page

Dans *Le Naturaliste canadien*, en règle générale, les notes de bas de page paraîtront à la fin de l'article. L'appel de note²¹ est indiqué par un chiffre surélevé (sans parenthèses) placé immédiatement après le mot (sans espace). La note de bas de page s'écrit ainsi, avec un tabulateur (→) après le chiffre et le point :

- 21.→ La présentation de la note se fait dans l'ordre numérique, en fin d'article.

5. La ponctuation et les espaces

La ponctuation pose notamment le problème des espaces. Les conventions à appliquer sont les suivantes :

- Virgule : aucune espace avant, une espace après.
- Point : aucune espace avant, une seule espace après (et non deux espaces).
- Deux-points, point-virgule, point d'interrogation, point d'exclamation : une espace insécable avant, une espace régulière après [l'espace insécable, ici, est illustrée par le tilde (~)] : mot~: mot~; mot~? mot~!
- Tiret : une espace insécable avant, une espace régulière après. (Le tiret se fait en utilisant le signe moins et non le trait d'union.)
- Trait d'union, barre oblique, virgule décimale : aucune espace, ni avant ni après : Jacques-Cartier; Québec/Amérique; 0,5
- Guillemets : espace insécable après l'ouverture, espace insécable avant la fermeture : «~mot~».
- Parenthèses, crochets : une espace régulière avant l'ouverture, une espace régulière après la fermeture, aucune espace à l'intérieur : (mot); [mot].
- Avant les symboles, dans les nombres et dans les abréviations, utiliser les espaces insécables : 12~%; 20~\$; 3~m²; 50~km/h; 33~ha; 1~500; 10~000; 40~000~\$; N.~B.; p.~ex.

6. Les citations

Pour les citations courtes placées dans le texte, utiliser les guillemets français en forme de chevrons : «~mot~»; «~Phrase.~».

Pour une citation plus longue, on doit la placer en retrait dans le texte; les guillemets deviennent alors inutiles, mais la citation

est en caractères plus petits et le nom de l'auteur est indiqué à la fin du paragraphe.

Exemple fictif :

[...] Si l'on choisit pour une citation plus longue de la placer en retrait dans le texte, les guillemets deviennent inutiles, mais le texte est alors en caractères plus petits et le nom de l'auteur est indiqué à la fin de la citation. Si cette citation en retrait comporte elle-même une citation, on utilisera alors les chevrons comme guillemets. (Desmartis et Gadbois, 1995)

7. Les ligatures

Les voyelles a et o doivent être soudées avec le e qui les suit (c'est la ligature) sauf dans les mots moelle, moelleux, moellon et moere, dans les mots accentués (ex. : goéland, poêle) et dans certains noms propres d'origine étrangère (ex. : Froelich, Boers). On écrira donc par exemple bœuf, cæcum, cœur, curriculum vitæ, ex æquo, foetus, nœud, œdème, œil, œsophage, œuf, etc.

8. Les tableaux et illustrations

8.1 Chacun des tableaux et des illustrations (graphiques, cartes, dessins, photos, etc.) doit être transmis dans son fichier unique, distinct de celui du texte principal.

Dans le corps du texte, on doit indiquer le numéro de chaque tableau ou illustration [ex. : (tableau 2); (figure 1)] de façon à ce qu'on puisse les placer le plus près possible de leur mention lors de la mise en page. Noter que les toutes les illustrations dont il est question dans le texte sont appelées *figures et sont numérotées consécutivement*.

L'épaisseur des filets des graphiques réalisés avec des tableurs (*Excel, Lotus 1-2-3, etc.*) *ne doit pas être inférieure à 0,25 point*. Les presses utilisées pour imprimer *Le Naturaliste canadien* sont souvent incapables d'imprimer des filets plus minces que 0,25 point. Cela s'applique notamment aux lignes de coordonnées qui risquent de disparaître à l'impression si elles sont trop fines.

Les graphiques créés par ces logiciels doivent être accompagnés de toutes les valeurs numériques qui ont servi à les créer, et les documents doivent être libres de tout lien.

8.2 Les photos transmises sous format de fichiers numérisés doivent être à *haute définition, en format EPS, TIFF, JPEG ou Photoshop*. Pour plus d'information, voir en dernière page la note intitulée *Les photos à haute définition*.

8.3 Tous les tableaux et les illustrations doivent être numérotés et accompagnés de *légendes*. En outre, une liste des photos doit être fournie et le crédit photo indiqué pour chaque photo, de même que le cadrage souhaité s'il y a lieu.

8.4 Lors de l'envoi de photos, de négatifs ou de diapositives à faire numériser par l'éditeur, indiquer le haut et la droite des illustrations par une flèche (↑) (→) pour en déterminer l'orientation, afin d'éviter toute confusion.

8.5 Tous les symboles utilisés pour les graphiques ou les cartes géographiques doivent être expliqués dans la légende et doivent être bien distincts les uns des autres. Il faut prévoir que les illustrations seront peut-être réduites. Ainsi, une fois réduit, le texte des illustrations devrait avoir au moins un millimètre de hauteur.

Indiquer l'échelle et la source des cartes géographiques.

8.6 Indiquer le nom de tout logiciel spécialisé peu courant.

9. Les références bibliographiques

Dans le corps du texte, indiquer les références ainsi : (Corbeil et Archambault, 1992; Simon, 1995); (Guénette et collab., 2001); (Froelich et McNabb, 1984).

Dans un souci de simplification, le comité de rédaction a décidé d'uniformiser la présentation des références bibliographiques concernant les livres et les articles et d'écrire au long le nom des journaux et des revues.

Dans les références, mentionner dans l'ordre :

- *le nom de l'auteur*, avec la majuscule initiale. Le nom est suivi d'une virgule et des initiales de l'auteur, chacune suivie d'un point. S'il y a plusieurs auteurs, les initiales des auteurs suivants précèdent leur nom, la conjonction « et » précédant les initiales et le nom du dernier auteur, même lorsque l'article est en langue anglaise (voir exemples). Ne pas utiliser les majuscules « forcées » (*caps lock*) pour les noms des auteurs. Ne pas séparer les initiales par une espace : Froelich, H.A. et D.H. McNabb;
- *l'année de parution*, précédée par une virgule et suivie d'un point;
- *le titre du livre ou de l'article*, en caractères normaux, suivi d'un point;
- *dans le cas d'un article, le titre de la revue ou du livre* dont il est tiré, suivi d'une virgule;
- *dans le cas d'un livre, le nom de la maison d'édition*, suivi d'une virgule, le nom de la ville où le livre est édité, suivi d'une virgule, et le nombre de pages que comporte le livre suivi d'un point;
- *dans le cas d'un article, le numéro du volume de la revue*, suivi d'un deux-points (:) et de la mention des pages correspondant à l'article cité, suivie d'un point;
- si un article est tiré d'un livre, utiliser l'expression « Dans : » (même lorsque l'article est en langue anglaise) suivie de la référence du livre (cf. supra) et, à la fin, les pages de l'article précédées de « p. ».
- Pour ce qui est des articles parus dans *Le Naturaliste canadien* depuis 1995, indiquer le volume et le numéro de la revue puisque chaque numéro d'un volume commence à la page 1.
- Dans les références, l'usage de l'italique est réservé aux noms latins.

Exemples :

Corbeil, J.-C., B. Boivin, G. Simard et P. Gauvin, 1995. The genus *Vaccinium* in Canada. John Wiley and Sons Ltd., Toronto, 256 p.

Corbeil, J.-C. et A. Archambault, 1992. Le visuel. Éditions Québec/Amérique, Montréal, 928 p.

Boivin, B., 1980. Survey of Canadian herbaria. *Provancheria*, 10, 187 p.

Boivin, B., 1992. Les Cypéracées de l'est du Canada. *Provancheria*, 20, 230 p.

Fassler, C.R., 1997. The American mussel crisis: effects on the world pearl industry. Dans : Cummings, K.S., A.C. Buchanan, C.A. Mayer et T.J. Naimo (édit.). Conservation and management of freshwater mussels II: initiatives for the future. Proceedings of a UMRCC symposium, 16-18 October 1995, St-Louis, Missouri. Upper Mississippi River Conservation Committee, Rock Island, Illinois, p. 265-277.

- Froelich, H.A. et D.H. McNabb, 1984. Minimizing soil compaction in Pacific Northwest forest. Dans: Stone, E.L. (édit.), *Forest Soils and Treatment Impacts*. Department of Forestry, Wildlife and Fisheries, University of Tennessee, Knoxville, TN, p. 159-192.
- Gauthier, B. et V. Lavoie, 1975. Limites hydrobiologiques au niveau de l'archipel de Montmagny, estuaire du Saint-Laurent. *Le Naturaliste canadien*, 102: 653-662.
- Huot, M., 1995. Une espèce unique au Québec: le suceur cuivré. *Le Naturaliste canadien*, 119 (2): 37-40.
- Savenkoff, C., A.F. Vézina, P.C. Smith et G. Han, 2001. Summer transports of nutrients in the Gulf of St. Lawrence estimated by inverse modelling. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 52: 565-587.
- Skolwing, H., 1987. Traffic accidents with moose and roe deer in Sweden. Report of research, development and measures. Dans: Actes du colloque Routes et faune sauvage, 5-7 juin 1985, Strasbourg, p. 317-24.

10. L'expédition

Envoyer les textes, tableaux et illustrations directement à l'éditeur:

de préférence par courriel à ed.ardoise@sympatico.ca

ou par courrier postal (CD et copie papier) à

Les Éditions l'Ardoise
9865, boul. de l'Ornière
Québec (Québec) G2B 3K9

Pour davantage d'information,

sur le contenu ou le fond, communiquer avec Michel Crête: téléphone: 418 628-8258

sur la présentation graphique, communiquer avec Thérèse Gadbois ou Paul Bourque: téléphone: 418 843-8008

courriel: ed.ardoise@sympatico.ca

Les photos à haute définition

L'appareil photo traditionnel

Pour un appareil photo à cartouche de film, la photo sur papier ou la diapositive produite doit être numérisée par balayage (scannée) avant d'être imprimée. L'éditeur du *Naturaliste canadien* préfère effectuer cette opération lui-même, étant bien équipé pour ce travail et en meilleur contrôle des exigences de la résolution. Si, malgré tout, l'auteur préfère numériser ses photos, il devra le faire à une résolution minimale de:

- 400 points par pouce (ppp) pour les photos sur papier de 100 x 150 mm (4 x 6 po);
- 2400 ppp pour les diapositives.

L'appareil photo numérique

Pour les besoins du *Naturaliste canadien*, l'appareil photo numérique doit avoir une capacité minimale de 4 mégapixels et être ajusté pour qu'un minimum de 3 mégapixels soient utilisables pour la prise de photos.

Le *Naturaliste canadien*

Expressions et mots latins et abrégés

Expression ou mot latin	Abréviation	Signification française	Choix recommandé
<i>circa</i>	<i>ca</i> (parfois <i>c.</i>)	vers, environ	vers (pour une date) ou environ (pour un nombre)
<i>confer</i>	<i>cf.</i> (parfois <i>cfr.</i> , <i>conf.</i>)	se reporter à, comparer à	<i>cf.</i>
<i>eodem</i>	—	au même endroit	<i>eodem</i>
<i>et alii</i>	<i>et al.</i>	et collaborateurs, et autres	et collab.
<i>exempli gratia</i>	<i>e. g.</i>	par exemple	p. ex. (au long dans le texte)
<i>fide</i>	—	sur la foi de	communication personnelle
<i>id est</i>	<i>i. e.</i>	c'est-à-dire	c.-à-d. (au long dans le texte)
<i>in</i>	—	dans	Dans (dans les références)
<i>sensu</i>	—	au sens de	au sens de
<i>verbi gratia</i>	<i>v. g.</i>	par exemple	p. ex. (au long dans le texte)

LE MOT DU PRÉSIDENT

Ah ! ces petits trous d'eau !

Réflexion sur l'importance et la conservation des milieux humides au Québec.

par Michel Lepage

3 **Découverte d'une tortue-molle à épines (*Apalone spinifera*) dans la rivière l'Acadie** 51

Observation d'une tortue rare au Québec à 100 km de son aire de répartition connue.

par Sébastien Rioux et Jean-François Desroches

BOTANIQUE

Le roseau commun au Québec: enquête sur une invasion

Une équipe de recherche tente de comprendre comment le roseau commun, cette grande graminée maintenant commune le long des autoroutes, a réussi à envahir le sud du Québec. Il fallait notamment la présence d'un génotype exotique pour que l'invasion débute.

par Claude Lavoie

5 **Correctifs sur certaines mentions de l'Atlas des amphibiens et des reptiles du Québec – suite et fin** 54

Il se glisse des erreurs dans les banques de données fauniques: des exemples chez les amphibiens et les reptiles. Y a-t-il moyen de les prévenir ?

par Jean-François Desroches

ENTOMOLOGIE

Inventaire des odonates de Minganie

On savait peu au sujet des libellules et des demoiselles de la Côte-Nord. Deux entomologistes rapportent le fruit de leur échantillonnage sur la Moyenne Côte-Nord et à l'île d'Anticosti.

par Christophe Buidin et Yann Rochepault

10 **Bilan des connaissances sur les mammifères terrestres et l'herpétofaune de l'île aux Basques** 61

L'île aux Basques occupe une place particulière dans le cœur de bon nombre de lecteurs du Naturaliste canadien. Voici une synthèse des observations de mammifères terrestres, d'amphibiens et de reptiles qu'on y a faites au fil des ans.

par Christian Fortin et Martin Ouellet

GESTION DE LA FAUNE

Le contrôle de la rage du raton laveur en Montérégie en 2006: déroulement des opérations de terrain

Branle-bas de combat le long de la frontière américaine, en Montérégie et en Estrie. Les agences gouvernementales déploient de grands efforts pour freiner la progression de la rage du raton laveur dans le sud du Québec.

par Pierre Canac-Marquis, Réjean Rioux, André Dicaire, Denis Rajotte, Michel Huot, Daniel Guérin, Marianne Gagnier et Hélène Jolicoeur

17 **Huitième inventaire quinquennal du faucon pèlerin, *Falco peregrinus*, au Québec (2005)** 70

Tant qu'il y a de la vie, il y a de l'espoir. Le dernier inventaire du faucon pèlerin dans le sud du Québec révèle que les effectifs de cette espèce décimée continuent à augmenter rapidement.

par Isabelle Gauthier, François Shaffer, Pierre Fradette et Mireille Poulin

Relations entre l'abondance du cerf de Virginie et la dynamique de régénération des forêts de l'île d'Anticosti

Le paisible et charismatique cerf de Virginie a modifié sournoisement la composition des forêts de l'île d'Anticosti depuis son introduction au début du XX^e siècle, et les changements continuent. Peut-on renverser la tendance ?

par Jean-Pierre Tremblay, Jean Huot, François Potvin et Steeve D. Côté

26 **Amélioration de la santé de l'érable à sucre après chaulage: résultats après dix ans** 75

Les polluants atmosphériques qui retombent sur nos forêts modifient la nature des sols et affectent la croissance et la survie des arbres. Des amendements au sol peuvent aider l'érable à sucre à résister à l'agression.

par Jean-David Moore, Rock Ouimet

Un siècle de broutement intensif sur l'île d'Anticosti: les cerfs d'aujourd'hui en payent-ils le prix ?

Que se passe-t-il quand la compétition pour la nourriture devient très forte chez un herbivore comme le cerf de Virginie ? Des résultats sur la qualité de la nourriture, la croissance et la reproduction du cerf à l'île d'Anticosti.

par Anouk Simard, Steeve D. Côté, Robert B. Weladji, Sonia de Bellefeuille et Jean Huot

33 **Liste des noms français révisés et des noms latins et anglais à jour des mulettes du Canada (*Bivalvia*; Familles: Margaritiféridés, Unionidés)** 79

Il était temps de revoir la nomenclature des mulettes du Canada, un groupe d'animaux menacé par la pollution et encore très méconnu.

par André L. Martel, Jean-Marc Gagnon, Michel Gosselin, Annie Paquet et Isabelle Picard

Effets d'un régime alimentaire hivernal de mauvaise qualité sur la condition corporelle, la survie et le comportement d'approvisionnement du cerf de Virginie de l'île d'Anticosti

Que se passera-t-il si la composition des forêts continue à changer à l'île d'Anticosti et que les cerfs doivent consommer davantage d'épinette blanche, une nourriture de famine ? Une étude couvrant deux hivers permet de tirer certaines conclusions.

par Joëlle Taillon, Daniel G. Sauvé et Steeve D. Côté

38 **Histoire de la classification des milieux humides au Québec** 85

Les milieux humides regroupent une vaste gamme de communautés naturelles où l'eau et la terre se rencontrent. Il n'a jamais été facile de les classer.

par Sylvain Ménard, Marcel Darveau, Louis Imbeau

HERPÉTOLOGIE

Quelques mentions d'intérêt concernant l'herpétofaune de la Mauricie

Naguère négligés, les amphibiens et les reptiles du Québec reçoivent maintenant une attention soutenue de la part des agences gouvernementales, mais également de naturalistes indépendants. Ici, deux observateurs rapportent le fruit de leurs inventaires d'amphibiens et de reptiles dans la région de la Mauricie.

par Daniel Pouliot et Jean-Marc Vallières

44 **LES LIVRES SAVIEZ-VOUS QUE...** 91
95



LA SOCIÉTÉ
PROVANCHER
D'HISTOIRE
NATURELLE
DU CANADA

La Société Provancher d'histoire naturelle du Canada, créée en 1919, est un organisme sans but lucratif qui a pour objet de regrouper des personnes intéressées aux sciences naturelles et à la sauvegarde de l'environnement.

Contribuez directement à la conservation et à la mise en valeur des propriétés de la Société Provancher :

- l'île aux Basques : située en face de la ville de Trois-Pistoles. Refuge d'oiseaux migrateurs et lieu historique national du Canada désigné en 2001;
- l'île La Razade d'en Haut : située en front de la municipalité de Notre-Dame-des-Neiges de Trois-Pistoles. Refuge d'oiseaux et site historique;
- l'île La Razade d'en Bas : située dans la municipalité de Saint-Simon-de-Rimouski. Refuge d'oiseaux;

Note : Le refuge d'oiseaux migrateurs de l'île aux Basques et de l'archipel des Razades couvre une zone de protection de 933 ha, comprenant la partie terrestre et la partie maritime.
(Source : Service canadien de la faune)

- le site historique Napoléon-Alexandre-Comeau, à Godbout, sur la Côte-Nord;
- le territoire du marais Léon-Provancher : 125 ha, un site récréo-éducatif voué à la conservation et situé à Neuville, acquis le 3 avril 1996; et
- l'île Dumais et le rocher aux Phoques, 15,9 ha (région de Kamouraska) ainsi que les territoires de Kamouraska (32 ha) dont la Société Provancher est la gestionnaire depuis le 25 octobre 2000, agissant à titre de mandataire de la Fondation de la faune du Québec.

En devenant membre de la Société Provancher, vous recevrez *Le Naturaliste canadien*, deux fois par année.

La revue *Le Naturaliste canadien* a été fondée en 1868 par Léon Provancher. Elle est la plus ancienne revue scientifique de langue française au Canada.

Vous y trouverez des articles sur la faune et la flore; la conservation des espèces et les problèmes environnementaux; le fleuve Saint-Laurent et le bassin qu'il dessert; les parcs du Québec et du Canada; l'ornithologie, la botanique, l'entomologie; les sciences de la mer et les activités de la Société Provancher ainsi que sur les autres organismes de conservation au Québec.

FORMULAIRE D'ADHÉSION

Année : _____

Nom : _____ Prénom : _____

Adresse : _____ App. : _____

Ville : _____ Code postal : _____

Téléphone : rés. : () _____ bur. : () _____

Activité professionnelle : _____ Courriel : _____

Cotisation : Don : \$ [] Carte familiale : 30 \$ []
Membre individuel : 25 \$ [] Membre corporatif : 60 \$ []

Je désire recevoir les formulaires de réservation pour les camps de l'île aux Basques : oui non

Signature : _____
Veuillez rédiger votre chèque ou mandat à l'ordre de la Société Provancher et le faire parvenir à l'adresse indiquée.

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

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

Pour vos prochaines vacances,

l'île aux Basques...

**lieu de ressourcement,
d'histoire et de vie**

Trois camps à votre disposition :

- ▲ le camp Léon-Provancher : capacité d'accueil de huit personnes
- ▲ le camp Rex-Meredith : capacité d'accueil de quatre personnes
- ▲ le camp Joseph-Matte : capacité d'accueil de 16 personnes



Chaque camp est équipé d'un réfrigérateur et d'un poêle au gaz propane, d'un appareil de chauffage et d'ustensiles de cuisine.

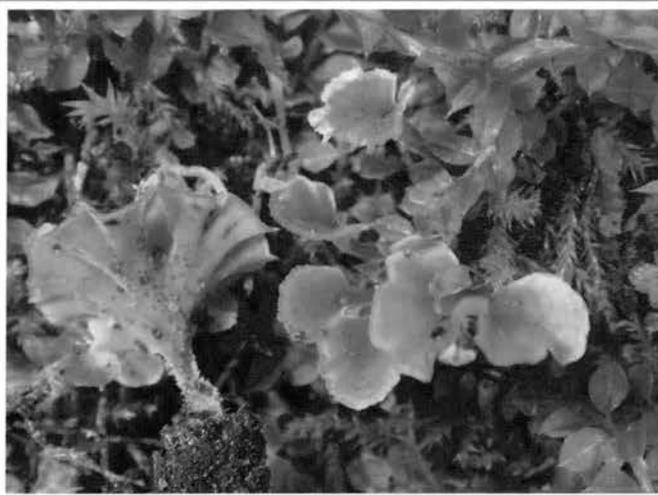
Le prix de location des camps Léon-Provancher et Rex-Meredith est global, peu importe le nombre de personnes qui y séjournent ; on doit néanmoins respecter la capacité d'accueil de chacun de ces camps.

Le camp Joseph-Matte a été conçu pour accueillir des groupes. La tarification est établie suivant certains critères.

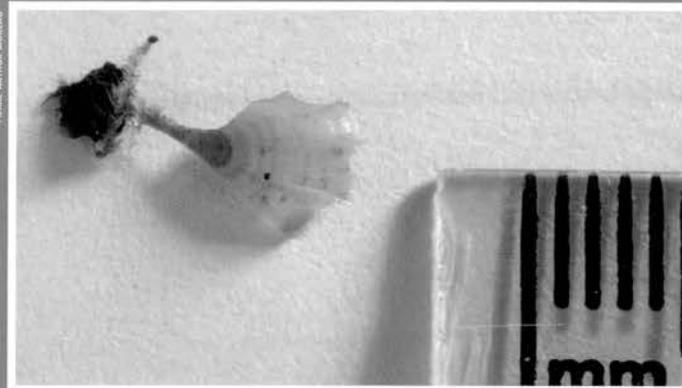
Le cahier des réservations des camps est disponible à partir de la mi-février de chaque année et envoyé à tous les membres de la Société Provancher qui en ont fait la demande. Le cahier des réservations contient toutes les informations nécessaires sur les séjours à l'île, les formulaires pour les réservations de même que les règlements qui régissent les séjours. La politique de la Société est de traiter les demandes de réservation dans l'ordre où elles sont reçues.



Les membres de la Société Provancher et le public en général qui désirent visiter l'île aux Basques peuvent le faire en communiquant directement avec le gardien de l'île. Des visites guidées quotidiennes sont organisées durant toute la saison. On peut communiquer avec le gardien de l'île aux Basques, Jean-Pierre Rioux, au numéro de téléphone 418-851-1202, à Trois Pistoles



PIERRE-ANTHONY MOREAU



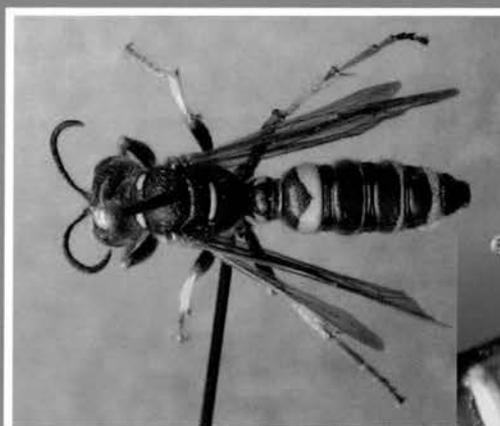
SERGE AUDIT

Une récolte du champignon
Cotylidia carpatica au Québec p. 5



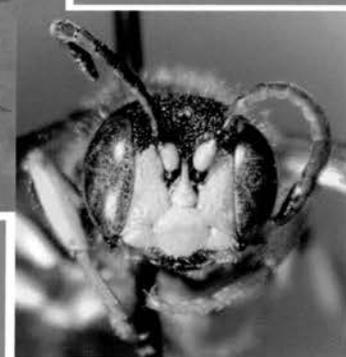
M. ROBERT

Le garrot d'Islande fréquente les
anses du parc du Bic en hiver. p. 80



J.-M. FÉRON

Femelle de *Cerceris halone* Banks
trouvée sur le versant sud du
mont Shefford p. 24



CHARLES DUPAS

Face d'un mâle
de *C. halone* p. 24



CLÉMENTE GUYON

Agrégation d'oursins verts broutant les algues
dans la zone de laminaires p. 68



ANDRÉ BRADON

Le papillon du micocoulier,
Asterocampa celtis p. 26