

# le naturaliste canadien

Volume 131, numéro 1  
Hiver 2007

LA SOCIÉTÉ PROVANCHER  
D'HISTOIRE NATURELLE  
DU CANADA



JEAN-CLAUDE CARON

## Au sommaire

- RARÉFACTION DE L'OXYGÈNE DANS LES EAUX PROFONDES DE L'ESTUAIRE
- L'ADN, UN OUTIL MODERNE POUR LA GESTION DE LA FAUNE
- L'ANGUILLE AU QUÉBEC
- CONSERVATION DE L'HERPÉTOFAUNE DANS LES PARCS NATIONAUX
- CROISSANCE DE LA FOUGÈRE-À-L'AUTRUCHE
- COLLECTION GOUVERNEMENTALE D'ANIMAUX AQUATIQUES

## LE MOT DU PRÉSIDENT

### Le développement durable, vous dites?

Michel Lepage discute avec sa jeune nièce du développement durable, un concept à la mode qui demeure difficile à cerner.

par Michel Lepage

### Nouveau rédacteur de la revue

Changement dans la continuité au *Naturaliste Canadien*

### L'aventure du *Naturaliste* se poursuit...

André Desmartis porte un regard sur tout le chemin parcouru par le *Naturaliste Canadien* en 12 ans sous sa gouverne à titre de responsable du comité de rédaction. Il passe maintenant le flambeau... Bravo!

par André Desmartis

## GENS D'ACTION

### Nicole Lavoie: une « femme dynamique et impliquée »

Dans ce numéro, la Société Provancher rend hommage à Nicole Lavoie, une botaniste très active dans le domaine de la conservation des milieux naturels québécois.

par Jacques Labrecque

## MUSÉOLOGIE SCIENTIFIQUE

### Les collections d'animaux aquatiques de « Faune Québec » à Longueuil

Pierre Brunel présente une collection méconnue d'animaux aquatiques, accumulée depuis la première moitié du XX<sup>e</sup> siècle par des scientifiques gouvernementaux. La collection a subi bien des déménagements depuis ses débuts et subsiste encore, contre vents et marées, grâce quelques défenseurs convaincus de sa valeur. Des exemples en témoignent.

par Pierre Brunel

## BOTANIQUE

### L'effet de phytohormones sur la multiplication végétative de la matteucie fougère-à-l'autruche

La fougère-à-l'autruche se consomme sous forme de têtes de violon au printemps, mais attire également l'attention des horticulteurs comme plante ornementale. Ici, une équipe de recherche rapporte les résultats de ses travaux utilisant des hormones pour stimuler la reproduction végétative en laboratoire. Ces résultats peuvent avoir des répercussions sur la conservation d'une plante indigène exploitée commercialement.

par Marie-Ève Leclerc, Line Lapointe et Alain Olivier

### La soude des collines (*Salsola collina* Pallas), une adventice nouvelle au Québec

24

Marcel Blondeau et ses collaborateurs rapportent les premières mentions, pour le Québec, d'une plante maritime qui a colonisé le centre du continent nord-américain depuis une cinquantaine d'années. Un autre exemple de la manière dont l'activité humaine modifie le cours de l'évolution des communautés végétales.

par Marcel Blondeau,  
Claude Roy et Jean-Paul Bernard

## ORNITHOLOGIE

### Régime alimentaire de la nyctale de Tengmalm en Minganie durant la nidification

28

La nyctale de Tengmalm représente vraisemblablement l'espèce d'oiseau de proie la plus abondante de la forêt boréale québécoise, mais demeure encore méconnue. Christophe Buidin et ses collaborateurs ont étudié le régime alimentaire de la nyctale durant la période de nidification, en recensant les proies mises en réserve dans des nichoirs qu'ils ont installés en Minganie. Les nyctales de Tengmalm québécoises consomment particulièrement des campagnols à dos roux de Gapper durant la période de nidification, un régime alimentaire semblable à celui observé ailleurs en Amérique du Nord.

par Christophe Buidin,  
Yann Rochepault et Jean-Pierre L. Savard

## HERPÉTOLOGIE

### Inventaire herpétologique de la région de la Capitale-Nationale en 2002

34

La délimitation de l'aire de répartition représente la première étape à franchir pour assurer la bonne gestion et la conservation des espèces animales. Daniel Pouliot et ses collaborateurs rapportent ici les résultats de leurs inventaires d'amphibiens et de reptiles de la région de Québec. Au total, 17 espèces ont été recensées au cours de l'été 2002.

par Daniel Pouliot,  
Jean-François Desroches et Daniel Banville

### Les plus grosses tortues serpentine (*Chelydra s. serpentina*) du Québec

41

Il n'y a pas que les pêcheurs qui sont portés à l'exagération. Jean-François Desroches remet les pendules à l'heure relativement à la tortue serpentine, la plus grosse tortue à vivre au Québec. Les plus grosses tortues serpentine observées possédaient une carapace de 43 cm de longueur et très peu mesuraient plus de 40 cm. Presque tous les spécimens de taille supérieure à 38,5 cm étaient des mâles.

par Jean-François Desroches

## GESTION DE LA FAUNE

### Capture d'un blaireau (*Taxidea taxus*) au Québec 46

À l'occasion, certains animaux sont observés très loin de leur aire de répartition habituelle. Nathalie Bourbonnais rapporte la capture d'un blaireau par un trappeur, à proximité de Sept-Îles; cette espèce est pourtant associée aux milieux ouverts du centre du continent. Elle a examiné soigneusement l'animal pour conclure qu'il appartenait probablement à la sous espèce «*jeffersonii*» et qu'il s'alimentait normalement avant sa capture dans la forêt boréale de la Côte-Nord. Elle spécule sur sa provenance.

*par Nathalie Bourbonnais*

### L'analyse de l'ADN sans manipulation des animaux: un outil incontournable pour la gestion et la conservation des espèces rares ou élusives 51

Tous les animaux portent des combinaisons de gènes qui les rendent uniques. Julien Mainguy et Louis Bernatchez nous expliquent comment les progrès de la biologie moléculaire rendent maintenant possible l'utilisation de ces marqueurs génétiques pour assurer la conservation et la bonne gestion des espèces rares ou élusives, sans la nécessité de les capturer.

*par Julien Mainguy et Louis Bernatchez*

## MILIEUX AQUATIQUES

### L'anguille au Québec, une situation préoccupante 59

L'anguille qui se vit dans nos eaux va se reproduire dans la mer des Sargasses, au sud-ouest des Bermudes. Les jeunes anguilles, entraînés par les courants marins, reviennent dans le fleuve et ses affluents. François Caron résume les connaissances actuelles sur cette espèce fascinante dont les effectifs ont décliné substantiellement au cours des dernières décennies, particulièrement dans la partie supérieure du Saint-Laurent.

*par François Caron, Pierre Dumont,  
Yves Mailhot et Guy Verreault*

## SCIENCES DE LA MER

### Appauvrissement en oxygène dans les eaux profondes du Saint-Laurent marin Causes possibles et impacts écologiques 67

Les concentrations d'oxygène ont baissé de moitié dans les eaux profondes de l'estuaire maritime du Saint-Laurent depuis les années 1930. Denis Gilbert et ses collaborateurs expliquent pourquoi et montrent que ce changement a favorisé certaines espèces de poisson peu exigeantes en oxygène qui ont remplacé d'autres espèces aux besoins plus élevés.

*par Denis Gilbert, Denis Chabot,  
Philippe Archambault, Bernard Rondeau et Serge Hébert*

## PARCS ET AIRES PROTÉGÉES

### Les parcs nationaux du Québec : herpétofaune, intégrité écologique et conservation 76

Le maintien de la biodiversité dans les régions fortement occupées par l'homme pose des défis énormes. Patrick Galois et ses collaborateurs traitent de différents facteurs internes et périphériques aux parcs québécois qui compliquent leur mission de conservation. Ils utilisent leurs observations dans trois parcs du sud du Québec ainsi que la littérature scientifique pour illustrer leur propos.

*par Patrick Galois, Martin Ouellet et Christian Fortin*

## LES ROUTES DE L'INTERNET

### Tourisme et biodiversité 84

*par Marianne Kugler*

## LES LIVRES

86

## SAVIEZ-VOUS QUE...

91

**En page couverture :** Observer et comprendre pour mieux préserver. Activité d'initiation à l'observation de la nature à l'île aux Basques en mai 2006.

Photo: Jean-Claude Caron

**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 ici remerciés.**



## La Société Provancher remercie ses généreux bienfaiteurs

Novembre 2005 à novembre 2006

### Parrains du *Naturaliste canadien*

Canards Illimités

Fondation de la Faune du Québec

Foramec Inc.

Habitat faunique Canada

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

### Amis du *Naturaliste canadien*

Archambault, Sylvain · Asselin, Benoit · Bélanger, Roger · Benoit, Suzanne · Billington, Charles · Boisseau, Jean-Denis · Bonin, Serge · Bouchard, Michel · Boucher, Patrice · Boudreau, Francis · Bourassa, Jean-Pierre · Breton, Martin · Brisson, Jean-Denis · Brunelle, François · Cantin, Michel · Cayouette, Jacques · Charbonneau, Françoise · Chevrier, Normand · Clermont, André · Cloutier, Stéphanie · Colinet, Bernard · Coulombe, Louis · Couture, Pierre · Couture, Richard · Desjardins-Dulac, Monique · Desmartis, André · Després, Denise · Dionne, Jean-Claude · Duchesneau, Roger · Dupuy, Pierre · Fortin, Jean · Gadbois, Thérèse · Gagné, François · Gagnon, José · Galois, Patrick · Gaudreau, Daniel · Gauthier, Charles · Gauvin, Alain · Giguère, Jean-Roch · Giroux, Michel · Giroux, Pierre A. · Gratton, Louise · Hamelin, Louis-Edmond · Huot, Lucien · Ironman, Jules · Juneau, Michel · Kugler, Marianne · Lafond, Anne-Marie · Lanneville, Jean-Louis · Larivée, Jacques · Levasseur, Marc · Lévesque, Madeleine · Martineau, Pierre · Massé, Gérard · Matte, Sylvie · Ménard, Louise · Messely, Louis · Moisan, Gaston · Monette, Maurice · Morisset, Pierre · Myette, Claude · Nadeau, Yves · Otis, Mario · Ouellet, Carmen · Ouellet, Jocelyn · Ouellet, Jocelyne · Ouellet, Martin · Painchaud, Jean · Paquet, Maurice · Paquette, Denis · Paré, Bruno · Payant, Christian · Pelletier, Rodrigue · Piuze, Jean · Potvin, Denis · Pouliot, Yvan · Rainville, Pierre · Reed, Austin · Renaud, Jean · Richard, Pierre J-H · Rodrigue, Donald · Sénéchal, André · Shaw, Michel · St-Laurent, Martin-Hugues · Têtu de Labsade, Françoise · Têtu, Bernard · Tremblay, Andrée-Anne · Tremblay, Éric · Varin, Michel · Villeneuve, Claude · Violette, Michèle · Wapler, Michel

### Bienfaiteurs de la Société Provancher d'histoire naturelle du Canada

Ahern Normandeau, Marguerite · Auger, Geneviève · Barbeau, Claude · Barrière, Serge · Bédard, Michelle · Bédard, Yvan · Bélanger Denise · Bélanger, Claire · Bellefeuille, Hélène · Bellefeuille, Marie · Belzile, Éric · Belzile, Marie · Belzile, Patrick · Bernier, Conrad · Bernier, Sylvain · Bertrand, Luce · Biron, Paule · Bonneau, Andrée · Borboën, Véronique · Bossert, Frédéric · Bouchard, Yvon · Boulé, Robert · Bourré, Liliane · Campagna, François · Campagna, Pierre · Cantin, Michel · Caron, Jean-Claude · Caron, Rémi · Castonguay, Gérard · Cavanagh, Robert · Charpentier, Yvan · Chayer, Réjean · Cloutier, Jean-Pierre · Corbeil, Christian · Cossette, Julie · Côté, Madeleine · Côté, Mathieu · Coulombe, Louis · Couvrette, Michel · Dagenais, Michel · D'Anjou, Gay · Delisle, Conrad · De Passillé, Luc · De Serres, Marthe · Delsanne, René · Déry, Anne · Desautels, Louise · Desautels, Renée · Desbiens, Jean-Yves · Desharnais, Nicole · Doré, Marc · Drolet, Bruno · Drolet, Sylvie · Dufresne, Camille · Dumas, Guy · Dupéré, André · Dutil, Jean-Denis · Fafard, Micheline · Filteau, Gabriel · Fordin, Michel · Fortier, Gill · Fortin, J. André · Fougère, Rose-Marie · Frenette, Carmen · Gagné, François · Gagnon, Gérard · Gingras, Pierre · Girard, Aline · Giroux, Marie · Grenier, Claire · Grimard, Michèle · Hamel, François · Harvey, Éric-Yves · Hébert, Daniel · Henry, Lise · Héon, Pascal · Jodoin, Yvon · Jones, Richard · Jutras, Raymond · K. Laflamme, Michel · Lafontaine, Joanne · Lagacé, Langis · Lahaie, Pierre · Lamoureux, Gisèle · Lapointe, Monique · Larose, Roger · Laurin, Hélène · Lebel, Mariette · Lebel-Grenier, Sébastien · Leclaire, Ginette · Leclerc, Marcel · Leduc, Pierre · Lemieux, Jacques · Lepage, Ronald · Lessard, Camille · Huguette Levasseur-St-Arnaud · Levesque, Annie · MacDonald, Karen · Mailloux, Claude · Marcoux, Julie · Marier, Louise · Marineau, Kim · Marquis, Denise · Massicotte, Guy · Mercier, Jacynthe · Mercier, Martine et Jean · Messely, Louis · Paillou, Jean · Parrot, Louis · Perron, Sylvie · Pilote, Lise · Potvin, Laurent · Proulx, André · Proulx, Eddy · Provencher, Claude · Quirion, Sylvie · Rasmussen, Arne · Rémillard, Chantal · Renaud, Michel · Riou, Nicolas · Rioux, Cybèle · Roberge, Charlotte · Roberge, Jacques · Robert, Céline · Robert, Michèle · Robert, Nicole · Robillard, Jean R. · Roy, Clodin · Roy, Odette · Roy, René · Ruffet, Gérald · Savoie, Réginald · Simard, Claude · Simard, Euréka · Simard, Rodrigue · Tellier, François · Thibault, Yvan · Van Nieuwenhove, Claude · Vigneux, Jean · Watelet, Anne



LA SOCIÉTÉ  
PROVANCHER  
D'HISTOIRE  
NATURELLE  
DU CANADA

#### Président

Michel Lepage

#### 1<sup>er</sup> Vice-président

Éric Yves Harvey

#### 2<sup>e</sup> Vice-président

Jean Fortin

#### Secrétaire

Michel Cantin

#### Trésorier

André St-Hilaire

#### Administrateurs

Jean-Claude Caron

Richard Jones

Sylvie Matte

Réginald Ouellet

Jean Piuze

## 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 1<sup>er</sup> 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  
4740, boul. Wilfrid-Hamel, bureau 130  
Québec QC G1P 2J9.

Téléphone : 418-877-6541 Télécopie : 418-877-6579

Courriel : provancher@videotron.ca

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





## Le développement durable, vous dites ?

Les questions des enfants nous obligent à penser vite et bien. C'est pourquoi leurs questions sont souvent redoutables. La réponse simple et claire à une question complexe demande un effort de synthèse peu commun.

Alors que je regardais un album de photos avec ma nièce de sept ans, elle m'a tout bonnement demandé si la pellicule que je venais de faire développer, c'était cela, du développement durable.

« Eh bien ! Comment dirais-je ? », en réprimant un sourire. C'est là que j'ai dû mettre mes neurones en action.

« Cela concerne surtout l'environnement, lui dis-je. Tu aimes bien les arbres, les fleurs, les oiseaux et les gens qui sont gentils. Tu aimerais, plus tard, lorsque tu seras une maman, que tes enfants puissent aussi voir beaucoup d'oiseaux, des fleurs, de beaux jardins... Il faut donc protéger l'environnement. Si l'homme doit couper des arbres, construire des routes, cultiver la terre et élever des animaux, il doit le faire de telle sorte que, plus tard, les enfants puissent aussi vivre dans un environnement agréable. » Là, je sentais que je m'enfonçais dans des explications trop théoriques. Allons-y donc avec des exemples.

« Tu as vu à la télévision des grosses machines qui coupent les arbres pour en faire des planches ou du papier journal. S'ils coupent les arbres, que va-t-il se passer ? »

« Les animaux n'auront plus de place pour se cacher et manger ? »

« Oui, mais la forêt repousse et si on coupe les arbres en laissant aux animaux des endroits où vivre en attendant que la forêt ait repoussé, dans 60, 100 ans, on pourra à nouveau y couper des arbres et les animaux y seront encore abondants. Et si on coupe trop d'arbres ? »

« Bien ! Les animaux vont mourir ? »

« C'est un peu cela, plus tard, il y aura moins d'animaux et beaucoup moins de bois que l'on pourra couper. »

« Tu te souviens du ruisseau où nous sommes allés voir les grenouilles ? Quand mon père était petit, il allait pêcher des truites et se baigner dans ce ruisseau. »

« Beurk ! Dans cette eau brune ? »

« Autrefois, l'eau de ce ruisseau était très claire et on pouvait voir le beau sable blond et les petits cailloux dorés. Les champs que tu as vus près du ruisseau étaient cultivés. Il y avait moins de vaches et on répandait moins de fumier pour engraisser le sol. Que s'est-il passé depuis ? Les fermiers ont dû augmenter le nombre de vaches pour faire vivre leur famille et ils ont mis plus d'engrais pour que le foin pousse mieux. Mais sans qu'ils s'en aperçoivent, une partie des engrais est allée dans le ruisseau lorsqu'il pleuvait et, petit à petit, le ruisseau est devenu pollué. Avoir trop de vaches et répandre trop d'engrais, cela n'était pas du développement durable parce que, maintenant, tu ne peux profiter de ce ruisseau comme ton grand père le faisait. »

« Je pense que je commence à comprendre. L'autre jour, ils ont coupé les arbres dans le bois derrière l'école et ils vont construire des maisons. C'est pas du développement durable ça ? »

La question à cent piastres... Ouf !

« On ne peut pas construire des maisons sans déranger les arbres et les animaux. Là où est située ta maison, il y avait autrefois un petit bois. Des oiseaux et des lièvres y avaient leur maison. Près de chez toi, les gens ont eu la sagesse de laisser des parcs et des petits

bois où il y a encore beaucoup d'animaux. Et les voisins ont planté des arbustes pour les oiseaux. Tu aimes bien ton quartier. Serais-tu heureuse de vivre dans un endroit où il n'y a que du ciment et de l'asphalte?»

« Bien ! J'aime mieux qu'il y ait beaucoup d'arbres et d'animaux... »

« Des fois, c'est très difficile de savoir si on fait du développement durable ou non. L'autre jour, je t'ai montré des gros tas de terre recouverts de grandes bâches en plastique noir. C'était pour décontaminer les sols. Il y avait d'anciens réservoirs d'essence à cet endroit. Ceux qui les avaient construits n'ont pas pensé à toutes les conséquences si de l'essence se répandait dans le sol. Maintenant, on ne peut plus utiliser ces terrains sans les décontaminer. Ils ne savaient pas ce que c'était le développement durable. Heureusement, les gens pensent de plus en plus à ce qu'il va arriver dans le futur et on risque moins de faire des erreurs. Mais souvent, c'est difficile de prévoir. »

Je ne sais pas si j'ai réussi à lui donner des exemples clairs... Cet échange avec ma petite nièce m'a fait prendre conscience de mes propres limites dans la compréhension de la notion de développement durable. Le développement durable est une expression à la mode, mais difficile à comprendre. Tous ceux qui affirment que tel ou tel projet sera développé dans une perspective de développement durable sont-ils mieux renseignés que moi? J'ose l'espérer. Pour certains, n'est-ce pas tout simplement une question d'image? Au moins, on en parle de plus en plus et on pense de plus en plus aux conséquences à long terme. Un bon site Internet pour mieux saisir cette notion de développement durable est celui du ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs [[www.mddep.gouv.qc.ca](http://www.mddep.gouv.qc.ca)]. Je vous encourage à aller le consulter.

  
Michel Lepage  
président

## UN TRÉSOR EN ESPÈCES

LE CALENDRIER 2007 DE LA FONDATION DE LA FAUNE DU QUÉBEC

Un hommage au trésor que constitue notre patrimoine faunique dans une présentation entièrement renouvelée.

### Obtenez votre calendrier en primeur:

Il sera remis gracieusement à tous les donateurs de 20\$ ou plus.

Effectuez sans tarder votre don en ligne à [www.fondationdelafaune.qc.ca](http://www.fondationdelafaune.qc.ca) ou contactez-nous.

Chaque contribution compte et génère de l'action sur le terrain. Faites votre don!



Fondation de la faune du Québec

1175, avenue Lavigerie, bureau 420  
Québec (Québec) G1V 4P1  
Sans frais 1 877 639-0742  
418 644-7926  
[ffq@riq.qc.ca](mailto:ffq@riq.qc.ca)

**AUX ENTREPRISES**  
UNE IDÉE CADEAU POUR VOS  
EMPLOYÉS OU VOTRE ENTOURAGE!



PHOTOS: GILLES DELISLE

## Nouveau rédacteur de la revue

En tant que président de la Société Provancher, j'ai le plaisir de vous annoncer la venue d'un nouveau membre au sein de l'équipe de rédaction du *Naturaliste canadien*. Il s'agit de M. Michel Crête, biologiste bien connu dans le monde de la recherche scientifique, qui a généreusement accepté de remplacer M. André Desmartis à titre de rédacteur de la revue. Michel Crête était jusqu'à tout récemment chercheur au ministère des Ressources naturelles et de la Faune, ainsi que professeur associé à l'Université Laval et à l'Université du Québec à Rimouski. Il est maintenant à la retraite.

Après avoir complété un baccalauréat et une maîtrise en biologie à l'Université Laval, il a obtenu un diplôme de Ph. D. en gestion de la faune à l'Université du Minnesota. Au cours de sa carrière à l'emploi du gouvernement du Québec, il a acquis une solide réputation de chercheur au sein de la communauté scientifique grâce à ses travaux et à ses nombreuses publications sur la grande faune. Ses qualités de chercheur l'ont amené à agir en tant qu'arbitre pour de nombreuses revues scientifiques, et notamment comme rédacteur consultant pour le numéro 136 de *Wildlife Monographs* et comme rédacteur associé de la revue *The Wildlife Society Bulletin*. C'est avec enthousiasme que Michel Crête a accepté le défi de diriger l'équipe de rédaction de la revue. Les auteurs et les lecteurs sauront, je n'en doute pas, apprécier la qualité de son travail.



**Michel Crête, nouveau rédacteur du *Naturaliste canadien***



**André Desmartis,  
rédacteur du *Naturaliste canadien*  
de 1994 à 2006**

Au nom de tous les lecteurs et du conseil d'administration de la Société Provancher, je tiens à le remercier, ainsi que M. André Desmartis qui a assumé avec brio la direction de l'équipe de rédaction du *Naturaliste canadien* de 1994 à 2006. Ce dernier a consacré à notre revue beaucoup de temps et d'énergie et c'est avec passion qu'il a su relever le défi de publier chacun des numéros. Le plus admirable est qu'il a réalisé le tout bénévolement. Merci André.

Michel Lepage,  
président



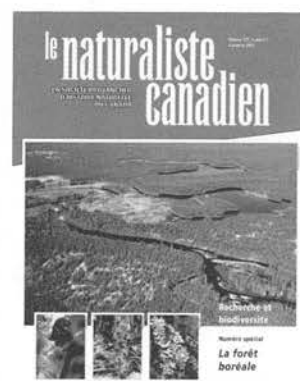
# L'aventure du *Naturaliste* se poursuit...

C'est avec plaisir que je salue, avec ce numéro du *Naturaliste*, l'arrivée d'un nouveau coordonnateur, Michel Crête, qui me succède dans cette tâche. Ayant dépassé les 80 ans et en prévision des inévitables atteintes de l'âge, j'avais demandé, il y a déjà quelque temps, à la Société Provancher de trouver quelqu'un qui pourrait continuer et, si possible, faire progresser l'œuvre entreprise. C'est maintenant chose faite et je félicite le conseil d'administration, et notamment le président de la Société Provancher, Michel Lepage, d'avoir mené à bien cette tâche.

Cela est aussi l'occasion pour moi de faire le point sur ce que j'appellerai la belle aventure du *Naturaliste canadien* et pour remercier ceux qui ont joué un rôle important au cours de son déroulement. En 1994, il y a déjà 12 ans, lorsque l'Université Laval nous laissait la tâche de poursuivre la publication du *Naturaliste canadien* et l'honneur de sauver de la disparition la plus ancienne revue scientifique canadienne-française, nous étions, J.C. Raymond Rioux et moi, heureux mais aussi conscients des défis à relever. En effet, en dehors de la valeur historique du titre, l'héritage était mince : la revue avait cessé de paraître depuis 1991; nous n'avions pas de listes d'abonnés ni d'auteurs; le milieu scientifique semblait dorénavant peu intéressé par une publication dont les objectifs et le titre pouvaient paraître quelque peu dépassés. D'ailleurs, l'Université préférait la remplacer par la publication d'*Écoscience*, une appellation qui semblait mieux répondre aux préoccupations écologiques et scientifiques de l'époque.

Notre principal atout résidait dans le fait que nous faisons du *Naturaliste canadien*, l'organe officiel de la Société Provancher en remplacement de *L'Euskarien*, la revue que la Société publiait deux fois par an depuis 16 ans. Celle-ci était une revue aux objectifs plus modestes sur le plan scientifique mais néanmoins très vivante et reflétant le goût de nos membres pour tout ce qui touche la nature. Elle nous apportait un lectorat de base cultivé et averti sur le plan scientifique et historique, quelques collaborateurs fidèles, des chroniques bien établies qui serviraient de base au sommaire du nouveau *Naturaliste canadien*.

Celui-ci bénéficiera aussi, au cours des années, de l'appui financier assuré par la Société Provancher et le financement sera d'autant plus aisé que tous les collaborateurs, tant les auteurs que les membres du comité de rédaction et les correcteurs, travailleront sur une base strictement bénévole et avec une organisation minimale.



À gauche : *Le Naturaliste canadien*, hiver 1995; à droite : le numéro spécial sur la forêt boréale, automne 2001

Le défi principal consistait à concilier le caractère rigoureux d'une publication scientifique rédigée par des chercheurs avec le souci d'intéresser un lectorat formé d'amateurs curieux des sciences naturelles mais non spécialisés. La diversité voulue des disciplines traitées par opposition à la spécialisation généralement pratiquée dans ce genre de publication, l'importance traditionnellement accordée par le *Naturaliste* à la taxinomie, une science souvent considérée comme rébarbative, étaient aussi quelques-unes des difficultés à surmonter mais qui faisaient l'originalité de notre publication. Enfin, il nous fallait convaincre les chercheurs de l'intérêt qu'ils auraient à publier dans notre revue, ce qui n'était pas acquis au départ.

Grâce à la constitution d'une équipe de rédaction ayant des liens bien établis dans des secteurs variés (ministères, universités, centres de recherche), nous sommes parvenus en quelques années à alimenter notre revue en articles de qualité. Les services fournis par nos éditeurs aux auteurs, la possibilité pour ceux-ci de présenter leurs travaux dans un cadre moins contraignant que celui des publications spécialisées avec comité de pairs, nous ont permis d'avoir des collaborations variées qui, aujourd'hui, dépassent souvent en nombre nos capacités de production.



Dernier numéro de *L'Euskarien*, en 1994

Enfin, le sondage publié dans le dernier numéro (Michel Cantin, été 2006) venait confirmer celui réalisé en 1997 : nos lecteurs nous sont restés fidèles; à plus de 90 %, ils trouvent le *Naturaliste* intéressant ou très intéressant et à 80 % le trouvent vulgarisé dans une juste mesure. Du côté des auteurs, un récent sondage non publié montre que nos auteurs sont très satisfaits de la qualité de la revue et des services offerts et tous recommanderaient à d'autres chercheurs de publier dans le *Naturaliste canadien*. La plupart considèrent que le *Naturaliste* joue un rôle certain dans le monde scientifique québécois en faisant connaître des recherches qui resteraient inconnues du public francophone.

Si nous pouvons être satisfaits du chemin parcouru en 12 ans, d'autres défis restent à relever, en particulier celui de la distribution : notre revue mériterait d'être mieux diffusée, notamment dans les bibliothèques publiques et les institutions d'enseignement. Il faudrait aussi trouver de nouvelles sources de financement qui permettraient de soulager de ses obligations la Société Provancher et d'augmenter le nombre de pages de chaque publication, ce qui permettrait de mieux répondre à la demande des auteurs.

Enfin, je veux souligner que les résultats obtenus sont le fruit d'un travail d'équipe. J.C. Raymond Rioux a joué un rôle déterminant dans le développement de notre revue : il fut l'initiateur du projet de reprise du *Naturaliste* par la Société Provancher. Il a suivi pas à pas le développement du projet, nous faisant bénéficier des nombreux contacts qu'il avait dans le monde des biologistes et des amis de la nature; il a aussi assuré très largement le financement du projet par la vente de publicité, un rôle qu'il a joué avec toute la ténacité qui est la sienne. Il est aussi à l'origine des numéros spéciaux, et notamment celui consacré à la forêt boréale, qui a établi la réputation du *Naturaliste* dans le milieu.

Nos éditeurs, Paul Bourque et Thérèse Gadbois des Éditions l'Ardoise, ont aussi assuré le succès de notre revue : par leur travail très professionnel, leur rigueur et les soins très particuliers qu'ils ont apportés à la publication. Leur contribution est essentielle et nous comptons bien qu'elle nous restera assurée dans l'avenir. Je n'oublie pas la contribution du comité de rédaction qui m'a toujours soutenu dans ma tâche et nous a permis d'assurer le recrutement de nouveaux auteurs et des articles de qualité. Je rappelle ici leurs noms : Robert Gauthier, Jean Hamann, Hélène Jolicœur, Marianne Kugler, Jean Painchaud, Jean-Marie Perron, J.C. Raymond Rioux et Vincent Roy. Un grand merci à eux et aussi à nos fidèles correcteurs, Huguette Carretier et Camille Rousseau sans oublier feu Raymond Cayouette. Merci aussi aux membres du CA qui, au cours des années, ont constitué le comité de financement ainsi qu'à nos fidèles commanditaires, sans oublier André Saint-Hilaire qui a longtemps assumé l'expédition et les listes d'envoi de la revue.

En terminant, je souhaite beaucoup de succès dans cette tâche à Michel Crête et je reste à sa disposition pour toute information ou toute collaboration qui pourrait lui être utile.

André Desmartis



**Desjardins**  
Caisse populaire  
de l'Héritage des Basques

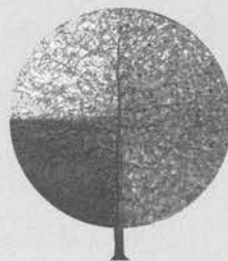
Roberto Dionne, M. Sc., Pl. Fin.  
Directeur général  
roberto.rd.dionne@desjardins.com

Planificateur financier et  
Représentant en  
épargne collective  
pour Desjardins Cabinet  
de services financiers inc.

Siège social  
80, rue Notre-Dame Ouest  
Trois-Pistoles (Québec) G0L 2K0

Tél. : 418 851-2173 1 866 5033  
Télé. : 418 851-1223

Centres de service  
Rivière-Trois-Pistoles : 418 851-3754  
Saint-Simon : 418 738-2065



**FORAMEC**

- ♦ Études d'impact et évaluations ♦
- ♦ Écologie végétale et animale ♦
- ♦ Gestion environnementale ♦
- ♦ Habitats et aménagement ♦
- ♦ Foresterie et géomatique ♦

Siège social  
70, rue Saint-Paul  
Québec QC  
G1K 3V9 Canada

Téléphone : (418) 692-4828  
Télécopie : (418) 692-5826  
Internet : www.foramec.qc.ca



## Nicole Lavoie : une « femme dynamique et impliquée »

Jacques Labrecque

S'il est une personne que l'on peut inclure parmi les « gens d'action », c'est bien Nicole Lavoie. Originaire de Rimouski, elle s'oriente d'abord vers une carrière en sciences sociales, avec une formation universitaire en adaptation scolaire. Cependant, sa passion pour une plante très particulière, l'aplectrelle d'hiver (*Aplectrum hyemale*), va bientôt l'inciter à réorienter sa carrière. Lors d'une virée à la boussole dans les collines de Saint-Armand, en Montérégie, au milieu des années 1980, elle découvre par hasard cette plante extrêmement rare au Québec. Intriguée, elle commence à documenter ses observations. En apprenant son intérêt, Daniel Gagnon, chercheur à l'UQAM, lui propose d'entreprendre une maîtrise en sciences sur la dynamique des populations de l'aplectrelle d'hiver. Incrédule au début, étant donné sa formation botanique autodidacte, elle finira par accepter et obtiendra son diplôme en 1995. Durant ces années, elle profite de visites sur le terrain pour parfaire ses connaissances en botanique et rencontrer les propriétaires des collines de Saint-Armand, dont la Société de protection québécoise des oiseaux, pour les sensibiliser à la richesse floristique de leur terrain et les inciter à en assurer la conservation. C'est à partir de ce moment que son intérêt pour la conservation et la protection des milieux naturels a réellement pris son envol.

En 1996, Nicole Lavoie est engagée au ministère des Ressources naturelles du gouvernement du Québec où elle occupera un poste jusqu'en 2005. Elle est intégrée à l'équipe travaillant sur les écosystèmes forestiers exceptionnels (EFE), où elle contribue à définir le concept de forêt refuge et à détailler les critères permettant leur identification. Elle participe à l'élaboration d'un cadre d'intervention à l'égard des EFE en forêt privée, et travaille à leur protection en collaboration avec les agences forestières régionales et les groupes de conservation. En collaboration avec le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, elle assure également la planification des rendez-vous botaniques annuels, favorisant toujours des lieux de rencontre et des activités associés à un projet concret de conservation.

Nicole Lavoie s'implique aussi activement au sein de la Fondation québécoise pour la protection du patrimoine naturel (FQPPN) de Saint-Augustin, qui travaille depuis 15 ans à la conservation du littoral de Saint-Augustin. Elle en occupe même la présidence au cours des années 2000 à 2004. Durant son mandat, son enthousiasme communicatif insuffle une nouvelle vigueur à l'organisme, et par sa détermination, elle contribue à définir et à réaliser un concept d'aménagement du parc du Haut-Fond, davantage orienté sur la



JACQUES CARON/STTE

préservation plutôt que sur la récréation. Sa persévérance, son réseau de contacts ainsi que son habileté à nouer des relations assurent le succès de négociations avec divers organismes municipaux, propriétaires fonciers et organismes de conservation, consolidant ainsi le statut de protection au parc du Haut-Fond. Plus important encore, ses efforts ont permis d'accroître considérablement la superficie déjà protégée par l'acquisition de lots de battures sur le littoral de la baie de Saint-Augustin, grâce à un partenariat avec Canards Illimités.

Travailleuse autonome depuis 2005, elle participe régulièrement à des inventaires pour la localisation d'espèces menacées ou vulnérables. Elle écrit également des avis de reconnaissance scientifique pour les propriétaires ou organismes responsables d'EFE. Toutes ces années d'engagement enthousiaste en conservation ont contribué à faire de Nicole Lavoie une personnalité reconnue dans le domaine de la protection de la biodiversité au Québec. Souhaitons qu'elle continue encore longtemps à nous faire partager sa passion pour la conservation de la nature! ◀

Jacques Labrecque est botaniste au ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs.



# Les collections d'animaux aquatiques de « Faune Québec » à Longueuil

Pierre Brunel

## Résumé

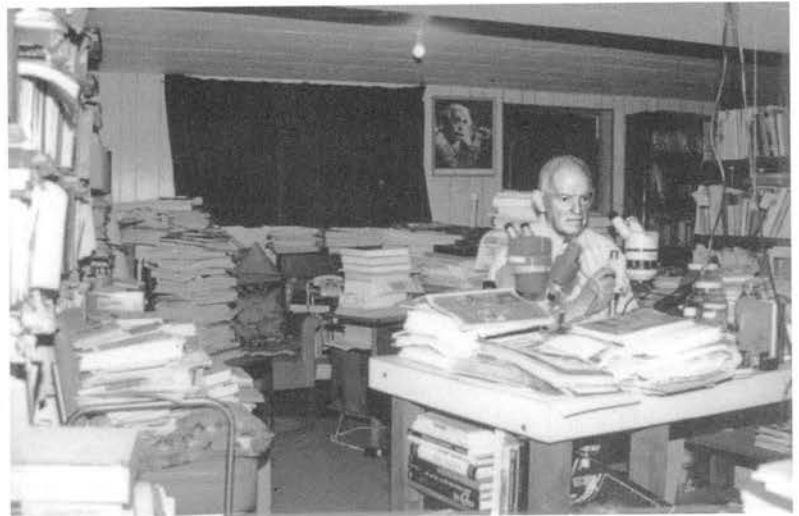
L'origine des collections d'animaux d'eau douce du Québec, conservées par le ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec à Longueuil, et leur valeur pour la recherche fondamentale, remontent aux années 1930. Le biologiste Vianney Legendre (1917-1990) en est le « père », et ses successeurs en ont vaillamment défendu la conservation, l'intégrité et la mise en valeur, notamment par une informatisation exceptionnelle par son ampleur au Québec. Les mandats de plus en plus appliqués des ministères responsables, les fréquents changements dans leurs responsabilités et clientèles, ainsi que de trop nombreux déménagements, ont nui à la mise en valeur de ces collections. Les connaissances acquises, surtout sur les poissons, ont toutefois été utiles et nombreuses : des exemples sont cités. Les collections contiennent environ 20 000 échantillons de poissons de 237 espèces, dont 191 d'eau douce, provenant de partout au Québec, mais en très grande partie du sud-ouest. Des précisions sont fournies sur les principales familles représentées, ainsi que sur les collections d'amphibiens, de reptiles, d'invertébrés et de pièces morphologiques variées.

## Introduction

On trouve, sur le territoire du Québec, un nombre considérable de lacs, de rivières et de ruisseaux, ainsi que le majestueux fleuve Saint-Laurent, qui s'élargit lui-même en plusieurs lacs fluviaux – les lacs Saint-François, Saint-Louis et Saint-Pierre – et dans un très important estuaire en aval de Trois-Rivières. La biodiversité de ces eaux douces est très riche, particulièrement dans le couloir fluvial. Jusqu'au début des années 1930, elle a été étudiée de manière sporadique, en laissant peu de spécimens témoins dans les collections québécoises de recherche.

## Les origines

Presque simultanément à cette époque, les chercheurs universitaires Georges Préfontaine, Vadim D. Vladykov et Vianney Legendre à l'Université de Montréal, Vero C. Wynne-Edwards à l'Université McGill, Alexandre Vachon et Jean-Louis Tremblay à l'Université Laval mirent sur pied des stations biologiques sur le fleuve et l'estuaire maritime du Saint-Laurent et dans le parc des Laurentides.



**Figure 1. Vianney Legendre, retraité et encore actif en recherche dans le sous-sol de son domicile, entouré de l'abondante documentation scientifique de proximité toujours nécessaire à l'étude taxonomique des spécimens de collection** (Photo Jacques Bergeron, vers 1986)

Des pêches d'exploration de la faune des eaux douces et des eaux salées québécoises étaient entreprises sur une base plus systématique. Des échantillons de poissons et d'invertébrés commencèrent à s'ajouter aux spécimens prélevés plus sporadiquement par des naturalistes plus anciens comme l'abbé Léon Provancher. Les quatre premiers de ces chercheurs obtinrent bientôt des subventions du ministère des Terres et Forêts, de la Chasse et de la Pêche du Québec pour poursuivre leurs investigations dans les eaux douces québécoises. Legendre, qui avait une première formation en chimie, acquit son intérêt pour les poissons en travaillant sous la direction de Vladykov, qui possédait déjà une bonne expertise ichtyologique. Vers la fin des années 1930, Legendre (figures 1 et 2) fut engagé par le Ministère à Montréal et Vladykov le fut à Québec. Tous deux purent y développer leur fort intérêt pour la taxonomie des poissons et édifièrent bientôt chacun, avec des objectifs de recherche, une collection de poissons et de certains invertébrés des eaux douces québécoises.

*Pierre Brunel, professeur retraité de zoologie et d'écologie marine à l'Université de Montréal, est président de l'Institut québécois de la biodiversité (IQBIO)*

[[iqbio@umontreal.ca](mailto:iqbio@umontreal.ca)]

## Avatars historiques

En 1942, le ministère de la Chasse et de la Pêche du Québec créait son « Office de biologie », qui s'installait bientôt dans des espaces encore vides des ailes occidentales inachevées de l'Université de Montréal. Legendre y entreposait ses collections et il y adjoignait bientôt une partie de celles de Wynne-Edwards, retourné en Écosse en 1946, des disciples de Préfontaine, qui avait quitté la zoologie et l'Université en 1944, et de Vladykov dans le parc des Laurentides. Il créait ainsi le noyau des importantes collections traitées dans le présent article.

Au fil des ans, Legendre confirma son goût pour les collections, avec une méticulosité et un souci pour leur pérennité qu'on peut encore observer sur les étiquettes jointes aux échantillons. C'est lui qui, en formant à ses méthodes de travail à la fois l'équipe croissante de l'Office de biologie et les étudiants de l'Université de Montréal, dont l'auteur de ces lignes, conféra à ses collections leur grande valeur scientifique et en devint le véritable « père ». Déjà, dans le volumineux 9<sup>e</sup> Rapport de l'Office de biologie (1953), lui et certains coauteurs exposent avec force détails leur conception de cette ressource scientifique. On y remarque, entre autres, l'importance accordée à la présence d'une bonne bibliothèque, en proximité physique avec les échantillons d'organismes. C'était probablement le premier épisode de la défense de ces collections à laquelle ont dû s'astreindre contre vents et marées les biologistes et les techniciens pour les conserver, voire les accroître jusqu'à aujourd'hui.

Trois obstacles, à mon avis, ont dû être surmontés pour conserver leur intégrité aux collections d'animaux aquatiques de « Faune Québec ». Le *premier obstacle* est plutôt d'ordre théorique et symbolisé par l'expression « Faune Québec » que nous devons utiliser, faute de mieux, pour rendre l'esprit de l'expression anglaise « Wildlife ». La clientèle fort importante des différents ministères qui ont reçu le mandat de la servir est formée surtout des chasseurs et des pêcheurs sportifs, dont les puissants lobbies exercent toujours une forte influence sur le gouvernement du Québec. La chasse et la pêche sportives font notamment partie des loisirs d'une bonne partie de la population québécoise, de même que de ceux d'une population de touristes étrangers, surtout américains, qui apprécient nos habitats encore sauvages. Mais cette faune sauvage que ces clientèles chassent et pêchent ne représente qu'une petite fraction de l'ensemble de la faune, c'est-à-dire de la biodiversité totale des animaux qui vivent sur le territoire québécois et dans ses eaux douces. Cette « faune sauvage » n'inclut généralement que les espèces d'assez grande taille pour être consommées. Or la conception que Vianney Legendre a très tôt donnée aux collections des différents ministères qui les ont conservées en était une de *recherche fondamentale*. Elle provenait sans doute à la fois de l'esprit académique que Legendre, étudiant puis professeur invité à l'Université de Montréal, avait conservé, ainsi que de ses études à l'Université du Michigan de 1948 à 1951. Les grandes collections zoologiques de cette université l'avaient



Figure 2. Portrait de Vianney Legendre en mai 1971  
(Photo Gunnar Kaersvang)

certainement également fort enthousiasmé. Cette approche fondamentale, essentiellement taxonomique, de ses recherches se superposait à celle des *recherches appliquées* aux espèces dites sportives et commerciales que son mandat ministériel lui imposait, mais qui ne l'intéressaient pas moins. À cette époque, la pêche commerciale des poissons d'eau douce relevait également et exclusivement de son ministère, alors qu'elle relève actuellement en partie du ministère fédéral des Pêches et des Océans en milieu marin et du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ) en eaux douces intérieures.

Le *second obstacle* à la mise en valeur de ces collections, ce sont ces fréquents et déroutants changements dans les vocations et dans le nom du Ministère québécois et de ses services fauniques. Ces changements, plus nombreux et antérieurs encore que les exemples donnés ci-dessous, découlent des considérations générales de clientélisme évoquées dans le paragraphe précédent. Le nom de l'Office de biologie traduisait bien la conception académique initiale de Legendre, appuyée bien sûr par son pragmatisme et efficace directeur, Gustave Prévost. En 1962, le ministère de la Chasse et de la Pêche devenait celui du Tourisme, de la Chasse et de la Pêche, et Legendre devenait, dans le Laboratoire d'écologie de son Service de la recherche biologique, son « âme », tout en refusant toujours la direction.

En 1978, les orientations devenaient plus explicitement appliquées et régionalisées et la nomenclature devait changer. En 1979, le ministère devenait donc celui du Loisir, de la Chasse et de la Pêche; le laboratoire de Legendre était marginalisé, tout en conservant son autonomie « académique », par la création du « Service Archipel », mandaté et bien financé pour l'étude environnementale de l'écosys-

tème aquatique de l'archipel de Montréal : Hydro-Québec souhaitait y construire un barrage au fil de l'eau... De très nombreux échantillons planctoniques et benthiques y furent prélevés, triés et répartis en sous-échantillons taxonomiques et écologiques, selon une méthodologie très moderne. Peu de poissons furent pêchés, toutefois. Après l'abandon du projet de barrage, l'intérêt pour donner suite à ces importants investissements s'estompait, les ressources ministérielles s'avèrent insuffisantes, et ces riches collections furent dispersées ou jetées, faute d'une institution publique mandatée pour les conserver et les mettre en valeur. En 1985, la plupart des biologistes et des techniciens étaient affectés au nouveau Service de l'aménagement et de l'exploitation de la faune de la région de Montréal. En 1993, en vertu d'une logique malheureusement éphémère, les services de « Faune Québec » passaient au ministère de l'Environnement et de la Faune. La Direction régionale de Montréal était scindée en diverses directions régionales moins étendues et le personnel en place, réparti selon quatre bureaux régionaux situés à Montréal, Saint-Eustache, Repentigny et Longueuil. En 1998, le gouvernement plaçait ses services fauniques dans une société parapublique, la Société de la faune et des parcs du Québec (FAPAQ). Vers 2002, le bureau de Montréal était fermé et on créait la Direction régionale de Montréal, de Laval et de la Montérégie telle qu'on la connaît aujourd'hui. La FAPAQ était dissoute en 2004, et le secteur « Faune Québec » était placé dans le nouveau ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs du Québec, les parcs ayant été soustraits en 2005.

Depuis la régionalisation des services fauniques québécois, leurs collections, qui constituent un service rendu à toutes les régions ainsi qu'à tous les chercheurs universitaires et gouvernementaux canadiens, sont conservées en porte-à-faux dans les locaux de la Direction de l'aménagement de la faune de Montréal, de Laval et de la Montérégie... Inutile de préciser que tous ces bouleversements administratifs et anomalies bureaucratiques n'ont en rien aidé à la stabilité et à la mise en valeur des collections de Faune Québec. Celles-ci ont été malgré tout développées grâce à l'acharnement du directeur, des biologistes et des techniciens qui la conservaient, la défendaient et la mettaient en valeur. Dans la plupart des pays développés, une collection de ce type est conservée dans un musée public ou parapublic d'histoire naturelle dont le mandat clair la fait bénéficier de la stabilité et des ressources dont elle a besoin.

Or le Québec n'a pas encore ce musée, auquel rêvait déjà Legendre lorsqu'il m'a enseigné.

Un troisième obstacle qui a nui au développement et à la mise en valeur de ces collections de faune dulcicole du Québec est celui des déménagements et de l'aménagement d'espaces appropriés. Vers 1962, les collections et l'imposante bibliothèque édifée par Legendre déménageaient dans un édifice de la rue Fullum, à Montréal. En 1981, elles étaient transportées dans un autre édifice de la 13<sup>e</sup> Avenue, dans le quartier Rosemont. En 1996, elles devaient encore déménager,

cette fois dans leurs locaux actuels, au 201, place Charles-Le Moyne, à Longueuil. Les espaces de laboratoire essentiels à l'exploitation et à la préparation des échantillons rapportés des missions de pêche devaient à chaque fois être redessinés. Au cours de ces réductions d'espaces, l'imposante bibliothèque édifée par Legendre était amputée de la plupart de ses composantes, jugées trop volumineuses et académiques. Ces déménagements ont évidemment coûté cher, toujours trop cher aux yeux des gestionnaires.

### Informatisation des « fiches de pêche »

Informatiser les données afférentes à tous les échantillons d'une collection, et les stocker dans une base relationnelle de données modernes, constitue un merveilleux moyen de mettre cette collection en valeur. On peut alors interroger ces données de multiples façons : Dans quelles régions trouve-t-on maintenant l'espèce A ? S'y trouvait-elle 50 ans auparavant ? L'y trouve-t-on au printemps ou à l'automne ? En livrée de fraye ou non ? Quelle est sa fréquence ? Et son abondance ? A-t-elle été toujours bien identifiée ? Et ainsi de suite. Une bonne base de données informatique repose sur l'enregistrement méthodique et méticuleux des données, au moins sur l'étiquette accompagnant chaque prélèvement, au mieux en plus dans un registre soigné de tous les échantillons. Legendre et ses successeurs avaient pris de telles précautions, davantage que Vladykov à Québec. On comprendra que chaque échantillon représente une pêche réalisée à l'aide d'agrès conçus d'abord pour capturer des poissons, en raison du mandat appliqué du Ministère. Très peu d'échantillons ont été prélevés dans le plancton ou à l'aide de bennes ou de dragues dans le benthos. L'étude de la biodiversité écologique des écosystèmes n'était pas encore entrée dans les mœurs, et les spécimens d'invertébrés dulcicoles étaient prélevés et conservés de façon fort épisodique, qualitative et opportuniste.

La quantité, la qualité et l'ancienneté de la documentation sur les pêches en eaux douces des services fauniques du Québec ont incité les biologistes et les gestionnaires des collections et des données à les informatiser, opération toujours coûteuse pour les grosses collections. De 1993 à 1997, le biologiste Michel Letendre et son adjoint Gilles Roy ont obtenu un financement global de quelque 300 000 \$ de diverses sources, provinciales et fédérales, pour entreprendre la numérisation de plus de 25 000 fiches de pêche. Ils se sont inspirés des fiches graduellement mises au point sur papier dans les années 1960 pour documenter les nombreuses pêches « expérimentales » entreprises par les biologistes à cette époque. C'était le début de la banque relationnelle de données nommée *Feuille de pêche* saisie d'abord dans le logiciel *dBase* puis plus tard, *Access 97*.

En 1995-1996, les données antérieures à 1965, de formats extrêmement variés et souvent difficiles à interpréter, ont été standardisées et numérisées sur quelque 10 000 fiches de pêche dites « historiques ». De 1997 à 2003, 18 118 fiches de pêche ont été validées, en comparant les fiches existantes





**Figure 3. Répartition géographique cumulative dans le Québec méridional de toutes les pêches effectuées de 1928 à aujourd'hui et saisies dans la banque de données Feuille de pêche (adaptée d'une carte informatique inédite de Faune Québec à Longueuil)**

aux 79 539 enregistrements trouvés soit sur les étiquettes accompagnant les spécimens, soit dans les données brutes sans spécimens. Ce laborieux processus de validation, qui vise à extirper les erreurs de toutes sortes, est actuellement complété à 59 % dans l'ensemble, et à 99 % pour le couloir fluvial du Saint-Laurent. Outre les validations à poursuivre, une douzaine de fichiers de données brutes d'autant de projets, la plupart plus récents que 1990, doivent être intégrés à *Feuille de pêche*, qu'on en ait conservé ou non des spécimens témoins en collection. Massé *et al.* (2005) fournissent beaucoup de précisions sur l'édification de la banque *Feuille de pêche*.

### Connaissances acquises

Legendre visait d'abord à documenter la présence des espèces de poissons dans les eaux douces québécoises, à s'assurer de leur identité et de leur nom scientifique, à faciliter l'identification par les biologistes, voire les pêcheurs, puis à cartographier leur répartition géographique. Toutes ces étapes devaient s'appuyer sur des spécimens capturés dans nos eaux et correctement documentés. Deux ouvrages (Legendre, 1952 et 1959-1960) présentèrent les premiers fruits de ces travaux, et des guides mis à jour (Bergeron et Brousseau, 1981; Bernatchez et Giroux, 2000) les amplifièrent, notamment avec des cartes de répartition des espèces. Les données de base de cette répartition sont présentées sur les 92 cartes du travail de Mongeau *et al.* (1974), cartes parsemées de points validés pour la plupart par un échantillon de l'espèce capturée à cet endroit et conservé en collection. Ce dernier travail illustre bien l'une des fonctions principales d'une bonne collection de recherche comme celle de Faune Québec à Longueuil : acquérir des connaissances de base et les diffuser.

Au fil des ans, de nouveaux besoins sont apparus auxquels les collections de Faune Québec ont pu répondre, souvent grâce à des technologies nouvelles. Massé *et al.* (2005), références à l'appui, fournissent des exemples de ces besoins : besoins écosystémiques généraux comme ceux des changements dans la biodiversité des communautés de poissons (e. g. disparition du bar rayé, déclin d'espèces commerciales) liés aux changements climatiques, à la régularisation du débit du fleuve, à la dégradation des habitats par les dragages ou l'érosion riparienne, ou encore aux invasions d'espèces exotiques; ou besoins plus particuliers servant de signaux d'alarme comme l'identification fine des populations d'espèces menacées (e. g. le chevalier cuivré, découvert puis renommé par Legendre : voir Gingras, 1982) par la génétique moléculaire, augmentation des tumeurs, de certains parasites ou des malformations chez les poissons en corrélation avec la pollution croissante, etc. Une grande partie de ces besoins relève de la nécessité de comparer, à l'échelle de décennies, les populations d'un passé écologique en meilleure santé que le présent. On remarquera ici que la plupart de ces applications pratiques ne pouvaient être facilement prévues par Legendre et les autres visionnaires qui ont protégé les collections

du passé avec des intentions de recherche fondamentale. Et d'autres besoins semblables pourraient certainement être comblés si les collections bénéficiaient des ressources professionnelles additionnelles nécessaires pour leur donner toute leur valeur.

### Contenu et contenant actuels

La collection ichtyologique de Faune Québec à Longueuil contient actuellement 18 140 échantillons (figure 3) de 237 espèces dont les caractéristiques ont été saisies dans la banque *Feuille de pêche*. Les poissons d'eau douce y sont massivement dominants, puisque seulement 57 échantillons de 62 espèces sont exclusivement d'espèces marines. Ceux-ci avaient été conservés en fonction des objectifs de morphologie et de taxonomie comparées, chers à Legendre. Quatre familles se partagent à peu près également la dominance échantillonnale dans cette collection taxonomique, les Centrarchidés (achigans et crapets, 17 %), Percidés (perchaude, dorés et dards, 16 %), Cyprinidés (ménés et carpes, 15 %) et Salmonidés (saumons, truites, ombles et corégones, 15 %). Par contre, en nombre d'espèces, les Cyprinidés et les Salmonidés dominent (35 espèces chacune), suivis des Percidés (19), des Catostomidés (15) et des Clupéidés (11). En 2002, Gérard Massé, directeur de Faune Québec à Longueuil, acceptait d'incorporer à la collection un lot de 401 échantillons que Vladykov avait laissés à l'ancien Centre biologique de Québec (MAPAQ). Ces échantillons, bien que rangés dans la collection taxonomique, ne sont pas encore inclus dans la banque *Feuilles de pêche*. Sur les 87 espèces qu'ils représentent, 16 sont nouvelles pour la collection. Aux 18 140 échantillons numérisés, il faut enfin ajouter près d'un millier d'échantillons « écologiques » (i. e. incomplètement ou non triés ou identifiés), classés hors de la collection taxonomique et provenant de divers projets d'importance variable encore exclus de *Feuille de pêche*. Dans leur ensemble, les collections de Faune Québec à Longueuil comptent donc près de 20 000 échantillons de poissons représentant 237 espèces identifiées différentes, dont 191 d'eau douce. L'impressionnante couverture territoriale québécoise de ces collections patrimoniales est bien illustrée par la carte de répartition des fiches de pêche présentée ici (figure 3).

Pour une mise en valeur maximale, une collection comme celle de Faune Québec à Longueuil doit inclure des *ressources connexes* qui y sont physiquement associées, notamment une bibliothèque spécialisée, des archives et des pièces morphologiques séparées de l'animal lui-même. Si la bibliothèque édifée à l'origine par Vianney Legendre a été considérablement amputée et dispersée à l'occasion des déménagements, de précieuses et abondantes archives et pièces morphologiques (écailles et pièces osseuses, œufs et larves) ont été soigneusement conservées, mais pas encore cataloguées ni informatisées. Un bénévole de l'IQBIO a pu documenter la petite collection d'œufs et de larves : 76 échantillons d'œufs de 19 espèces ou genres identifiés, et 103 de larves de 17 espèces, plus 47 échantillons d'œufs

de huit familles et 443 échantillons de larves de 15 familles, auxquels s'ajoutent 281 échantillons d'œufs ou larves non identifiés. Du côté des écailles, épines, mandibules, branchiospines et autres structures osseuses, l'IQBIO en a recensé quelque 103 000 appartenant à un peu plus de 90 espèces, 15 d'intérêt sportif ou commercial en ayant fourni quelque 93 %. Les archives sur papier – plus de 60 000 fiches de capture, d'étiquetage, de contenus stomacaux et d'ensemencement – remplissent une rangée complète de classeurs métalliques. Et la documentation de cette diversité de collections fauniques n'est pas encore complète...

Faune Québec à Longueuil conserve également d'autres animaux d'eau douce que les poissons. Il s'agit d'amphibiens, de reptiles et d'invertébrés, dont les données gérées par le biologiste Jean Dubé sont en grande partie saisies dans une banque relationnelle *Access*. Le taxon le plus important est représenté par les huit espèces d'écrevisses du Québec, contenues dans quelque 1 100 échantillons rassemblés et étudiés par Dubé depuis 1985. La collection herpétologique contient 512 échantillons et 36 espèces identifiées, la plupart venant du Québec (27 espèces dans 500 bocaux) : cette collection contient surtout des Anoures (330 échantillons de 10 espèces de grenouilles, rainettes et crapauds du Québec) et des Urodèles (107 échantillons de huit espèces de salamandres, tritons et nectures); il n'y a que 22 bocaux et 9 espèces de reptiles québécois. Une petite collection malacologique

de mollusques bivalves (moules) et gastéropodes (physes, planorbes, etc.) d'eau douce y est conservée aussi, mais n'a pas encore été recensée ni informatisée. Et l'IQBIO a recensé 223 échantillons de 12 taxons divers d'invertébrés non identifiés, surtout des Hirudinées ou sangsues (21 %), des crustacés amphipodes (17 %) et d'autres gastéropodes (15 %).

Faune Québec loue des espaces au 201, place Charles-Le Moyne, à Longueuil. Les collections sont rangées au sous-sol sur des étagères fixes (figure 4) d'une surface totale d'environ 200 m<sup>2</sup>. Les pièces qui lui sont dédiées comprennent l'espace d'entreposage des collections d'organismes et de pièces morphologiques, un grand laboratoire et un plus petit, tous les deux attenants et bien équipés de stéréomicroscopes et autres instruments nécessaires à la préparation et à l'étude des spécimens. Les personnes responsables immédiates exercent les fonctions techniques vitales de conservateur (Jean Leclerc) et de conservatrice adjointe (Huguette Massé), mais ne peuvent s'y consacrer à plein temps, faute des ressources financières nécessaires. On doit donc travailler à renverser la tendance afin que des ressources récurrentes augmentent à la hauteur de la grande valeur de ce patrimoine scientifique québécois. ◀

## Références

- BERGERON, J. et J. BROUSSEAU, 1981. Guide des poissons d'eau douce du Québec. Service de l'aménagement de la faune, ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Québec, 244 p.
- BERNATCHEZ, L. et M. GIROUX, 2000. Les poissons d'eau douce du Québec et leur répartition dans l'est du Canada. Marcel Broquet, Boucherville, 350 p.
- INGRAS, P., 1982. Vianney Legendre, ichtyologiste à la retraite: Du microscope à la canne à pêche. Le magazine Perspectives (La Presse), 24 (39), p. 3-4.
- LEGENDE, V., 1952. Clef des poissons de pêche sportive et commerciale de la Province de Québec. Office de biologie, ministère de la Chasse et de la Pêche du Québec, Montréal. 98 p.
- LEGENDE, V., 1959-1960. Comment identifier nos espèces de Ménés? Clef des Cyprinidae du Québec: 1-4. Le Jeune Naturaliste, 10 (3-6), p. 33-42, 75-80, 97-100, 123-128. Clercs de Saint-Viateur, Séminaire de Joliette, Joliette.
- MASSÉ, H., J. LECLERC, C. CÔTÉ et M. MINGELBIER, 2005. Observation et validation des résultats de pêches expérimentales effectuées au Québec entre 1928 et 2003. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec, Direction de l'aménagement de la faune de Montréal, de Laval et de la Montérégie, Rapport technique 16-26: i-vii, 1-54. Longueuil.
- MONGEAU, J.-R., A. COURTEMANCHE, G. MASSÉ et B. VINCENT, 1974. Cartes de répartition géographique des espèces de poissons au sud du Québec, d'après les inventaires ichtyologiques effectués de 1963 à 1972. Faune du Québec, Rapport spécial n° 4, 110 p. Direction générale de la faune, ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche du Québec, Québec.



**Figure 4. Un comité visiteur de l'IQBIO (Pierre Magnan, professeur d'ichtyologie à l'UQTR, et Pierre Brunel, à droite) piloté dans la collection ichtyologique de Faune Québec à Longueuil par Huguette Massé, à gauche, et Michel Letendre, à l'arrière**  
(Photo Jean Dubé, 2006)



# L'effet de phytohormones sur la multiplication végétative de la matteuccie fougère-à-l'autruche

Marie-Ève Leclerc, Line Lapointe et Alain Olivier

## Résumé

L'engouement pour plusieurs plantes indigènes des forêts québécoises suscite de plus en plus d'inquiétude en raison de la pression de récolte accrue que cela entraîne. La culture de certaines de ces espèces, telle la matteuccie fougère-à-l'autruche (*Matteuccia struthiopteris*), pourrait diminuer l'ampleur des prélèvements dans les populations naturelles. Cependant, leur faible taux de croissance et l'absence de techniques de propagation efficaces limitent son attrait. Une étude a été entreprise pour évaluer l'influence de phytohormones sur la multiplication végétative de la matteuccie fougère-à-l'autruche à partir de différents organes de propagation. Des sections de rhizomes et des quarts de couronne ont été exposés à quatre solutions hormonales (auxine, cytokinine, auxine + cytokinine et témoin sans phytohormone) et cultivés en serre pendant une période équivalant à une saison de croissance. Les parties aériennes et souterraines (tiges, frondes, bourgeons, racines) ont été mesurées et pesées afin de déterminer l'influence des traitements sur le développement de la plante. Les rhizomes et les quarts de couronne ont montré de bons taux de reprise pour tous les traitements et ne nécessiteraient donc pas l'application de phytohormones. L'utilisation de sections de rhizomes apparaît particulièrement appropriée pour réaliser la propagation végétative de la matteuccie fougère-à-l'autruche, en particulier sous couvert forestier.

## Introduction

Depuis quelques années, on observe, sur les marchés horticoles, alimentaires et médicinaux, la présence accrue de plantes indigènes québécoises. Leur popularité grandissante suscite toutefois de nombreuses inquiétudes. Plusieurs espèces forestières ont une croissance très lente qui les rend extrêmement vulnérables. Ainsi, le ginseng à cinq folioles et l'ail des bois, par exemple, ont fait l'objet de récoltes commerciales intensives qui ont graduellement mené au déclin de leurs populations (Nault, 1997). Il aura fallu une réglementation limitant les prélèvements et le commerce dont ils peuvent être l'objet pour que ces espèces recouvrent peu à peu un équilibre qui reste toutefois extrêmement précaire.

Malgré l'étendue de sa distribution et sa relative abondance, la matteuccie fougère-à-l'autruche (*Matteuccia struthiopteris* (L.) Todaro, Dryopteridacées) (figure 1) fait maintenant partie des plantes désignées comme espèces



Figure 1. Têtes-de-violon de matteuccie fougère-à-l'autruche.

floristiques vulnérables (Gazette officielle du Québec, 2004). Appréciée par les horticulteurs, elle est également prisée par les gourmets qui affectionnent ses jeunes frondes comestibles, les têtes-de-violon, qu'elle produit chaque printemps. Malheureusement, en l'absence de mode de production rentable, la matteuccie fougère-à-l'autruche que l'on trouve sur les marchés est le plus souvent prélevée en milieu naturel (Lamoureux et Nantel, 1999).

Les quantités récoltées sont considérables. Une étude effectuée en 1998 auprès de trois grossistes en horticulture rapportait qu'ils avaient prélevé à eux seuls 30 000 couronnes de matteuccie fougère-à-l'autruche, cette année-là, pour le marché québécois (Lamoureux, 2002). De plus, on estimait déjà, il y a quelques années, à environ 100 000 kg la quantité de têtes-de-violon vendue chaque année au Québec (Bergeron et Lapointe, 1999; Lamoureux, 2002). Or, un prélèvement intensif des frondes au printemps contribue à affaiblir la plante à long terme (Bergeron et Lapointe, 1999; Lamoureux, 1993).

Marie-Ève Leclerc est biologiste et titulaire d'une maîtrise en agroforesterie. Line Lapointe est professeure au Département de biologie de l'Université Laval. Alain Olivier est professeur au Département de phytologie de l'Université Laval.

On peut joindre Marie-Ève Leclerc à :  
meve\_leclerc@hotmail.com

La matteuccie fougère-à-l'autruche pousse généralement dans des conditions d'ombrage intermittent (Dykeman, 1981). Un couvert forestier de 60 à 90 % lui permet d'atteindre une productivité maximale (Lamoureux, 1993), quoiqu'elle tolère également le plein soleil (Roberts-Pichette, 1971). Bien que chaque plant puisse produire des centaines de milliers de spores, leur contribution à la propagation de la matteuccie fougère-à-l'autruche demeure très faible en milieu naturel puisque peu d'entre elles trouvent les conditions adéquates pour leur germination (Lloyd et Klekowski, 1970).

La propagation végétative par rhizome reste donc le mode de reproduction le plus courant. Au cours de l'été, la matteuccie fougère-à-l'autruche produit des rhizomes latéraux qui courent sous la surface du sol jusqu'à plus de trois mètres de distance du plant mère (Lamoureux, 1993). Ces nouveaux rhizomes sont pourvus de nombreux bourgeons dormants, qui pourront éventuellement donner naissance à de nouvelles couronnes. De nouveaux plants viennent donc, chaque année, accroître la dimension de la colonie.

Chez la matteuccie fougère-à-l'autruche, les feuilles, appelées frondes, se développent lentement. Elles apparaissent initialement sous forme de primordiums foliaires (tissus méristématiques peu différenciés) (figure 2) qui deviendront éventuellement les crosses, puis les frondes. Chaque année, de nouveaux primordiums foliaires sont initiés au cœur de la couronne, constituant un réservoir de crosses de différents

âges, dont les plus âgées pourront se dérouler en cas de gel printanier ou de récolte intensive pour remplacer les frondes perdues (Lamoureux, 2002). La couronne comprend par ailleurs un rhizome dressé recouvert de trophopodes, qui sont en fait les bases des frondes qui s'accumulent année après année (figure 2). Les trophopodes, riches en amidon (Wagner et Johnson, 1983), servent de réserves de nutriments lors du déploiement rapide des frondes au printemps (Lamoureux et Nantel, 1999; Bergeron et Lapointe, 1999).

Des différentes méthodes de multiplication végétative utilisées en horticulture, le bouturage est celle qui est la plus couramment utilisée commercialement en raison de sa rapidité et de sa facilité d'exécution. La technique habituelle pour les plantes à rhizomes consiste à couper les rhizomes latéraux en sections en s'assurant de la présence d'au moins un bourgeon latéral par section (Hartmann *et al.*, 1997; Rickard, 1998). Chez la matteuccie fougère-à-l'autruche, le prélèvement des rhizomes latéraux et leur sectionnement en segments de 5 cm de longueur réactive les méristèmes et permet le développement de nouvelles tiges latérales (Dykeman, 1985). La transplantation de couronnes est également utilisée pour la production commerciale de plants de matteuccie fougère-à-l'autruche. L'accroissement de la dimension de la colonie se fait rapidement grâce à l'élongation des rhizomes, de sorte qu'au bout de trois ou quatre années, on peut récolter de nouvelles couronnes (Roberts-Pichette, 1971). La production atteindrait son apogée après huit ans et se maintiendrait pendant les 12 années subséquentes (Lamoureux, 1993). La multiplication végétative à partir de trophopodes a également été rapportée comme méthode de propagation potentielle chez une autre espèce de fougère (Wee *et al.*, 1992).

L'utilisation de phytohormones, des substances qui régissent la croissance et le développement des plantes, est largement répandue en production horticole commerciale pour faciliter la multiplication végétative (Hartmann *et al.*, 1997). Chaque phytohormone produit des effets différents selon sa concentration, son lieu d'action et le stade de développement de la plante. L'application d'auxines naturelles ou de synthèse sur des boutures de tiges ou de feuilles stimule fortement la formation de nouvelles racines (Srivastava, 2002). L'acide indol-butyrique (AIB) est l'auxine de synthèse la plus employée commercialement (Hartmann *et al.*, 1997; Srivastava, 2002). Les cytokinines jouent, quant à elles, un rôle important dans l'initiation des bourgeons et des tiges (Werner *et al.*, 2003). La kinétine est l'une des plus utilisées (Srivastava, 2002). Le rapport de concentration auxine/cytokinine détermine la différenciation des cellules : un rapport élevé favorise l'apparition de racines, tandis qu'un rapport faible stimule l'émergence de tiges (Hartmann *et al.*, 1997; Srivastava, 2002).

Il convient donc de se demander si l'application de phytohormones sur différents organes de la matteuccie fougère-à-l'autruche (rhizomes, couronne et trophopodes) permettrait, en augmentant la biomasse racinaire et en stimu-

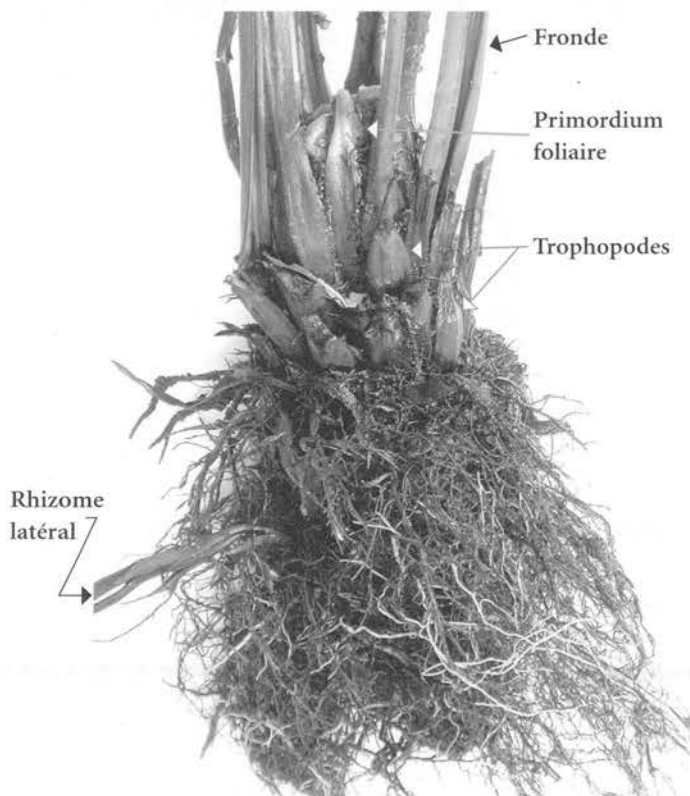


Figure 2 : Couronne et rhizome d'une matteuccie fougère-à-l'autruche, ainsi que les différentes structures qui leur sont associées

lant le débourrement et la production de bourgeons latéraux, d'accélérer sa multiplication végétative et d'assurer ainsi la rentabilité de sa production.

Une étude a donc été entreprise afin de développer des méthodes de propagation végétative, pouvant comprendre l'usage de phytohormones, qui soient efficaces et rentables pour la production de plants en pépinière. La production commerciale de la matreucie fougère-à-l'autruche pourrait en effet apporter un élément de solution au problème de surrécolte en permettant de répondre à la demande croissante du marché, réduisant par le fait même l'ampleur des prélèvements au sein des populations naturelles.

## Matériel et méthodes

### Matériel végétal

La récolte des couronnes et des rhizomes de matreucie fougère-à-l'autruche a été effectuée le 29 octobre 2002 sur une terre boisée de la Ferme expérimentale de l'Université Laval, à Saint-Augustin-de-Desmaures. Ils ont été entreposés dans des sacs remplis de terre, puis conservés à 4 °C jusqu'en janvier 2003. Cette exposition au froid a agi comme période de stratification à froid, celle-ci étant nécessaire pour lever la dormance des bourgeons (Lamoureux, 1993).

### Traitements phytohormonaux

Quatre traitements phytohormonaux ont été testés sur les différents organes de propagation de la matreucie fougère-à-l'autruche (segment de rhizome avec et sans bourgeon apical et quart de couronne) : témoin (T) sans application de phytohormone; auxine (A) de synthèse (acide indolbutyrique) sous forme de sel de potassium ( $C_{12}H_{12}NO_2K$ , Sigma Chemical Co., St-Louis, MO); une cytokinine (C), la kinétine ( $C_{10}H_9N_5O$ , Sigma Chemical Co., St-Louis, MO); et les deux phytohormones combinées (A+C). Les concentrations de phytohormones utilisées étaient de 1 000 ppm, ce qui correspond aux concentrations usuelles pour les plantes herbacées (Hartmann *et al.*, 1997). Pour chacun des organes et des traitements, 20 segments de plantes ont été utilisés ( $N = 20$ ). Les traitements phytohormonaux ont été appliqués le 11 janvier 2003. Pour éliminer toute possibilité de contamination par des champignons, les organes de propagation ont été plongés de 10 à 15 min dans une solution antifongique (Benomyl, 2,5 g/L) avant d'être sectionnés. Afin de déterminer le taux d'humidité des organes de propagation, 12 échantillons de chacun d'entre eux ont été pesés à l'état frais, puis après séchage à l'étuve pendant 24 h à 72 °C.

### Boutures de rhizome

Après avoir retiré les bourgeons latéraux en croissance d'une longueur supérieure à 5 mm, les rhizomes ont été coupés en sections de 5 à 10 cm de longueur, et le dernier centimètre de la partie basale a été trempé dans l'une des solutions de phytohormone pendant 15 secondes. Puisque les rhizomes de matreucie fougère-à-l'autruche sont très longs, très peu de segments possédaient un bourgeon termi-

nal. Tous les segments traités (80) étaient donc exempts de bourgeon apical, excepté huit d'entre eux qui ont été classés comme témoins avec bourgeon apical (TAP). L'abscision du bourgeon terminal stimule habituellement l'expression des bourgeons latents (Wardlaw, 1946; Chatfield *et al.*, 2000).

### Quarts de couronne

Vingt couronnes ont été coupées longitudinalement en quatre sections depuis le centre. Les deux premiers centimètres de la partie basale ont été trempés dans les solutions de phytohormones en utilisant la même procédure que pour les rhizomes. La couronne initiale subissait chacun des quatre traitements phytohormonaux (T, A, C, A+C).

### Conditions de croissance

Après avoir été pesés, les segments de rhizome ont été placés horizontalement dans des pots de 15 cm de diamètre, remplis aux trois quarts d'un mélange de terreau (Plantation III: terre noire, compost, mousse de tourbe, Fafard) (3/5 du volume), de perlite (1/5) et de vermiculite (1/5) contenant un fertilisant à dégagement lent, puis recouverts d'environ 3 cm du même mélange. Les quarts de couronne ont été enfouis verticalement tout juste sous la surface du même mélange afin de respecter leur orientation naturelle et d'éviter l'exposition de la plaie à l'air libre.

Les pots ont été disposés dans une serre vitrée (24/18 ± 2 °C jour/nuit, photopériode 16 h) en prenant soin de minimiser l'impact du gradient de lumière solaire et du courant d'air provenant de la bouche d'aération. L'arrosage a été effectué selon les besoins, ceux-ci variant selon l'emplacement spatial et les stades de croissance. Un fertilisant liquide 20-20-20 (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O, 1 g/L) a été appliqué après le développement des racines (Hartmann *et al.*, 1997), soit après les 9<sup>e</sup> et 12<sup>e</sup> semaines de croissance.

### Mesures

#### Boutures de rhizome

Les rhizomes ont été récoltés entre le 26 juin et le 3 juillet 2003, soit après environ cinq mois et demi de croissance. La date d'émergence des frondes et les paramètres aériens (nombre de frondes par plant, biomasse sèche des frondes, longueur et largeur maximales de chaque fronde, nombre de nouvelles crosses) et souterrains (biomasse sèche du rhizome, nombre de nouveaux rhizomes, nombre de nouveaux bourgeons, nombre d'ébauches de frondes, nombre de structures inconnues, nombre de nouvelles racines, biomasse sèche des nouvelles racines) ont été compilés. La longueur des frondes a été mesurée du ras du sol jusqu'à l'extrémité de chaque fronde.

Les nouvelles crosses correspondent aux crosses bien enroulées devant normalement constituer les réserves de frondes de la plante pour les prochaines saisons. Bien que ce terme doive normalement être réservé aux primordiums foliaires suffisamment âgés pour pouvoir se transformer en frondes l'année suivante, tous les primordiums foliaires bien



développés ont été comptabilisés comme étant des crosses, la distinction entre les deux étant souvent difficile à faire. On a qualifié de nouveaux bourgeons le lieu d'origine de l'émergence de nouvelles structures. Chaque bourgeon donne généralement naissance à plusieurs nouvelles structures chez la matteuccie fougère-à-l'autruche. Les ébauches de frondes correspondent aux frondes filiformes souterraines que Wardlaw (1943) a qualifiées de frondes juvéniles (figure 3). Les bourgeons dont le stade de développement peu avancé ne permettait pas de déterminer avec certitude la finalité ont été identifiés comme structures inconnues. Ces nouvelles structures sont toutefois semblables à ce que Wardlaw (1943) a qualifié de bourgeons et devraient donc produire des ébauches de frondes et, éventuellement, des frondes normales.

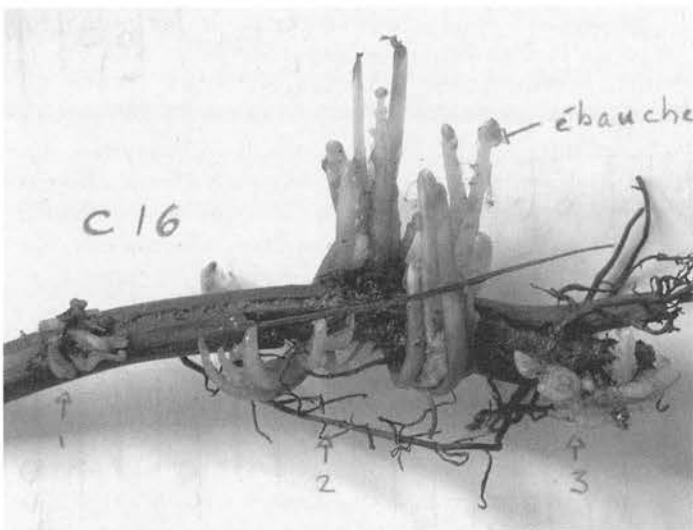


Figure 3. Ébauches de frondes et structures inconnues (n° 1, 2 et 3) développées sur une bouture de rhizome de matteuccie fougère-à-l'autruche

#### Quarts de couronne

La récolte des quarts de couronne a été effectuée dès les premiers signes de sénescence qui sont survenus au plus tard après quatre mois de croissance. La date d'émergence des frondes, le nombre total de frondes par plant, la biomasse sèche des frondes, de même que la longueur et la largeur maximales de chaque fronde (déroulée ou non) et le nombre de nouvelles crosses ont été compilés. Les couronnes ont été déterrées et lavées, puis leurs paramètres de croissance ont été mesurés : biomasse sèche du quart de couronne, nombre de nouveaux rhizomes (figure 4), nombre de nouveaux bourgeons, nombre d'ébauches de fronde, nombre de nouvelles racines, biomasse sèche des nouvelles et des vieilles racines.

Les nouvelles racines ont été identifiées après avoir détaché les trophopodes, en comptant les racines de couleur marron qui émergeaient de la base de la couronne. Ce nombre ne tient pas compte des racines secondaires provenant de l'allongement d'une ancienne racine, reconnaissable à sa couleur noire (J.-A. Rioux, 2004, communication personnelle).

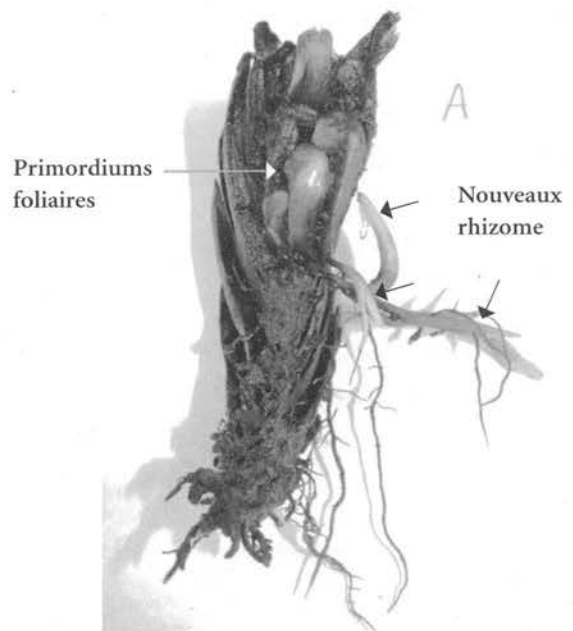


Figure 4. Primordiums foliaires et nouveaux rhizomes formés par un quart de couronne de matteuccie fougère-à-l'autruche

#### Détermination de la surface foliaire

L'équation permettant de calculer la surface foliaire des frondes a été déterminée à l'aide de 20 échantillons de frondes prélevés, le 25 septembre 2003, dans un boisé situé à proximité de l'embouchure de la rivière Jacques-Cartier, à Cap-Santé. Ces échantillons ont été sélectionnés parmi les couronnes portant des frondes de longueur inférieure à 60 cm, soit la taille maximale des frondes obtenues au cours de l'expérience. La largeur de la fronde et la longueur du rachis, i. e. de l'axe de la fronde, incluant la partie basale non couverte de pennes (folioles), ont été mesurées, puis la surface foliaire des frondes a été déterminée à l'aide d'un planimètre optique. L'équation de la surface foliaire a été établie comme suit :  $y = 0,3346 \times \text{longueur} \times \text{largeur}$  ( $r^2 = 0,95$ ). Cette relation a ensuite servi à estimer la surface foliaire des frondes issues de l'expérimentation.

#### Analyse statistique

Les analyses de variance ont été effectuées selon un dispositif entièrement aléatoire pour les rhizomes. Les quarts de couronne ont été analysés en blocs complets aléatoires, chaque bloc étant constitué des quatre quarts de la couronne initiale. La biomasse sèche initiale des organes de propagation, estimée à partir du taux d'humidité des 12 échantillons réservés à cette fin, a été utilisée comme covariable. Lorsque la covariable n'était pas significative, c'est la valeur de  $p$  sans covariable qui a été retenue. La discrimination entre les traitements a été réalisée avec la méthode des plus petites différences significatives (LSD,  $p \leq 0,05$ ). Des tests de  $\chi^2$  ont été employés pour évaluer l'influence des traitements phytohormonaux sur la survie des boutures.



Résultats

**Boutures de rhizome**

Le taux de reprise moyen des boutures de rhizome a été de 98 %. Ce taux ne différait pas selon le traitement phytohormonal ( $\chi^2 = 6,15$ ;  $p = 0,1044$ ). L'apparition de frondes est survenue en moyenne 63, 98, 95, 105 et 109 jours après la plantation, pour culminer à 75, 80, 85, 85 et 85 % d'émergence, respectivement, pour les traitements TAP, T, A, C et A+C. Chaque bouture de rhizome a produit en moyenne 9,7 frondes.

L'analyse des paramètres de croissance aériens permet de constater que les phytohormones n'ont pas eu d'effet significatif sur le nombre ( $p = 0,636$ ), la biomasse sèche ( $p = 0,080$ ) et la surface foliaire des frondes ( $p = 0,683$ ) (tableau 1). Le nombre et la surface foliaire des frondes étaient cependant influencés par la biomasse sèche initiale de la bouture de rhizome, qui a été utilisée comme covariable. Par contre, la biomasse sèche totale de la plante était significativement inférieure, pour les rhizomes exposés à la

cytokinine, à celle des rhizomes exposés aux traitements TAP et A ( $p = 0,032$ ).

Les analyses ont montré que le nombre de nouvelles crosses ( $p = 0,559$ ) et de nouveaux rhizomes ( $p = 0,913$ ) était semblable pour tous les traitements (tableau 2). En moyenne, les boutures de rhizome ont développé 7 nouvelles crosses et 3 nouveaux rhizomes. Bien que le nombre de nouveaux bourgeons, soit 3,8 en moyenne, ait été équivalent pour tous les traitements ( $p = 0,138$ ), on remarque que les boutures de rhizome traitées à la cytokinine (C, A+C) ont développé près de 4 ébauches de frondes supplémentaires ( $p = 0,004$ ) et davantage de structures inconnues ( $p = 0,047$ ), par rapport aux boutures de rhizome traitées à l'auxine. Les boutures de rhizome traitées à la cytokinine ne diffèrent toutefois pas du témoin pour ces deux variables, quoiqu'ils diffèrent du TAP qui n'a développé aucune ébauche de frondes.

Bien que la biomasse des nouvelles racines ait été environ deux fois supérieure, chez les boutures de rhizomes exposées aux traitements TAP et A, à celle des boutures de rhizome exposées aux traitements comportant de la cyto-

Tableau 1. Valeurs moyennes de la biomasse sèche totale de la plante, ainsi que du nombre, de la biomasse sèche et de la surface foliaire des frondes issues de boutures de rhizome de matteuccie fougère-à-l'autruche exposées à différents traitements phytohormonaux

Traitement <sup>a</sup>	Biomasse sèche totale de la plante (g)	Nombre de frondes	Biomasse sèche des frondes (g)	Surface foliaire (cm <sup>2</sup> )
TAP	3,5 ± 0,9 <sup>b</sup> a <sup>c</sup>	7,0 ± 2,5	0,61 ± 0,14	190 ± 47
T	2,3 ± 0,3 ab	8,3 ± 1,5	0,47 ± 0,08	146 ± 24
A	2,9 ± 0,3 a	10,5 ± 1,6	0,60 ± 0,07	207 ± 25
C	1,7 ± 0,2 b	12,6 ± 1,2	0,37 ± 0,06	170 ± 30
A+C	2,2 ± 0,2 ab	10,4 ± 1,8	0,35 ± 0,07	170 ± 30
Probabilité	0,032	0,636	0,080	0,683

<sup>a</sup> TAP = témoin avec bourgeon apical; T = témoin; A = auxine; C = cytokinine.

<sup>b</sup> moyenne ± erreur type.

<sup>c</sup> Des lettres différentes au sein d'une même colonne indiquent des différences significatives entre les traitements pour les variables mesurées ( $p \leq 0,05$ ).

Tableau 2. Valeurs moyennes du nombre de nouvelles crosses, de nouveaux rhizomes, de nouveaux bourgeons, d'ébauches de frondes et de structures inconnues de boutures de rhizome de matteuccie fougère-à-l'autruche exposées à différents traitements phytohormonaux

Traitement <sup>a</sup>	Nombre de nouvelles crosses	Nombre de nouveaux rhizomes	Nombre de nouveaux bourgeons	Nombre d'ébauches de frondes	Nombre de structures inconnues
TAP	6,5 ± 1,7 <sup>b</sup>	3,3 ± 0,8	3,1 ± 0,6	0,0 ± 0,0 b <sup>c</sup>	0,8 ± 0,5 ab
T	5,8 ± 1,1	3,5 ± 0,6	4,4 ± 0,6	3,9 ± 1,8 a	1,3 ± 0,5 ab
A	8,1 ± 2,0	3,0 ± 0,3	3,1 ± 0,5	0,6 ± 0,4 b	0,4 ± 0,1 b
C	8,7 ± 1,4	2,8 ± 0,5	4,6 ± 0,6	6,7 ± 2,2 a	1,6 ± 0,4 a
A+C	6,1 ± 1,0	2,9 ± 0,6	4,0 ± 0,3	4,3 ± 1,3 a	1,6 ± 0,4 a
Probabilité	0,559	0,913	0,138	0,004	0,047

<sup>a</sup> TAP = témoin avec bourgeon apical; T = témoin; A = auxine; C = cytokinine.

<sup>b</sup> moyenne ± erreur type.

<sup>c</sup> Des lettres différentes au sein d'une même colonne indiquent des différences significatives entre les traitements pour les variables mesurées ( $p \leq 0,05$ ).

kinine, leur nombre n'était pas plus important ( $p = 0,847$ ) (tableau 3). Il convient de mentionner que les témoins ont produit 50 nouvelles racines en moyenne, alors qu'on n'en trouvait que très rarement au moment de la plantation. La biomasse sèche de ces nouvelles racines était inférieure, pour les boutures de rhizome exposées à la cytokinine, à celle des boutures de rhizome des traitements TAP et A ( $p = 0,038$ ). Ce dernier paramètre a été influencé par la biomasse sèche initiale de la bouture de rhizome.

Tableau 3. Valeurs moyennes du nombre et de la biomasse sèche des nouvelles racines de boutures de rhizome de matteuccie fougère-à-l'autruche exposées à différents traitements phytohormonaux

Traitement <sup>a</sup>	Nombre de nouvelles racines	Biomasse sèche des nouvelles racines (g)
TAP	49,4 ± 13,0 <sup>b</sup>	1,00 ± 0,25 ab <sup>c</sup>
T	51,9 ± 7,3	0,69 ± 0,14 abc
A	59,8 ± 7,0	1,01 ± 0,16 a
C	55,6 ± 7,6	0,37 ± 0,09 c
A+C	49,1 ± 6,7	0,55 ± 0,12 bc
Probabilité	0,847	0,038

<sup>a</sup> TAP = témoin avec bourgeon apical; T = témoin; A = auxine; C = cytokinine.

<sup>b</sup> moyenne ± erreur type.

<sup>c</sup> Des lettres différentes au sein d'une même colonne indiquent des différences significatives entre les traitements pour les variables mesurées ( $p \leq 0,05$ ).

### Quarts de couronne

Les phytohormones n'ont pas eu d'impact sur le taux de survie des quarts de couronne, qui a été de 80 % en moyenne pour tous les traitements ( $khi^2 = 4,68$ ;  $p = 0,196$ ). L'émergence de frondes a été observée chez 55 % des individus et est apparue en moyenne 41 jours après la plantation. Les traitements phytohormonaux n'ont eu aucun effet significatif sur le nombre ( $p = 0,699$ ), la biomasse sèche ( $p = 0,602$ ) et la surface foliaire des frondes ( $p = 0,854$ ), de même que sur la biomasse totale de la plante ( $p = 0,113$ ) (tableau 4).

Le nombre de nouvelles crosses ( $p = 0,341$ ) et le nombre de nouveaux rhizomes ( $p = 0,884$ ) n'ont pas été influencés par les traitements (tableau 5). Par contre, la production de nouveaux bourgeons ( $p = 0,028$ ) était deux fois plus importante pour les quarts de couronne exposés à la cytokinine (C) que pour les témoins. L'application de cytokinine (C) a aussi plus que doublé le nombre d'ébauches de frondes ( $p = 0,001$ ) comparativement aux autres traitements. Cependant, le nombre de nouvelles racines ( $p = 0,208$ ), ainsi que la biomasse sèche des nouvelles ( $p = 0,859$ ) et des vieilles ( $p = 0,228$ ) racines, n'ont pas été influencés par les traitements (tableau 6). Les variables biomasse sèche totale de la plante, nombre de frondes, biomasse sèche des frondes, nombre de nouvelles crosses et biomasse sèche des vieilles racines ont été influencées par la biomasse sèche initiale du quart de couronne, utilisée comme covariable.

## Discussion

### Boutures de rhizome

Même si, de manière générale, on a pu observer une certaine tendance des traitements comportant un apport d'auxine à améliorer l'enracinement, tandis que la cytokinine favorisait l'expression de nouveaux bourgeons, les traitements comportant l'utilisation de phytohormones ne se sont jamais avérés statistiquement supérieurs aux témoins. Contrairement aux résultats rapportés par Dykeman et

Cumming (1985) et Thakur *et al.* (1998), qui ont obtenu une production plus élevée de frondes à la suite de l'ajout de kinétine (1-2 mg/L) au milieu de culture *in vitro*, l'application de phytohormones n'a pas permis d'augmenter la production des parties aériennes dans la présente expérience. Le nombre moyen de frondes (9,7) développées par les segments de rhizome, avec ou sans phytohormone, est cependant supérieur aux 3 ou 4 frondes observées en milieu naturel sur des couronnes intactes (Kenkel, 1996) et équivalent aux 9,9 frondes rapportées par Dykeman (1985). Le nombre moyen de rhizomes produits (3) est pour sa part comparable aux 1 à 4 rhizomes élaborés chaque année par les couronnes en milieu naturel (Dykeman, 1985). L'ajout d'auxine n'est souvent pas nécessaire chez les espèces dont les boutures s'enracinent facilement, ce qui semble le cas chez la matteuccie fougère-à-l'autruche (Srivastava, 2002). Les cytokinines de synthèse, pour leur part, ne donnent pas toujours les résultats escomptés, surtout lorsqu'elles sont appliquées sur les parties sectionnées des boutures plutôt que directement sur les bourgeons dormants (Srivastava, 2002). L'absence d'effet significatif des phytohormones s'explique donc probablement par la vigueur naturelle des boutures de rhizomes de la matteuccie fougère-à-l'autruche.

La production d'ébauches de fronde et de bourgeons dormants sur des sections de rhizomes est un phénomène qui a été observé par Wardlaw (1946). L'accroissement de cette production pourrait représenter un avantage en permettant le déploiement rapide d'un plus grand nombre de frondes au printemps suivant. Cependant, elle pourrait aussi constituer un inconvénient en entraînant une dépense d'énergie supplémentaire ne contribuant pas à l'activité photosynthétique de l'année courante. Dans le cadre de la présente expérience, néanmoins, aucune différence significative n'a été observée entre le traitement à la kinétine et le témoin pour ces variables. Un suivi des boutures sur plus d'une année de croissance pourrait éventuellement apporter des précisions sur la survie à long terme des plants.

Contrairement à ce qui se passe en propagation *in vitro* (Beck et Caponetti, 1983; Dykeman, 1985), le bourgeon apical n'est pas requis pour assurer le développement des parties aériennes et souterraines lorsqu'on utilise un segment de rhizome (Wardlaw, 1946). Les boutures de rhizome ont donc conservé leur capacité de synthèse de nouvelles

racines et de nouveaux bourgeons. Cela est vrai pour tous les segments, peu importe leur position le long du rhizome. Il semble donc que l'âge ne limite pas la production de nouvelles structures. Ainsi, il ne serait pas nécessaire de rechercher l'extrémité du rhizome, parfois très distante du plant mère, pour réussir la propagation. L'absence d'ébauches de frondes chez les témoins avec bourgeon apical (TAP) laisse d'ailleurs croire à l'existence d'une certaine dominance apicale qui réprimerait momentanément l'expression des bourgeons latéraux, occasionnant des retards non désirés. Cependant, il est à noter que l'absence de bourgeon apical retarde de

plusieurs semaines l'apparition des premières frondes sur les boutures de rhizome (qui survient alors, en moyenne, 98 jours après la plantation, comparativement à 65 jours en présence de bourgeon apical), ce qui pourrait constituer un désavantage dans le cas d'une implantation en milieu naturel.

**Quarts de couronne**

Alors que Jones (1987, dans Wee *et al.*, 1992) rapportait que la division en deux segments des couronnes d'*Asplenium nidus* résultait souvent en la mort d'un ou des deux

Tableau 4. Valeurs moyennes de la biomasse sèche totale de la plante, ainsi que du nombre, de la biomasse sèche et de la surface foliaire des frondes issues de quarts de couronne de matteuccie fougère-à-l'autruche exposés à différents traitements phytohormonaux

Traitement <sup>a</sup>	Biomasse sèche totale de la plante (g)	Nombre de frondes	Biomasse sèche des frondes (g)	Surface foliaire (cm <sup>2</sup> )
T	8,3 ± 0,7 <sup>b</sup>	1,6 ± 0,4	0,42 ± 0,12	76 ± 25
A	9,4 ± 1,4	1,4 ± 0,4	0,43 ± 0,19	88 ± 30
C	7,8 ± 1,0	2,5 ± 0,7	0,28 ± 0,09	30 ± 9
A+C	9,1 ± 1,0	1,7 ± 0,4	0,51 ± 0,14	52 ± 15
Probabilité	0,113	0,699	0,602	0,854

<sup>a</sup> T = témoin; A = auxine; C = cytokinine.

<sup>b</sup> moyenne ± erreur type.

Tableau 5. Valeurs moyennes du nombre de nouvelles crosses, de nouveaux rhizomes, de nouveaux bourgeons et d'ébauches de frondes de quarts de couronne de matteuccie fougère-à-l'autruche exposés à différents traitements phytohormonaux

Traitement <sup>a</sup>	Nombre de nouvelles crosses	Nombre de nouveaux rhizomes	Nombre de nouveaux bourgeons	Nombre d'ébauches de frondes
T	2,7 ± 1,1 <sup>b</sup>	0,25 ± 0,16	1,3 ± 0,4 b <sup>c</sup>	1,2 ± 0,4 b
A	2,2 ± 0,9	0,25 ± 0,12	0,8 ± 0,2 b	0,5 ± 0,2 b
C	1,9 ± 0,9	0,15 ± 0,11	2,7 ± 0,7 a	2,7 ± 0,7 a
A+C	3,7 ± 1,0	0,25 ± 0,16	1,4 ± 0,4 ab	1,1 ± 0,3 b
Probabilité	0,341	0,884	0,028	0,001

<sup>a</sup> T = témoin; A = auxine; C = cytokinine.

<sup>b</sup> moyenne ± erreur type.

<sup>c</sup> Des lettres différentes au sein d'une même colonne indiquent des différences significatives entre les traitements pour les variables mesurées ( $p \leq 0,05$ ).

Tableau 6. Valeurs moyennes du nombre de nouvelles racines et de la biomasse sèche des nouvelles et des vieilles racines de quarts de couronne de matteuccie fougère-à-l'autruche exposés à différents traitements phytohormonaux

Traitement <sup>a</sup>	Nombre de nouvelles racines	Biomasse sèche des nouvelles racines (g)	Biomasse sèche des vieilles racines (g)
T	10,4 ± 2,9 <sup>b</sup>	0,16 ± 0,08	0,59 ± 0,08
A	9,9 ± 3,2	0,17 ± 0,06	0,70 ± 0,13
C	21,2 ± 6,0	0,07 ± 0,03	0,52 ± 0,13
A+C	7,1 ± 1,5	0,03 ± 0,01	0,59 ± 0,11
Probabilité	0,208	0,859	0,228

<sup>a</sup> T = témoin; A = auxine; C = cytokinine.

<sup>b</sup> moyenne ± erreur type.



segments, les taux de reprise des quarts de couronne de la présente étude ont été relativement élevés. La majorité des nouvelles structures, que ce soit les bourgeons, les ébauches de fronde, les rhizomes ou les racines, étaient initiées au site de segmentation, à la base des trophopodes ou des primordiums foliaires, suggérant qu'il s'agit de zones à fort potentiel méristématique. L'application de cytokinine a permis d'accroître significativement l'initiation de nouveaux bourgeons, dont 76 % étaient actifs et ont montré une certaine croissance alors que 24 % sont restés dormants.

La division des couronnes, malgré son intérêt, n'apparaît pas être la méthode de multiplication la plus productive ni la plus facile. Au maximum d'efficacité, la division en quatre d'un plant mère ne permet d'obtenir que trois plants supplémentaires. De plus, la récolte des couronnes, leur division et leur transplantation en sous-bois représentent des tâches ardues et délicates, qui peuvent décourager les producteurs. La coupe abîme également les primordiums foliaires de la couronne qui, en conséquence, produit moins de frondes. Par le fait même, celles-ci sont souvent difformes, rendant la plante moins attrayante pour la vente, du moins au cours de la première année (figure 5). En comparant les rendements des quarts de couronne témoins avec ceux des boutures de rhizome témoins, on constate que la biomasse sèche des nouvelles racines a été moins importante chez les quarts de couronne (0,16 g vs 0,69 g). Il en est de même pour le nombre



**Figure 5. Frondes difformes résultant de la coupe de crosses lors de la préparation des quarts de couronnes de matteuccie fougère-à-l'autruche**

de racines (10 vs 51) et le nombre de frondes (1,6 vs 8,3). La biomasse sèche des frondes était semblable (0,42 g vs 0,47 g), mais la surface foliaire était presque deux fois moindre chez les quarts de couronne (76 cm<sup>2</sup> vs 146 cm<sup>2</sup>), parce que les frondes des boutures de rhizomes, bien que plus petites, étaient plus nombreuses. La plus forte production de racines et de frondes par les boutures de rhizome, comparativement aux quarts de couronne, pourrait avoir un impact positif sur

la survie des plants. Les rhizomes additionnels formés sur les boutures de rhizome offrent également davantage de possibilités de multiplication que les quarts de couronne.

## Conclusion

La multiplication à partir de sections de rhizomes ou de quarts de couronne de matteuccie fougère-à-l'autruche est relativement aisée. À la lumière des résultats obtenus, il semble que l'application d'auxines ou de cytokinines ne soit pas nécessaire pour permettre l'apparition de nouvelles structures. Il suffit en effet de segmenter les rhizomes ou les couronnes pour stimuler la production de nouveaux rhizomes (Wardlaw, 1946), de nouvelles racines et de nouveaux bourgeons.

Le développement d'une importante biomasse racinaire chez une plante, comme c'est le cas pour les boutures de rhizomes de la présente étude, où elle s'est avérée quatre fois plus importante que celle des quarts de couronne, favorise généralement sa survie. L'utilisation de boutures de rhizomes plutôt que de quarts de couronne devrait donc être privilégiée pour faciliter l'implantation de la matteuccie fougère-à-l'autruche. Cela est d'autant plus vrai que les rhizomes sont abondants, faciles à manipuler et qu'un grand nombre de plants peut en être issu. Si certains producteurs affirment utiliser avec succès des boutures de rhizomes d'une longueur inférieure à 5 cm, des segments d'une longueur de 5 à 10 cm, comme ceux qui ont été utilisés pour la présente étude, devraient toutefois permettre d'obtenir de meilleurs taux de survie et de croissance, en augmentant la taille des frondes ainsi que la biomasse des racines produites.

Il convient, par ailleurs, de noter que la production de plants à partir de trophopodes de matteuccie fougère-à-l'autruche n'a pas été possible (données non présentées), y compris en présence de traitements phytohormonaux. Il est possible que les trophopodes, dont les tissus sont plutôt ligneux, nécessitent des concentrations de phytohormones plus élevées que celles qui ont été utilisées pour que la dédifférenciation des cellules soit possible ou que, tout simplement, la capacité de dédifférenciation ait été perdue. L'absence d'organe photosynthétique est une autre hypothèse qui pourrait expliquer l'échec de la multiplication à partir de trophopodes.

L'implantation de la matteuccie fougère-à-l'autruche en érablière pourrait permettre de diversifier les revenus des acériculteurs et de réduire la pression de récolte exercée sur les populations naturelles. La vente de têtes-de-violon, de sections de rhizomes et de couronnes matures produites lorsque la colonie s'agrandit pourrait en effet leur apporter un revenu d'appoint appréciable. Cependant, il est à noter que la production de têtes-de-violon nécessite des conditions optimales de croissance sur de très grandes superficies, souvent en bordure de cours d'eau, afin de produire des crosses suffisamment grosses et en quantité suffisante pour une cueillette commerciale durable (figure 6). La production



de plants pour le marché ornemental est moins exigeante, les plants étant récoltés beaucoup plus tôt, alors qu'ils sont encore relativement petits. Puisque le prélèvement initial des rhizomes ou des couronnes perturbe les populations de matteuccie fougère-à-l'autruche et peut affecter leur devenir (Lamoureux, 1993), il importe par ailleurs de ne l'effectuer que sur des colonies denses et de répartir les prélèvements afin de minimiser leurs impacts négatifs.



Figure 6. Population de matteuccie fougère-à-l'autruche

Des recherches sont actuellement effectuées en serre et sur le terrain pour valider les méthodes d'implantation et d'entretien de la matteuccie fougère-à-l'autruche en sous-bois. Il convient cependant d'insister sur le fait qu'une propagation aisée et une production rentable ne signifieraient pas pour autant que les prélèvements en milieu naturel diminueraient nécessairement (Lamoureux et Nantel, 1999). La réglementation de la récolte et du commerce, ainsi que la sensibilisation du public concernant la fragilité de la matteuccie fougère-à-l'autruche, demeurent donc essentielles.

### Remerciements

Ces travaux ont été rendus possibles grâce à l'appui financier du Conseil de recherches en pêche et en agroalimentaire du Québec (CORPAQ). Des remerciements particuliers s'adressent à Nathalie Nivot pour l'aide apportée lors de la mise en place et du suivi de l'expérimentation. ◀

### Références

BECK, M.J. and J.D. CAPONETTI, 1983. The effects of kinetin and naphthaleneacetic acid on in vitro shoot multiplication and rooting in the fishtail fern. *American Journal of Botany*, 70: 1-7.

BERGERON, M.E. and L. LAPOINTE, 1999. Impact of one year crozier removal on long-term frond production in *Matteuccia struthiopteris*. *Canadian Journal of Plant Science*, 81: 155-163.

CHATFIELD, S.P., P. STRINBERG, B.G. FORDE and O. LEYSER, 2000. The hormonal regulation of axillary bud growth in *Arabidopsis*. *The Plant Journal*, 24: 159-169.

DYKEMAN, B.W., 1981. Effets de l'ombrage sur la croissance et le développement de la fougère-à-l'autruche (crosses de fougère). Rapports de recherches sur l'adaptation. Ministère de l'Agriculture et de l'Aménagement du Nouveau-Brunswick, Fredericton.

DYKEMAN, B.W., 1985. Effects of crozier removal on growth of the ostrich fern. *Canadian Journal of Plant Science*, 65: 1019-1023.

DYKEMAN, B.W. and C.G. CUMMING, 1985. *In vitro* propagation of the ostrich fern (*Matteuccia struthiopteris*). *Canadian Journal of Plant Science*, 65: 1025-1032.

GAZETTE OFFICIELLE DU QUÉBEC, 2004. Projet de règlement. Loi sur les espèces menacées ou vulnérables. Gouvernement du Québec, Québec. 11 août 2004, 136<sup>e</sup> année, no 32. p. 3742-3750.

HARTMANN, H.T., D.E. KESTER, F.T. DAVIES and R.L. GENEVE, 1997. *Plant Propagation, Principles and Practices*. 6th Edition. Prentice Hall, New Jersey, 770 p.

KENKEL, N.C., 1996. Demography of clonal ostrich fern (*Matteuccia struthiopteris*). IV. Year four of a long-term study. UFS (Delta Report) Annual Report, 31: 72-75.

LAMOUREUX, G., 1993. *Fougères, prêles et lycopodes*. Fleurbec éditeur, Saint-Henri-de-Lévis, Québec, 511 p.

LAMOUREUX, G., 2002. *Flore printanière*. Fleurbec éditeur, Saint-Henri-de-Lévis, Québec, 573 p.

LAMOUREUX, G. et P. NANTEL, 1999. *Cultiver des plantes indigènes... sans leur nuire*. Fleurbec éditeur, Saint-Henri-de-Lévis, Québec, 80 p.

LLOYD, R.M. and E.J. KLEKOWSKI Jr., 1970. Spore germination and viability in Pteridophyta: Evolutionary significance of chlorophyllous spores. *Biotropica*, 2: 129-137.

NAULT, A., 1997. La situation du ginseng à cinq folioles (*Panax quinquefolius* L.) au Québec. Direction de la conservation et du patrimoine écologique, Ministère de l'Environnement et de la Faune, gouvernement du Québec, Québec, 43 p.

RICKARD, M., 1998. Vegetative reproduction in ferns. *Hardy Fern Foundation Newsletter*, Spring 1998: 30-33.

ROBERTS-PICHETTE, P., 1971. Fiddleheads in New Brunswick. *New Brunswick Department of Agriculture and Rural Development*, Fredericton, 33 p.

SRIVASTAVA, L.M., 2002. *Plant Growth and Development, Hormones and Environment*. Academic Press, Oxford, 772 p.

THAKUR, R.C., Y. HOSOI and K. ISHII, 1998. Rapid in vitro propagation of *Matteuccia struthiopteris* (L.) Todaro – an edible fern. *Plant Cell Reports*, 18: 203-208.

WAGNER, W.H. Jr. and D.M. JOHNSON, 1983. Trochopod, a commonly overlooked storage structure of potential systematic value in ferns. *Taxon*, 32: 268-269.

WARDLAW, C.W., 1943. Experimental and analytical studies of Pteridophytes, I. Preliminary observations on the development of buds on the rhizome of the Ostrich fern (*Matteuccia struthiopteris* Tod.). *Annals of Botany*, N.S., XII (26): 171-184.

WARDLAW, C.W., 1946. Experimental and analytical studies of Pteridophytes, VIII. Further observations on buds development in *Matteuccia struthiopteris*, *Onoclea sensibilis*, and species of *Dryopteris*. *Annals of Botany*, N.S., IX (38): 117-132.

WEE, Y.C., R.K. SENTHILL-POONKODI and B.L. ONG, 1992. Frond-bud propagation of *Asplenium nidus* L. *Journal of Horticultural Science*, 67: 813-815.

WERNER, T., V. MOTYKA, V. LAUCOU, R. SMETS, H. VAN ONCKELEN and T. SCHMÜLLING, 2003. Cytokinin-deficient transgenic *Arabidopsis* plants show multiple developmental alterations indicating opposite functions of cytokinins in the regulation of shoot and root meristem activity. *The Plant Cell*, 15: 2532-2550.

# La soude des collines (*Salsola collina* Pallas), une adventice nouvelle au Québec

Marcel Blondeau, Claude Roy et Jean-Paul Bernard

## Résumé

La soude des collines, *Salsola collina* Pallas (Chenopodiaceae), est une espèce adventice nouvelle pour le Québec, qui a été découverte à Montréal en 2003. Après avoir précisé la taxonomie de la plante, les auteurs décrivent l'espèce, son habitat, et signalent les problèmes agricoles qu'elle pose. Ils donnent sa répartition dans le monde et en Amérique du Nord et discutent des conséquences éventuelles de son apparition au Québec.

## Introduction

La soude des collines (*Salsola collina* Pallas) est une mauvaise herbe connue des milieux agricoles du Midwest américain depuis une cinquantaine d'années seulement. Elle a été aussi observée au Canada vers les années 1970 au sud de la Saskatchewan puis, plus récemment, en Ontario, en 1983 (Morton et Venn, 1990; M.J. Oldham, comm. pers.). Au Québec, c'est uniquement en 2003 qu'elle a été repérée par le troisième auteur, à Montréal-Nord.

## Le genre *Salsola*

Les soudes (*Salsola*) sont des plantes de la famille des Chenopodiaceae (parfois classées dans les Amaranthacées ou les Salsolacées), poussant le long des rivages marins des pays tempérés et dont les cendres sont riches en carbonate de sodium. Le nom de *Salsola* est dérivé du latin *salsus*, «salé», en référence à l'habitat. En anglais, on désigne ce genre par *Russian thistle*.

On compte 130 espèces de soudes dans le monde, dont six qui sont présentes en Amérique du Nord, quatre au Canada et trois au Québec. Les soudes sont répandues presque partout dans le monde, en particulier dans la région méditerranéenne et dans les zones côtières arides de l'Eurasie; on trouve aussi des espèces en maintes régions d'Afrique.

## Les soudes au Québec

La mise à jour de la taxonomie du genre *Salsola* en Amérique du Nord par Mosyakin (2004), reprise par l'International Plant Names Index (IPNI, 2006), permet maintenant de se référer à une nomenclature uniforme. Selon celle-ci, les trois espèces rencontrées au Québec seront donc les suivantes:

### 1. *Salsola collina* Pallas (soude des collines)

Synonymes selon Freitag *et al.* (2006):

- S. chinensis* Gand
- S. erubescens* Schrader

*S. irtutiana* Gand

*S. kali* Linnaeus subsp. *collina* (Pallas) Bolòs et Vigo

### 2. *Salsola kali* Linnaeus subsp. *kali* (soude commune)

### 3. *Salsola tragus* Linnaeus (soude roulante)

Synonymes selon SITI (2006):

*S. australis* R. Brown

*S. iberica* (Sennen et Pau) Botschantzev ex Czerepanov

*S. kali* subsp. *ruthenica* (Iljin) Soó

*S. kali* subsp. *tenuifolia* Moquin-Tandon

*S. kali* subsp. *tragus* (L.) Čelakovský

*S. kali* var. *tenuifolia* Tausch ex Moquin-Tandon

*S. pestifer* A. Nelson

*S. ruthenica* Iljin

Voici quelques critères, sous forme de clé simplifiée, qui permettront de distinguer les trois espèces (Komarov, 1936; Welsh *et al.*, 1987; Aellen, 1993; Brooks, 1986).

A. Feuilles sèches, larges de 1-2 mm . . . . . *Salsola kali*

A. Feuilles sèches, larges de moins de 1 mm . . . . . B

B. Bractées, à maturité, plus ou moins étalées; infrutescences interrompues . . . . . *Salsola tragus*

B. Bractées, à maturité, apprimées; infrutescences continues . . . . . *Salsola collina*

Le *Salsola collina* se caractérise donc par des inflorescences continues, étroites et spiciformes; les bractées et les bractéoles sont apprimées (sauf la portion apicale des bractées qui est étalée). De plus, l'enveloppe des fruits ressemble à une petite vésicule galeuse. Les épines sont relativement faibles. Gleason et Cronquist (1991) ajoutent à la clé: embryon (des graines) annulaire (*Salsola collina*) par opposition à embryon en spirale de plusieurs couches (*Salsola tragus*).

Le nombre chromosomique est de  $2n = 18$  pour le *Salsola collina* et  $2n = 36$  pour les deux autres espèces (Gleason et Cronquist 1991).

Le *Salsola tragus* est très répandu au Québec, tandis que le *Salsola kali* (subsp. *kali*) est restreint aux habitats maritimes nord-côtiers et gaspésiens.

Le nom anglais du *Salsola collina*, *slender Russian thistle*, correspond bien au port de la plante (figure 1a). On utilise aussi *Katune* (Newmaster *et al.*, 1998; Gleason et Cronquist, 1991).

Marcel Blondeau est botaniste consultant. Claude Roy est botaniste attaché à l'Herbier Louis-Marie et Jean-Paul Bernard est botaniste retraité.

On peut joindre Marcel Blondeau à :  
marcelblondeau@biz.videotron.ca

## Description sommaire de la soude des collines

Herbes annuelles de 10 à 100 cm de haut, plus ou moins densément papilleuses ou hispides, rarement glabres. Tiges dressées, rameuses, charnues au printemps, devenant subligneuses à maturité. Feuilles alternes, filiformes ou étroitement linéaires, de 1 à 2 mm de largeur (moins de 1 mm en herbier), à apex à pointe peu rigide, charnues lorsque jeunes. Inflorescences spiciformes continues, longues de 15 à 40 cm, parfois moins; fleurs solitaires ou regroupées par 2 ou 3. Bractées verdâtres, jaunâtres ou rougeâtres. Fleurs hermaphrodites pollinisées par le vent. Péricarpes, en fruit, env. 2,5 à 3,5 mm de diamètre. Fruits sans ailes, 1,5 à 2,5 mm de diamètre. Graines, env. 1,5 mm de diamètre.

À maturité, les bractées et les bractéoles coriaces qui enveloppent les fruits ressemblent à de petites vésicules galeuses (figure 1b); ces boules sont caduques. La floraison est estivale et automnale.

À l'automne, le vent casse la tige au ras du sol; la plante forme alors une boule roulante emportée par le vent, comme la soude roulante (Marie-Victorin, 1997).

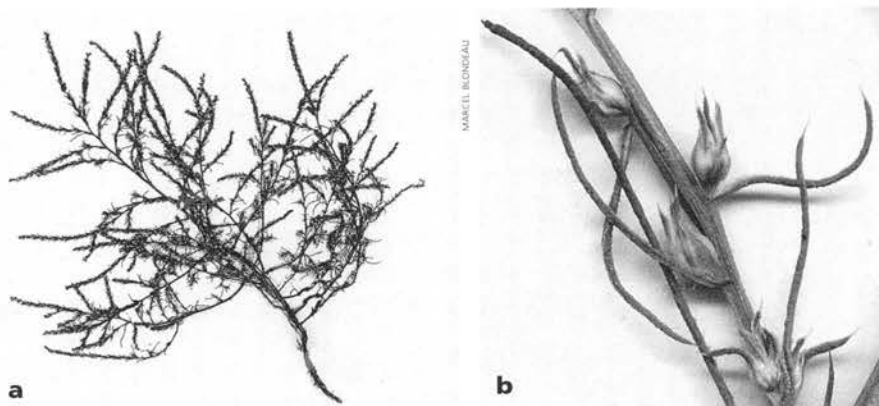


Figure 1. a: Spécimen d'herbier du *Salsola collina*; b: Fruits du *Salsola collina*

## Habitat

L'habitat de la soude des collines peut se résumer ainsi : bord des routes, ballasts de chemins de fer, champs cultivés, terrains vagues ou perturbés. Sols sablonneux mésiques à xériques. La plante s'accommode des sols acides, neutres ou basiques et peut croître dans les sols fortement alcalins ou salés. Milieux ouverts, jamais ombragés. Altitude, 100 à 2500 m.

## Valeur économique

Les tiges et les feuilles cuites seraient comestibles quand elles sont jeunes, en cas d'urgence ou de famine (Kunkel, 1984). La plante aurait servi de nourriture aux chameaux durant l'hiver, dans le sud de la Russie (Komarov, 1936). En médecine chinoise, elle est utilisée, sous forme de tisane, contre l'hypertension (Duke et Ayensu, 1985).

## Impact écologique

La soude des collines peut réduire la productivité des récoltes. Elle assèche le sol, sert d'abri et de nourritures à plusieurs insectes nuisibles. Les gros individus peuvent être la cause d'accidents sur les autoroutes en obstruant la visibilité. En maints endroits, la plante peut s'accrocher aux clôtures et aux arbres. Le contact avec cette plante peut causer des démangeaisons et des rougeurs épidermiques. Durant la saison estivale, son pollen peut aussi provoquer des réactions allergiques chez les humains.

## Gestion agricole

Pour se débarrasser de la plante, on fauche les plants quand ils sont jeunes. Retarder le fauchage faciliterait la dispersion des graines. Le labourage est utile, mais il faut s'y prendre à plusieurs reprises pour éradiquer cette mauvaise herbe. Le sarclage est difficile à cause de ses épines. Les plants ne récidivent pas s'ils sont cassés tout près du sol, mais s'il reste des bourgeons au bas de leur tige, l'espèce peut se multiplier et persister. On peut la combattre par des insectes prédateurs ou encore à l'aide de produits chimiques. La soude des collines est considérée comme une plante nuisible dans 45 États américains.

## Répartition de la soude des collines

Le *Salsola collina*, décrit à partir de la Russie en 1803, est répandu dans le centre et l'est de la Russie ainsi que sur le territoire européen qui la jouxte à l'ouest (Jalas et Suominen, 1980). Il est connu en Asie tempérée et tropicale : Afghanistan, Sibérie, Kazakhstan, Kirghizstan, Tadjikistan, Amur, Primorye, Mongolie. Chine, Corée, Inde, Pakistan, Europe de l'Est (Freitag *et al.*, 2009; Zhu *et al.*, 1994). La plante est naturalisée en Europe centrale et en Amérique du Nord.

## Le *Salsola collina* en Amérique du Nord

La carte de répartition présentée (figure 2) est plus précise (zones ombrées) que celle de USDA (2006) ou de NatureServe (2006), sauf dans le cas des points indicateurs par province ou par État; elle est toutefois incomplète, comme nous le verrons ci-dessous.

### États-Unis d'Amérique

Aux États-Unis, cette espèce fut récoltée dès 1922, mais mal identifiée. Il a fallu attendre à 1958 pour une confirmation de sa présence dans plusieurs États. Actuellement, la soude des collines est connue des 24 États américains suivants (USDA, 2006; Mosyakin, 2004; NatureServe, 2006) : Arizona, Colorado, Illinois, Iowa, Kansas, Kentucky, Massachusetts, Michigan, Minnesota, Missouri, Montana, Nebraska, New Hampshire, New Mexico, New York, North Dakota, Oklahoma, South Dakota, Texas, Utah, Vermont, West Virginia, Wisconsin et Wyoming.



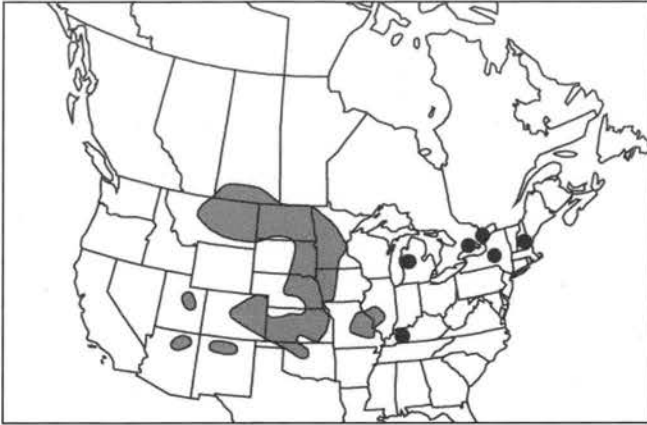


Figure 2. Répartition de la soude de collines en Amérique du Nord  
Source : Mosyakin (2004)

### Canada

Au Canada, la soude des collines est présente dans les provinces de la Saskatchewan et de l'Ontario. À l'herbier du Centre de recherches de l'Est sur les céréales et oléagineux d'Ottawa (DAO), on compte une trentaine de spécimens provenant de ces deux provinces (Gisèle Mitrow, comm. pers.). En Colombie-Britannique, une trentaine d'individus furent récoltés en 1988 près des rails de chemin de fer à Barnaby, mais l'espèce n'a persisté que pendant deux ou trois saisons.

### Saskatchewan

En Saskatchewan, la plante fut découverte pour la première fois, semble-t-il, par J.H. Hudson (Estevan, 1971). Selon Vernon L. Harms (comm. pers.), la soude des collines introduite dans le secteur sud de la Saskatchewan y est maintenant naturalisée. Elle a été récoltée dans une dizaine de localités incluses dans les régions suivantes : Welby, Mortlach, Dunfermline, Carnduff, Estevan, Swift Currant, Saskatoon, Yellow Grass. D'après les étiquettes des spécimens d'herbier, cette espèce est habituellement abondante dans les stations où elle a été observée. En Saskatchewan, le *Salsola collina* est moins répandu que le *Salsola tragus*. Toutefois, il se peut que la soude des collines ait été sous-récoltée. Ces deux taxons ne sont pas toujours distingués par les observateurs, notamment par les fermiers.

### Ontario

En Ontario, M.J. Oldham (comm. pers.) en a repéré dans au moins 74 localités de 28 comtés répartis surtout au sud et au centre de la province. La première récolte est probablement celle de C. Frankton dans la région d'Ottawa en 1983 (DAO). À partir de 1990, M.J. Oldham n'a cessé de découvrir de nouvelles stations de cette soude; il demeure convaincu que la plante passe facilement inaperçue non seulement en Ontario, mais même dans le nord-est de l'Amérique du Nord.

### Québec

Les récoltes de Jean-Paul Bernard à Montréal-Nord attestent, pour la première fois, de la présence de la soude des collines sur le territoire québécois. Quatre récoltes furent faites la même année, ce qui permet de suivre l'évolution de la plante à trois semaines d'intervalle. D'abord identifiés comme *Corispermum nitidum*, les spécimens, examinés par les deux premiers auteurs, furent finalement identifiés comme *Salsola collina*.

Par ailleurs, Daniel F. Brunton (comm. pers.) a observé (mais non récolté) le *Salsola collina* dans les rues au centre-ville de Gatineau (anciennement Hull). Il n'y a là rien d'étonnant puisque sa présence est déjà connue pour la région d'Ottawa et dans trois États américains voisins de la frontière sud du Québec : Vermont, New Hampshire et New York.

**Montréal-Nord.** Au sud du boulevard Lacordaire : talus de la voie ferrée, Jean-Paul Bernard, 8 septembre 2003 (hMB n° 16647, QFA n° 478951); *eodem*, 8 septembre 2003 (QFA n° 478755); *eodem*, 30 septembre 2003 (QFA n° 478954); *eodem*, 30 septembre 2003 (QFA n° 478950).

Au sujet de ces quatre récoltes, Jean-Paul Bernard précise (comm. pers.) : « les individus ne formaient pas de colonies, mais étaient tous disséminés sur une surface d'une cinquantaine de pieds (15 m) le long de la voie ferrée, très près du voisinage du viaduc du boulevard Lacordaire. »

### Discussion

Pourquoi a-t-il fallu tant d'années avant d'identifier clairement la présence d'une mauvaise herbe maintenant aussi répandue en Amérique du Nord, que la soude des collines ? La raison principale est liée au silence des flores à son sujet. Au Canada, la flore de Scoggan (1978-1979) ne fait aucune mention du *Salsola collina*. Comme cette espèce est apparentée au *Salsola tragus*, les plantes récoltées furent parfois mal identifiées. Ce n'est que dans les années 1990 qu'on a commencé à la mentionner dans les flores du nord-est américain (Gleason et Cronquist, 1991). À ce problème, s'ajoute le danger de confusion avec d'autres espèces de la même famille comme celles des genres *Kochia* et *Corispermum*.

Certains affirment que les deux espèces *Salsola collina* et *Salsola tragus* poussent ensemble. D'autres avancent même l'idée, étant donné les intermédiaires rencontrés entre les deux espèces, qu'il y aurait hybridation. La preuve reste toutefois à faire.

Les impacts écologiques négatifs de cette mauvaise herbe dans le Midwest américain sont loin d'être aussi importants au Québec. On peut donc apporter ici les mêmes nuances que dans le cas de la centauree diffuse, plante envahissante introduite au Québec il y a quelques années (Blondeau, 2003). À l'heure actuelle, la présence de la soude des collines au Québec ne présente qu'un danger virtuel. Il faut



seulement en être conscient et surveiller s'il y a persistance ou expansion de l'espèce. La propagation de cette soude pourrait bien être accélérée par le réchauffement climatique.

Le soin qu'apportent les sociétés de chemin de fer à exterminer les mauvaises herbes, en utilisant des herbicides, ne semble pas avoir réussi à faire disparaître cette plante rebelle, encore assez fréquente sur les ballasts des voies ferrées en Ontario.

### Conclusion

Dans le contexte économique mondial où augmente la circulation des biens entre pays, la présence de nouvelles espèces végétales est à surveiller, notamment près des voies ferroviaires. La probabilité que la plante se trouve aussi aux environs de Gatineau devrait inciter les botanistes à demeurer aux aguets.

### Remerciements

Les auteurs remercient Yvette Hamel, de l'Herbier Louis-Marie (QFA), et Gisèle Mitrow, de l'herbier d'Agriculture et Agroalimentaire Canada (DAO), pour leur aide ou leurs commentaires. Ils apprécient les vérifications faites à l'Herbier Marie-Victorin (MT) par Alain Cuerrier, ethnobotaniste au Jardin botanique de Montréal.

Ils sont particulièrement reconnaissants à Mike J. Oldham du *Natural Heritage Information Center* (Ontario) pour ses commentaires sur la présence du *Salsola collina* en Ontario, à Vernon L. Harms, conservateur émérite du *Fraser Herbarium* (SASK) (*University of Saskatchewan*, Saskatoon), pour ses observations concernant la plante en Saskatchewan.

Ils considèrent comme précieux les renseignements fournis par Daniel F. Brunton spécialiste de la flore des environs d'Ottawa (*Daniel Brunton Consulting Services*) concernant la présence de la plante dans l'Outaouais. ◀

### Référence

- AELLEN, P.<sup>†</sup> (revised by J.R. Akeroyd), 1993. *Salsola* L., p. 125-128 in T.G. Tutin, N.A. Burges, A.O. Chater, J.R. Edmondson, V.H. Heywood, D.M. Moore, D.H. Valentine, S.M. Walter and D.A. Webb. *Flora europaea*, vol. 1: Psilotaceae to Plantanaceae, 2<sup>nd</sup> edition. Cambridge University Press, Cambridge, England, 581 p.
- BLONDEAU, M., 2003. Le *Centaurea diffusa* Lamarck, une espèce adventice nouvelle pour le Québec. *Ludoviciana*, 31 : 47-54.
- BROOKS, R.E., 1986. *Salsola* L., p. 176-177 in MacGregor, R. L., T.M. Barkley, R.E. Brooks and E.K. Schofield, *Flora of the Great Plains*, University Press of Kansas, 1 392 p.
- DUKE, J.A. and E.S. AYENSU, 1985. *Medicinal Plants of China*. Reference Publications, Inc.
- FREITAG, H., C. HEDGE, M.H. JAFRI, G. KOTHE-HEINRICH, S. OMER, and P. UOTILA, 2006. *Chenopodiaceae* Ventenat, in *Flora of Pakistan*, vol. 204.
- GLEASON, A. and A. CRONQUIST, 1991. *Manual of vascular plants of northeastern United States and Adjacent Canada*, 2<sup>nd</sup> ed., The New York Botanical Garden. <http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/taxon.pl?316815>
- GRIN, 2006 (Germplasm Resources Information Network). United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Beltsville Area, <http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/genform.pl>
- IPNI (The International Plant Names Index) 2006. Published on the Internet <http://www.ipni.org>
- JALAS, J. and J. SUOMINEN, 1980. *Atlas florae europaeae*. Distribution of vascular plants in Europe. Vol. 5 *Chenopodiaceae* to *Basellaceae* carte #592. Ed. Jaakko Jalas and Juha Suominen on the base of team-work of European Botanists, 119 p. Helsinki, 1980.
- KOMAROV, V.L., 1936. *Flora of the USSR*, vol. 6, *Centrospermae*, traduction du russe à l'anglais par l'Israel Program for Scientific Translations (1968).
- KUNKEL, G., 1984. *Plants for Human Consumption*. Koeltz Scientific Books.
- MARIE-VICTORIN, F., 1997. *Flore laurentienne*. 3<sup>e</sup> édition, mise à jour et annotée par Brouillet, L., Hay, S. et Goulet, I., en collaboration avec Blondeau, M., J. Cayouette et J. Labrecque. Première réimpression revue et corrigée. Les Presses de l'Université de Montréal. Montréal 1093 p.
- MORTON, J.K and J.M. VENN, 1990. A checklist of the Flora of Ontario Vascular Plants. — Department of Biology of Waterloo, Ontario, 218 p.
- MOSYAKIN, S.L., 2004. *Salsola* Linnaeus, p. 488 in *Flora of North America* Editorial Committee, *Flora of North America*, vol. 4, *Magnoliophyta: Caryophyllidae*, part 1, New York, Oxford University Press. 559 p.
- NATURESERVE, 2006. *NatureServe Explorer: An online encyclopedia of life* [web application]. Version 4.7. NatureServe, Arlington, Virginia. Available <http://www.natureserve.org/explorer>. (Accessed: March 25, 2006).
- NEWMMASTER, S.G., A. LEHELA, P.W.C. UHLIG, S. MCMURRAY, and M.J. OLDHAM, 1998. *Ontario Plant List*. — Ontario Forest Research Institute, Ontario Min. of Natural Resources, Forest Research Information Paper n° 123, 118 p.
- SCOGGAN, H.J., 1978-1979. *The flora of Canada*, 4 parts. Ottawa, National Museums of Canada, 1711 p.
- SITI, 2006. *Système canadien d'information taxonomique intégré, Système d'information biologique par taxon*. <http://www.cbif.gc.ca/>
- USDA (United States Department of Agriculture), 2006. *The PLANTS Database*, 6 March 2006 (<http://plants.usda.gov>). Data compiled from various sources by Mark W. Skinner. National Plant Data Center, Baton Rouge, LA 70874-4490 USA.
- WELSH, S.L., N.D. ATWOOD, S. GOODRICH, and L.C. HIGGINS, ed., 1987. *A Utah Flora*, no 9, Brigham Young University, Provo, Utah.
- ZHU, G., S.L. MOSYAKIN, and S.E. CLEMANTS, 1994. *Salsola* p. 352, in *Flora of China* Editorial Committee, eds., *Flora of China*. Vol. 5 (*Ulmaceae* through *Basellaceae*). Science Press, Beijing, and Missouri Botanical Garden Press, St. Louis.

MALLETTE

Certification  
Fiscalité  
Services-conseils  
Actuariat  
Syndics et gestionnaires

Québec (418) 653-4431

Montmagny (418) 248-5777

[www.mallette.ca](http://www.mallette.ca)

# Régime alimentaire de la nyctale de Tengmalm en Minganie durant la nidification

Christophe Buidin, Yann Rochepault et Jean-Pierre L. Savard

## Résumé

En 1997, l'Association le Balbuzard mettait sur pied un programme de suivi de la nidification de la nyctale de Tengmalm (*Aegolius funereus*) grâce à l'installation d'un réseau de nichoirs. Dans l'est de l'Amérique du Nord, cette nyctale a été très peu étudiée malgré que la disparition de vastes superficies de forêts surannées soit inquiétante pour cette espèce. En 2003 et 2004, nous avons étudié le régime alimentaire de la nyctale de Tengmalm en recensant les proies mises en réserve dans les nichoirs abritant des couvées. Parmi les 234 proies recensées, les campagnols dominaient largement avec 216 individus. Sur les 72 petits rongeurs identifiés à l'espèce, 49 étaient des campagnols à dos roux de Gapper (*Clethrionomys gapperi*). En Minganie, comme dans le reste de leur aire, les nyctales de Tengmalm ont pour proies de prédilection les campagnols. Notre travail fournit un premier aperçu du régime alimentaire de la nyctale de Tengmalm au Québec. De nombreux aspects de la biologie de cette nyctale restent méconnus au Québec bien qu'elle soit probablement le strigidé le plus abondant dans les forêts de conifères qui couvrent la majeure partie de la province.

## Introduction

En 1997, l'Association le Balbuzard mettait sur pied un programme de suivi de la nidification de la nyctale de Tengmalm (*Aegolius funereus*) en Minganie. L'objectif de ce programme est d'approfondir nos connaissances sur cet oiseau et de suivre son succès de reproduction à long terme.

La nyctale de Tengmalm a été bien étudiée en Scandinavie, où elle est le strigidé forestier le plus abondant, mais son écologie reste bien moins connue en Amérique du Nord (Hayward et Hayward, 1993), en particulier dans l'est du continent, où elle a été très peu étudiée. En dehors des travaux de Bondrup-Nielsen (1976; 1978), les principales études ont eu lieu dans l'ouest des États-Unis, alors qu'en Amérique, la majeure partie de l'aire de répartition de la nyctale de Tengmalm se trouve au Canada (Hayward et Hayward, 1993; Hayward *et al.*, 1993; Palmer 1986).

Il apparaît nécessaire de combler nos lacunes dans la connaissance de la biologie de la nyctale de Tengmalm alors que l'utilisation progressive de son habitat par l'industrie forestière représente une menace pour cet oiseau. En effet, l'exploitation forestière entraîne une raréfaction des forêts anciennes qui fournissent à la nyctale de Tengmalm des sites essentiels de nidification, de chasse et de repos (Hayward et Hayward, 1993). Au Québec, Desrochers et Darveau (2001) soulignent que la disparition de vastes superficies de forêts



Nyctale de Tengmalm adulte

surannées est inquiétante pour certaines espèces peu abondantes qui sont strictement dépendantes de ces habitats, telle la nyctale de Tengmalm.

## Aire d'étude et méthode

Le suivi de la nidification des nyctales de Tengmalm dans des cavités naturelles demande des efforts importants afin de découvrir des nids, car c'est un oiseau discret et ayant de faibles densités de population. Plusieurs recherches sur les nyctales de Tengmalm ont été réalisées à l'aide de nichoirs, en particulier des études sur leur régime alimentaire (Korpimäki, 1986; Ravussin *et al.*, 2001; Whitman, 2001). Nous avons donc établi un réseau de nichoirs à nyctales afin d'effectuer notre programme de suivi.

Nous avons installé 22 nichoirs durant l'hiver 1997-1998 et 51 pendant l'hiver 1998-1999 dans l'ouest de la Minganie. La plupart des nichoirs ont été installés par paires, quelques dizaines de mètres séparant les deux nichoirs d'une paire. La disposition des nichoirs par paires permet d'accueillir une ponte de remplacement en cas d'abandon de la

Christophe Buidin et Yann Rochepault sont naturalistes et fondateurs de l'Association le Balbuzard. Le Dr Jean-Pierre L. Savard est chercheur scientifique à Environnement Canada.

On peut joindre Christophe Buidin à :  
balbu1@globetrotter.net

première ou deux femelles nyctales en cas de polygynie, ainsi que de réduire la compétition pour les cavités avec d'autres espèces comme l'écureuil roux (*Tamiasciurus hudsonicus*). L'accessibilité de l'arrière-pays étant limitée, les nichoirs sont localisés à moins de cinq kilomètres de la rive du Saint-Laurent. Le réseau s'étend sur 85 km, de la rivière Manitou (50° 19' N., 65° 14' O.) jusqu'aux abords du village de Mingan (50° 17' N., 64° 03' O; figure 1). Ce secteur se situe dans les basses terres de la rive nord du golfe du Saint-Laurent. Il est constitué d'anciennes terrasses marines occupées par des forêts de conifères et de collines rocheuses d'origine ignée dépassant rarement 300 m d'altitude. La région fait partie du domaine forestier de la sapinière à épinette noire (*Picea mariana*; Gauthier et Aubry, 1995). Les principaux peuplements forestiers rencontrés sont des sapinières à épinette

noire et des sapinières à bouleau blanc (*Betula papyrifera*). Dans l'aire d'étude, la nyctale de Tengmalm cohabite avec la petite nyctale (*Aegolius acadicus*), qui utilise aussi les nichoirs pour nidifier (Buidin et al., 2006).

En avril et en mai, nous effectuons les premières visites des nichoirs afin de baguer les femelles aux nids et de déterminer la taille des pontes. À la fin de mai et en juin, une nouvelle tournée d'inspection des nichoirs permet de déterminer le nombre d'œufs éclos et de détecter les nichées tardives. Autant que possible, nous baguons les jeunes avant leur départ du nid.

Pour connaître le régime alimentaire des rapaces, trois méthodes sont fréquemment utilisées : l'analyse des proies trouvées dans le nid, l'analyse des boulettes de régurgitation des adultes, l'observation des proies apportées au nid (Chaline et al., 1974). Chacune de ces méthodes comporte certaines limites : le régime des adultes pouvant être différent de celui des jeunes, le pourcentage d'os conservé dans les boulettes variant selon les différentes espèces de proies, les incertitudes liées à l'identification de certaines proies par l'observation des caractères externes seulement (Chaline et al., 1974). Afin d'avoir un premier aperçu du régime alimentaire de la nyctale de Tengmalm au Québec, l'analyse des proies trouvées dans le nid nous est apparue adéquate, car elle nécessite des efforts d'investigation moindre et une logistique réduite par rapport aux deux autres méthodes.

Les nyctales mettent souvent des proies en réserve autour du nid. Lors des visites, nous notons le nombre de proies présentes dans les nichoirs et tentons d'en identifier les espèces. La détermination de la plupart

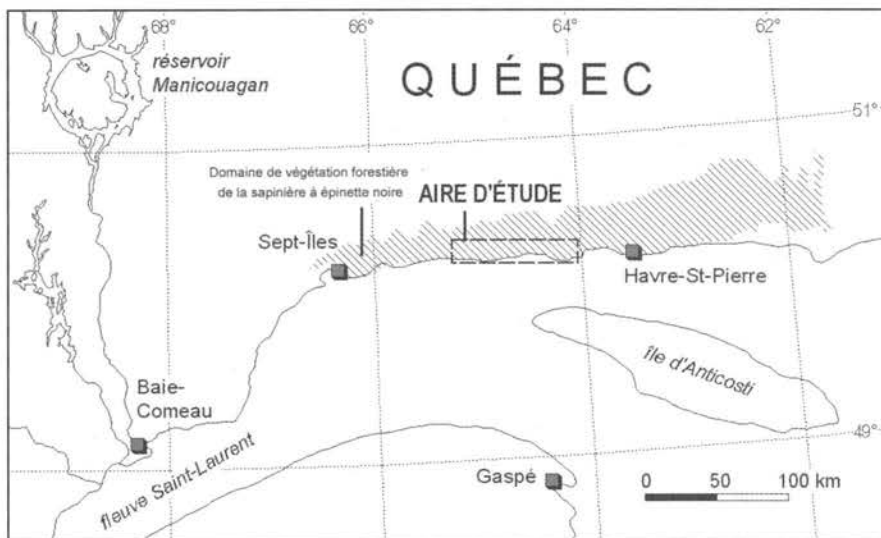


Figure 1. Localisation de l'aire d'étude



Couvée d'une nyctale de Tengmalm dans un nichoir avec quelques campagnols mis en réserve sur le bord du nid



Éclosion d'une ponte de nyctale de Tengmalm avec une douzaine de campagnols entreposés sur le bord du nid

des micromammifères se réalise en examinant leur denture (Banfield, 1975; Lupien, 2000; Lupien, 2002; Maisonneuve *et al.*, 1997), ce que nous avons fait pour les proies entreposées dans les nichoirs en 2003 et 2004. Avant de remettre les proies dans les nichoirs, la queue des micromammifères est amputée afin de ne pas recompter ces individus par la suite.

**Résultats**

En 2003, neuf nidifications de nyctales de Tengmalm ont été entreprises (au moins un œuf pondu) dans nos nichoirs. Huit nichées ont conduit des jeunes à l’envol et une ponte fut abandonnée. La ponte abandonnée a probablement été reprise, car le nichoir situé à 40 m a été utilisé par la suite. En 2004, 21 nidifications de nyctale de Tengmalm ont été amorcées dans nos nichoirs. Dix-huit nichées ont conduit des jeunes à l’envol, une ponte a subi de la prédation et deux autres ont été abandonnées. Une de ces nidifications avortées a probablement été recommencée, parce que le second nichoir de la paire a été utilisé par la suite.

En 2003, nous avons visité d’une à cinq reprises les neuf nichoirs occupés, pour un total de 24 contrôles de nid. Nous avons observé une moyenne de 2,4 (0-11) restes de proies par contrôle. En 2004, nous avons visité d’une à trois fois les 21 nichoirs utilisés, pour un total de 42 contrôles de nid. Nous avons observé en moyenne 4,2 (0-19) restes de proies par contrôle.

Parmi les 234 proies recensées, les campagnols dominaient largement avec 216 individus (tableau 1). La plupart des petits mammifères entreposés étaient décapités, ce qui rend la détermination de l’espèce délicate. Nous avons donc identifié à l’espèce uniquement les micromammifères ayant des têtes, soit 72 petits rongeurs et trois musaraignes cendrées (*Sorex cinereus*). Les restes d’oiseaux que nous avons trouvés étaient uniquement des plumes appartenant à au moins 12 individus différents. Il est possible que nous ayons légèrement sous-estimé le nombre d’oiseaux, si les restes de plusieurs individus de la même espèce se trouvaient dans un nichoir en même temps. Mais la fréquence des restes

Tableau 1. Proies recensées dans les nichoirs occupés par les nyctales de Tengmalm en 2003 et 2004

Proies	Nombre de proies en 2003	Nombre de proies en 2004	% de proies	Masse médiane* (g)	Biomasse estimée (g)	% de la biomasse
Campagnol à dos roux de Gapper <i>Clethrionomys gapperi</i>	11	38	20,9	28	1348	17,8
Phénacomys <i>Phenacomys intermedius</i>	2	6	3,4	35	282	3,7
Campagnol-lemming boréal <i>Synaptomys borealis</i>	1	5	2,6	39	234	3,1
Campagnol des rochers <i>Microtus chrotorrhinus</i>		5	2,1	38	188	2,5
Campagnol des champs <i>Microtus pennsylvanicus</i>	1	1	0,9	45	90	1,2
Campagnol-lemming de Cooper <i>Synaptomys cooperi</i>		2	0,9	32	64	0,8
Campagnols sp.	41	103	61,5	35	4968	65,5
<b>Total de campagnols</b>	<b>56</b>	<b>160</b>	<b>92,3</b>		<b>7173</b>	<b>94,6</b>
Musaraigne cendrée <i>Sorex cinereus</i>		3	1,3	5	15	0,2
Musaraignes sp. <i>Sorex sp.</i>		3	1,3	8	23	0,3
<b>Total de musaraignes</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	<b>2,6</b>		<b>38</b>	<b>0,5</b>
Bruant des neiges <i>Plectrophenax nivalis</i>	1	2	1,3	45	135	1,8
Merle d’Amérique <i>Turdus migratorius</i>		1	0,4	83	83	1,1
Tarin des pins <i>Carduelis pinus</i>		1	0,4	16	16	0,2
Oiseaux sp.		7	3,0	20	140	1,8
<b>Total d’oiseaux</b>	<b>1</b>	<b>11</b>	<b>5,1</b>		<b>374</b>	<b>4,9</b>
<b>Grand total</b>	<b>57</b>	<b>177</b>	<b>100,0</b>		<b>7585</b>	<b>100,0</b>

\* La masse médiane des micromammifères a été déterminée à partir des extrêmes colligés par Desrosiers *et al.* (2002). La masse médiane des oiseaux a été déterminée à partir des extrêmes colligés par Gauthier et Aubry (1995).



d'oiseaux demeure inférieure à celle des cadavres de rongeurs, dont la présence a été notée respectivement dans 18 % et 68 % des contrôles.

Les petits rongeurs constituent 92,3 % du nombre de proies, soit 94,6 % de la biomasse estimée. Les oiseaux comptent pour 5,1 % des proies ou 4,9 % de la biomasse estimée. Quant aux musaraignes, elles correspondent à environ 2,6 % des proies, mais représentent seulement 0,5 % de la biomasse estimée. Parmi les petits rongeurs identifiés à l'espèce, le campagnol à dos roux de Gapper (*Clethrionomys gapperi*) domine nettement avec 68 % des individus (tableau 2). Les autres espèces représentent chacune moins de 10 % des rongeurs identifiés, à l'exception du phénacomys (*Phenacomys intermedius*) qui constitue 11 % des individus de ce groupe.

Tableau 2. Abondance relative des différentes espèces parmi les petits rongeurs identifiés

Espèces	Nombre d'individus	% de l'espèce
Campagnol à dos roux de Gapper <i>Clethrionomys gapperi</i>	49	68,0
Phénacomys <i>Phenacomys intermedius</i>	8	11,0
Campagnol-lemming boréal <i>Synaptomys borealis</i>	6	8,0
Campagnol des rochers <i>Microtus chrotorrhinus</i>	5	7,0
Campagnol des champs <i>Microtus pennsylvanicus</i>	2	3,0
Campagnol-lemming de Cooper <i>Synaptomys cooperi</i>	2	3,0
Total	72	100,0

### Discussion

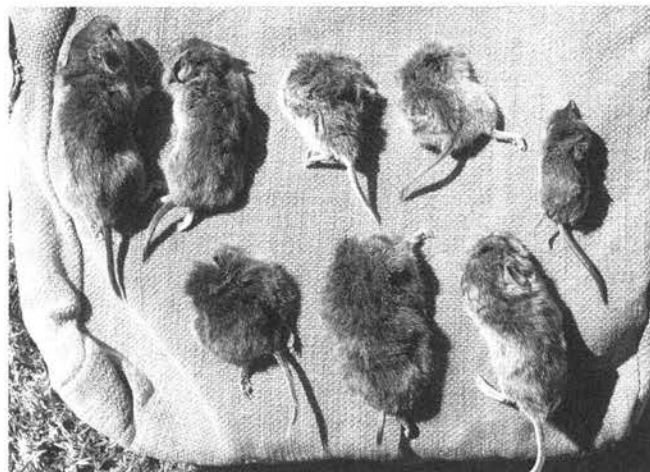
De nombreux auteurs ont souligné l'importance des petits rongeurs dans le régime alimentaire de la nyctale de Tengmalm, en particulier les campagnols des genres *Clethrionomys* et *Microtus* (p. ex. Bondrup-Nielsen, 1978; Hayward *et al.*, 1993; Korpimäki, 1986; Palmer, 1986; Whitman, 2001).

En Amérique, durant la période de nidification, les études démontrent que les *Clethrionomys* sont les proies privilégiées par la nyctale de Tengmalm. Hayward et ses collègues (1993) mentionnent que le régime alimentaire varie d'un individu à l'autre, mais que chez toutes les nyctales de Tengmalm qu'ils ont étudiées, le campagnol à dos roux de Gapper est demeuré la proie la plus fréquemment capturée autant en hiver qu'en été. En Idaho, les peuplements matures de pessières à sapin composent des milieux importants pour la recherche de nourriture chez la nyctale de Tengmalm. Ces habitats supportent le plus grand nombre de campagnols à dos roux de Gapper et la biomasse de micromammifères la plus élevée (Hayward *et al.*, 1993). Au Colorado, Palmer (1986) mentionne aussi que la proie préférée de cette nyctale est le campagnol à dos roux de Gapper, et qu'il a trouvé la plus haute densité de ce rongeur dans les pessières à sapin. En Alaska, Whitman (2001) rapporte que le campagnol à

dos roux boréal (*Clethrionomys rutilus*) et le campagnol des champs (*Microtus pennsylvanicus*) composaient 90 % des proies entreposées dans les 29 nids qu'il a suivis. Dans le nord-est du Minnesota, Eckert et Savaloja (1979) ont suivi la nidification d'un couple de nyctales de Tengmalm; ils ont recensé 13 proies, dont huit campagnols à dos roux de Gapper. Au Canada, l'analyse de Bondrup-Nielsen (1978) portait sur 92 proies comprenant entre autres 24 campagnols des champs, 18 campagnols à dos roux de Gapper et 27 petits rongeurs non identifiés.

Comme dans le reste de leur aire, les campagnols constituent les proies de prédilection des nyctales de Tengmalm, en Minganie. En particulier, le campagnol à dos roux de Gapper représentait 68 % des petits rongeurs identifiés dans nos nichoirs. En Minganie, ce campagnol semble l'espèce de petit rongeur dominante. C'était du moins le cas en 2003 et 2004, comme l'indiquent des inventaires menés le long de la rivière Natashquan: ce campagnol représente 85 % et 88 % des captures de micromammifères ces années-là (Maisonneuve, 2004; 2005).

Le phénacomys est la seconde proie la plus fréquente, il représente 11 % des petits rongeurs que nous avons identifiés. Cela reflète probablement la disponibilité des différentes espèces de proies car, lors des inventaires menés le long de la rivière Natashquan, le phénacomys représentait la deuxième espèce la plus abondante, avec environ 8 % des captures en 2003 et 2004 (Maisonneuve, 2004, 2005). Dans l'Idaho, le phénacomys fait aussi partie du régime alimentaire de la nyctale de Tengmalm, où il représentait 4 % des proies capturées par cet oiseau (Hayward *et al.*, 1993).



Sept campagnols et une musaraigne cendrée retirés momentanément d'un nichoir pour être examinés

Au cours de ces deux années, nous avons observé des proies entposées dans les nichoirs uniquement durant la période où le nid était maintenu propre par la femelle. Cette période correspond au temps d'incubation des œufs et aux deux à trois premières semaines d'élevage des oisillons (Hayward et Hayward, 1993; Korpimäki, 1987; Ravussin *et al.*, 2001). À ce stade, le mâle assure entièrement l'alimentation des jeunes; à la fin de la nidification, la femelle prendra aussi part au ravitaillement (Korpimäki, 1987). Alors, les déjections et les pelotes de réjection des jeunes s'accumulent au fond du nichoir (Ravussin *et al.*, 2001). L'information que nous avons recueillie porte donc sur environ les trois quarts de la période de nidification. Cette information est complémentaire à l'analyse des restes de proies contenus dans les fonds de nichoirs après l'envol des jeunes. Notre travail fournit un premier aperçu du régime alimentaire de la nyctale de Tengmalm au Québec. D'autres études pourraient nous en apprendre davantage sur l'alimentation de cette nyctale, car plusieurs auteurs rapportent que son régime alimentaire varie selon les saisons et les années (p. ex. Hayward et Hayward, 1993; Korpimäki, 1986). Ainsi, malgré que la nyctale de Tengmalm ait un régime alimentaire relativement spécialisé, elle est tout de même un prédateur opportuniste. En Idaho, la liste de ses proies comprend toutes les espèces de petits mammifères d'un poids inférieur à 50 g connues dans l'aire d'étude, à l'exception de la musaraigne palustre (*Sorex palustris*; Hayward *et al.*, 1993). Elle capture aussi régulièrement des oiseaux et même des rongeurs de taille moyenne comme le grand polatouche (*Glaucomys sabrinus*). Exceptionnellement, un lièvre d'Amérique (*Lepus americanus*) juvénile ou une belette (*Mustela* spp.) peut être victime d'une nyctale de Tengmalm (Hayward et Hayward, 1993).



Jeune nyctale de Tengmalm quelque temps avant l'envol

Les variations du régime alimentaire de la nyctale de Tengmalm reflètent la disponibilité de ses principales proies (Hayward et Hayward, 1993; Korpimäki, 1986). Lorsque la disponibilité des campagnols diminue, le pourcentage de musaraignes et d'oiseaux composant son alimentation augmente (Korpimäki, 1986). Par contre, le succès de reproduction de la nyctale de Tengmalm dépend des fluctuations des populations de campagnols, son taux de reproduction devenant faible lorsque les densités de campagnols sont basses (Hayward et Hayward, 1993).

Au Québec, les irruptions de cette nyctale au sud de son aire sont corrélées à la baisse de densité du micromammifère le plus abondant en forêts boréales : le campagnol à dos roux de Gapper (Cheveau *et al.*, 2004; Côté, 2003). L'abondance cyclique de ce campagnol a aussi probablement une grande influence sur le taux de reproduction de la nyctale de Tengmalm au Québec.

## Conclusion

En 1993, Hayward et ses collègues constataient qu'en dehors des travaux qu'ils avaient menés, seulement deux études détaillées portaient sur l'écologie de la nyctale de Tengmalm en Amérique du Nord. À notre connaissance, aucune autre étude détaillée n'est venue s'y ajouter depuis. Néanmoins au Québec, on porte une attention accrue à la nyctale de Tengmalm depuis quelques années. Par exemple, l'Observatoire d'oiseaux de Tadoussac (OOT) poursuit un suivi de ses mouvements migratoires automnaux depuis 1997 (Savard et Ibarzabal, 2001); récemment, des chercheurs se penchaient sur les liens entre l'abondance des petits rongeurs et les irruptions de cet oiseau dans le sud de son aire de répartition (Cheveau *et al.*, 2004; Côté, 2003); en 2003, s'amorçait une étude sur les incidences des vols d'entraînement militaire à basse altitude sur le succès de reproduction de cette nyctale (Maisonnette, 2004; 2005). Ces travaux nous aideront à mieux cerner plusieurs aspects de la biologie de cette espèce encore mystérieuse. Paradoxalement, la nyctale de Tengmalm est probablement le strigidé le plus abondant dans les forêts de conifères qui couvrent la majeure partie du Québec.

Prochainement, nous désirons analyser les restes de proies qui se trouvent dans les fonds de nichoirs après l'envol des jeunes. Cela nous permettra de connaître la nourriture consommée par les jeunes durant les 10 à 15 jours précédant leur départ. Dans le futur, il serait aussi intéressant de comparer le régime alimentaire de la nyctale de Tengmalm à celui de la petite nyctale, en particulier dans les régions où les deux espèces cohabitent, comme en Minganie.

## Remerciements

Nous tenons à remercier, pour leur soutien financier, le Service canadien de la faune ainsi que les Caisses populaires de Mingan-Anticosti et de Rivière-au-Tonnerre. Nos sincères remerciements s'adressent aussi à la Société québécoise de protection des oiseaux qui nous a fourni son aide



YANN ROCHEPAULT

**Femelle nyctale de Tengmalm au nichoir observant l'équipe qui est venue contrôler son nid**

financière, par l'intermédiaire de son fonds commémoratif Alfred B.-Kelly, pour la réalisation de travaux exploratoires sur les habitats de la nyctale de Tengmalm et de la petite nyctale. Nous voulons aussi témoigner notre gratitude à Pierre-Alain Ravussin pour ses précieux conseils lors de la mise sur pied de notre programme. Nous remercions également les bénévoles qui nous aident sur le terrain à réaliser ce programme : Sylvie Angel, Mathieu Bourdon, Marie-Hélène Lattaro, Lucille Lefebvre et Valentine Vogel. ◀

## Références

- BANFIELD, A.W. F., 1975. Les mammifères du Canada. Les presses de l'Université Laval, 496 p.
- BONDRUP-NIELSEN, S., 1976. First Boreal Owl Nest for Ontario, with notes on development of the young. *Canadian Field-Naturalist*, 90: 477-479.
- BONDRUP-NIELSEN, S., 1978. Vocalisations, nesting, and habitat preferences of the Boreal Owl (*Aegolius funereus*) in North America. M.Sc. thesis, University Toronto, 158 p.
- BUIDIN, C., Y. ROCHEPAULT, M. SAVARD et J.-P.L. SAVARD, 2006. Breeding range extension of the Northern Saw-wet Owl in Québec. *Wilson Journal of Ornithology*, 118: 411-413.
- CHALINE, J., H. BAUDVIN, D. JAMMOT, M.-C. SAINT GIRONS, 1974. Les proies des rapaces. *Petits mammifères et leur environnement*. Doin, Paris, 141 p.
- CHEVEAU, M., P. DRAPEAU, L. IMBEAU et Y. BERGERON, 2004. Owl winter irruptions as an indicator of small mammal population cycles in the boreal forest of eastern North America. *Oikos*, 10: 190-198.
- CÔTÉ, M., 2003. Interactions trophiques en relation avec l'établissement de la régénération par graines de l'épinette noire (*Picea mariana*) dans la forêt boréale québécoise. Thèse de Ph. D. Université du Québec à Rimouski, 143 p.
- DESROCHERS, M. et M. DARVEAU, 2001. Recherches sur les oiseaux forestiers. Il était une fois dans l'Est. *Le Naturaliste canadien*, 125 (3): 36-40.
- DESROSIERS, N., R. MORIN et J. JUTRAS, 2002. Atlas des micromammifères du Québec. Société de la faune et des parcs du Québec. Direction du développement de la faune, 92 p.
- ECKERT, K.R. and T.L. SAVALOJA, 1979. First documented nesting of Boreal Owl south of Canada. *American Birds*, 33: 135-137.
- GAUTHIER, J. et Y. AUBRY (sous la direction de), 1995. Les oiseaux nicheurs du Québec: Atlas des oiseaux nicheurs du Québec méridional. Association québécoise des groupes d'ornithologues, Société de la protection des oiseaux, Service canadien de la faune, Environnement Canada, région du Québec, Montréal, xviii +1295 p.
- HAYWARD, G.D. and P.H. HAYWARD, 1993. Boreal Owl (*Aegolius funereus*). In *The Birds of North America*, No. 63 (A. Poole and F. Gill, Eds.). Philadelphia: The Academy of Natural Sciences; Washington, D.C.: The American Ornithologists' Union.
- HAYWARD, G.D., P.H. Hayward and E.O. Graton, 1993. Ecology of Boreal Owls in the northern Rocky Mountains, USA. *Wildlife Monograph*, 124: 1-59.
- KORPIMÄKI, E., 1986. Seasonal changes in food of the Tengmalm's owl *Aegolius funereus* in western Finland. *Annales Zoologici Fennici*, 23: 339-344.
- KORPIMÄKI, E., 1987. Sexual size dimorphism and life-history traits of Tengmalm's Owl: a review. Pp. 157-161 in *Biology and conservation of northern forest owls: symposium proceedings* (R. W. Nero, R. J. Clark, R. J. Knapton and R. H. Hamre, Eds.) U.S.D.A. Forest Service General Technical Report RM-142.
- LUPIEN, G., 2000. Recueil photographique des caractéristiques morphologiques servant à l'identification des micromammifères du Québec. Volume 1 – Insectivores. Société de la faune et des parcs du Québec. Direction régionale de l'aménagement de la faune du Saguenay. 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, 23 p.
- MAISONNEUVE, C., 2004. Étude des écosystèmes des vallées fluviales. Composante sur la nyctale de Tengmalm. Rapport d'étape préliminaire. Institut pour la surveillance et la recherche environnementales. Ressources naturelles, Faune et Parcs Québec. 34 p.
- MAISONNEUVE, C., 2005. Étude des écosystèmes des vallées fluviales. Composante sur la nyctale de Tengmalm. Rapport d'étape préliminaire. Institut pour la surveillance et la recherche environnementales. Ressources naturelles, faune et parcs Québec. 40 p.
- MAISONNEUVE, C., R. MCNICOLL, S. ST-ONGE et A. DESROSIERS, 1997. Clé d'identification des micromammifères du Québec. Ministère de l'Environnement et de la Faune, Québec. Version préliminaire. 19 p.
- PALMER, D.A., 1986. Habitat selection, movements and activity of Boreal and Saw-whet owls. M.Sc. thesis. Colorado State University Fort Collins, xi + 101p.
- RAVUSSIN, P.-A., D. TROLLET, D. BÉGUIN, L. WILLENEGGER et G. MATALON, 2001. Observations et remarques sur la biologie de la Chouette de Tengmalm *Aegolius funereus* dans le massif du Jura suite à l'invasion du printemps 2000. *Nos Oiseaux*, 48: 235-246.
- SAVARD, J.-P. L. et J. IBARZABAL, 2001. Le suivi des oiseaux de la forêt boréale à l'observatoire d'oiseaux de Tadoussac, une opportunité unique au Québec. *Le Naturaliste canadien*, 125 (3): 47-52.
- WHITMAN, J.S., 2001. Diets of nesting Boreal Owls, *Aegolius funereus*, in Western Interior Alaska. *Canadian Field-Naturalist*, 115: 476-479.



# Inventaire herpétologique de la région de la Capitale-Nationale en 2002

Daniel Pouliot, Jean-François Desroches et Daniel Banville

## Résumé

Nous avons réalisé un inventaire des amphibiens et des reptiles dans la région de la Capitale-Nationale en 2002. Cet inventaire visait principalement la tortue des bois, la salamandre à quatre orteils, la salamandre sombre du Nord et la grenouille des marais, mais toutes les espèces rencontrées étaient aussi considérées. Les 121 stations fouillées sont surtout distribuées sur les terres privées au sud-ouest de la région. Des tronçons de dix rivières présentant un bon potentiel pour la tortue des bois ont été fouillés sans succès. La présence de la salamandre à quatre orteils a pu être confirmée à la limite nord-est de son aire de répartition, alors que la salamandre sombre du Nord est bien établie dans les contreforts du Bouclier canadien. Les lacs situés à l'ouest de la région présentent un bon potentiel pour la grenouille des marais. La région possède une intéressante diversité herpétologique et d'autres travaux d'inventaire devraient être réalisés afin de mieux connaître la distribution de plusieurs espèces qui se trouvent à la limite nord-est de leur aire de répartition.

## Une région délaissée ?

Depuis maintenant près de 15 ans, les connaissances relatives à la répartition de l'herpétofaune québécoise ont fait un bond important. Les progrès réalisés depuis la parution de l'*Atlas des amphibiens et des reptiles du Québec* (Bider et Matte, 1994) sont également considérables. Force est d'admettre, par contre, que certaines régions – peut-être moins bien nanties en « amateurs de salamandres, grenouilles et couleuvres » – ont été négligées. La région de la Capitale-Nationale (03) est l'une d'elles. Malgré la présence de quelques mentions révélant le potentiel de la région, les connaissances sur l'abondance et la répartition des espèces rares, et même des plus communes, demeurent assez fragmentaires. Considérant ce manque de connaissances nécessaires pour la conservation des espèces, un inventaire régional de l'herpétofaune nous parut être un projet pouvant combler une partie de cette lacune. C'est dans ce contexte qu'en 2002, un inventaire a été réalisé par les auteurs dans la région concernée.

## Un territoire imposant

La région administrative de la Capitale-Nationale s'étend depuis la Mauricie à l'ouest jusqu'à la rivière Saguenay à l'est, couvrant ainsi quelque 21 000 km<sup>2</sup> (figure 1). Au nord, elle est limitée par la région du Saguenay–Lac-Saint-

## Abondance

- Une espèce est *abondante* lorsqu'elle est observée en grand nombre sur l'aire d'étude et dans divers habitats (fréquence d'observation très élevée).
- Une espèce est *commune* lorsqu'elle est observée en nombre variable partout où on trouve son habitat, lequel est bien représenté sur l'aire d'étude (fréquence d'observation moyenne à élevée).
- Une espèce est *peu commune* lorsqu'elle est observée en nombre variable mais qu'elle n'occupe qu'une partie du territoire (ex. : tout l'est de l'aire d'étude; fréquence d'observation faible).
- Une espèce est *rare* lorsqu'elle est observée dans des habitats spécifiques, lesquels sont habituellement peu nombreux sur l'aire d'étude ou qu'elle est présente en faible nombre dans quelques habitats (fréquence d'observation très faible).

## Distribution

- Une espèce est *répandue* quand sa distribution couvre la majeure partie ou la totalité de l'aire d'étude.
- Une espèce est *localisée* lorsqu'on ne la trouve que dans une portion du territoire étudié.

Jean et au sud par le fleuve Saint-Laurent. La région compte quelques îles, dont les plus importantes sont l'île d'Orléans et l'île aux Coudres.

En raison de l'orientation de la région dans un axe nord-est/sud-ouest, ainsi que la présence notable d'un vaste plateau montagneux (massif du lac Jacques-Cartier) d'altitude supérieure à 300 m, on observe une variation importante des écarts de température annuelle moyenne (0,0 à 5 °C selon Robitaille et Saucier, 1998). L'hétérogénéité de la topographie se traduit par la diversité des domaines bioclimatiques présents. On y trouve, depuis le sud-ouest vers le nord-est : l'érablière à tilleul, l'érablière à bouleau jaune, la sapinière à bouleau jaune et, de façon plus loca-

*Daniel Pouliot est technicien et biologiste spécialisé en herpétologie; étudiant à la maîtrise en sciences de l'environnement à l'Université du Québec à Trois-Rivières.*

*Jean-François Desroches est biologiste spécialisé en herpétologie; enseignant au Cégep de Sherbrooke dans le programme Techniques de bioécologie.*

*Daniel Banville est biologiste au ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec; coordonnateur provincial du dossier des espèces fauniques menacées ou vulnérables.*

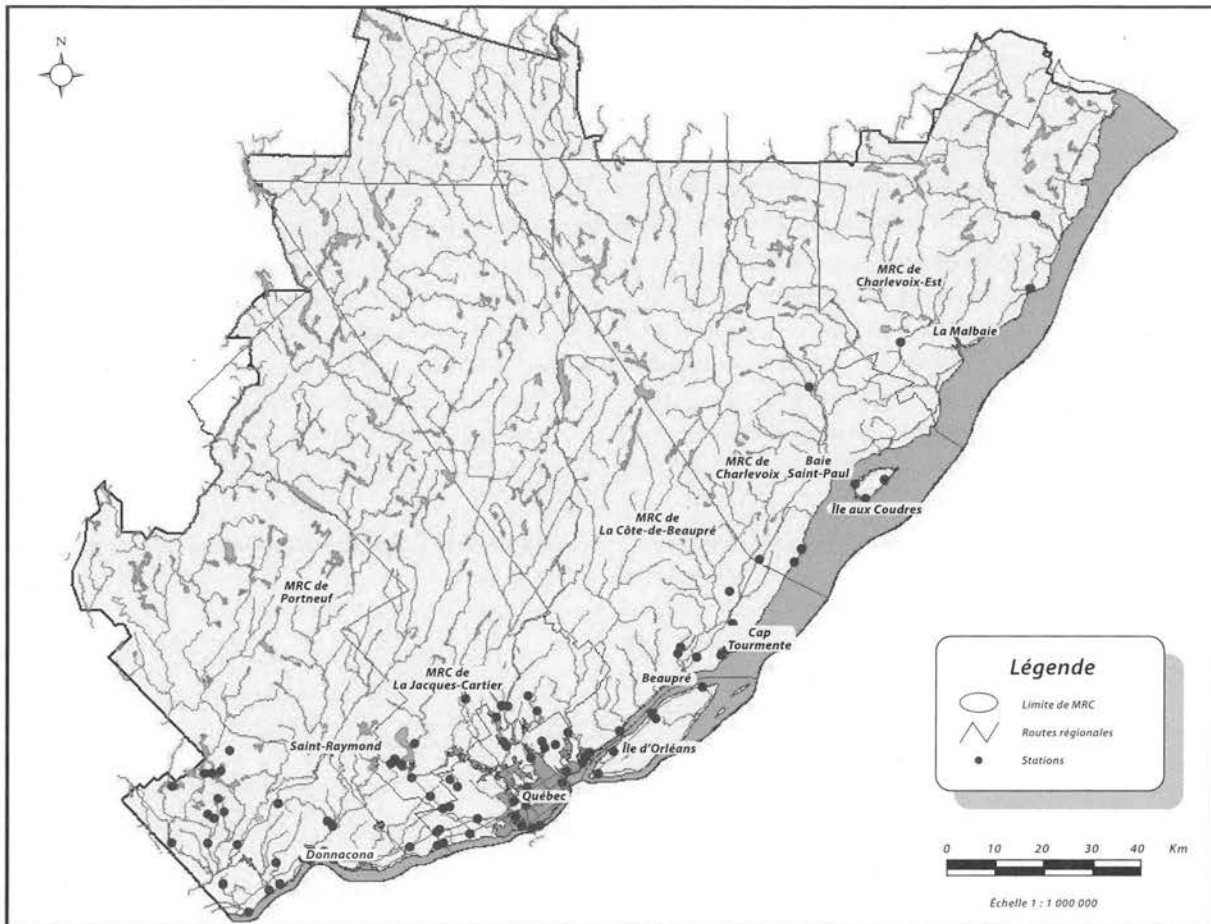


Figure 1: Localisation des stations inventoriées pour l'herpétofaune, en 2002, dans la région de la Capitale-Nationale.

lisée, la sapinière à bouleau blanc et celle à épinette noire (Robitaille et Saucier, 1998). La portion du fleuve bordant, au sud, la région est caractérisée par l'influence sur les berges de l'effet des marées ainsi que par l'augmentation graduelle de la salinité de l'eau, en amont depuis la pointe est de l'île d'Orléans. Près des deux tiers des terres de la région sont de tenure publique provinciale. Cette portion, située principalement au nord et nord-ouest de la région, borde une large bande de terres privées concentrées le long du Saint-Laurent au sud et au sud-est (Société de la faune et des parcs du Québec, 2002). C'est principalement dans cette large bande de terres privées que nous avons concentré nos efforts d'inventaire. Ces terres, situées dans des secteurs à bon potentiel pour les espèces recherchées, sont plus sensibles aux perturbations humaines, puisque régulièrement associées à des activités qui modifient les écosystèmes.

## Méthodologie

L'inventaire herpétologique de la région 03 a été réalisé en fonction des espèces en situation précaire. Ainsi, il a été orienté principalement sur la recherche de quatre espèces susceptibles d'être désignées menacées ou vulnérables par le gouvernement du Québec (Beaulieu, 1992; Gouverne-

ment du Québec, 2003) et potentiellement présentes sur le territoire à l'étude: la tortue des bois (*Glyptemys insculpta*), la salamandre à quatre orteils (*Hemidactylium scutatum*), la salamandre sombre du Nord (*Desmognathus fuscus*) et la grenouille des marais (*Rana palustris*). Toutefois, toutes les observations d'amphibiens et de reptiles ont également été notées. La méthode de recherche était la fouille active, adaptée aux espèces recherchées et appliquée dans des stations représentant des habitats adéquats. Les particularités des méthodes de fouille inhérentes à chacune des espèces sont bien exposées par Arvisais *et al.* (2002), Desroches (1998), Daigle (1997, 1998), Danstedt (1975) et Desroches et Pouliot (2005a). Les indices de présence tels que les œufs, têtards, cris et chants d'amphibiens et les exuvies de couleuvres servaient également à l'identification des espèces présentes.

Les stations étaient choisies à partir de cartes topographiques à l'échelle 1/20 000 ou 1/50 000 ou encore au hasard des rencontres. Tout comme les observations, les stations étaient identifiées à l'aide d'un récepteur GPS (NAD83  $\pm 5$  à 20 m). Finalement, plusieurs photographies ont été prises afin de documenter par images les habitats et les espèces observées.

**Résultats et discussion**

L'inventaire, réalisé entre le 8 mai et le 2 octobre 2002, a comporté 135 sorties sur le terrain (342,2 h/pers.). Il a permis d'inventorier 121 stations (figure 1) et de recenser 17 espèces totalisant 727 mentions. Le tableau 1 présente les espèces observées ainsi que leur répartition et leur abondance relative.

**La tortue des bois : absente de la région ou très rare et localisée ?**

Dix segments de rivière ont été fouillés dans l'espoir de découvrir une population de tortue des bois. Ces rivières, situées dans l'ouest et le sud-ouest de la région sont : les rivières à Matte, Belle-Isle, Blanche, des Hurons, Duberger, du Cap-Rouge, Lorette, Portneuf, Sainte-Anne et Saint-Charles. Plusieurs habitats propices ont été visités, particulièrement

dans les bassins des rivières Belle-Isle et Portneuf (figure 2). Malgré tous ces efforts, aucune tortue des bois n'a été observée.

Au début des années 1990, un spécimen de tortue des bois a été observé près de la base de plein air de Sainte-Foy, sur une route avoisinante (M. Bédard, comm. pers.). Afin de vérifier la possibilité que ce spécimen soit arrivé sur le site par le cours d'eau le plus près, la rivière Lorette a fait l'objet d'une fouille particulière. Ce cours d'eau, dans son tronçon sud, celui fouillé, traverse principalement des quartiers résidentiels et industriels. De nombreux déchets jonchent les berges abruptes et le milieu est fréquenté par les riverains depuis plusieurs décennies. L'habitat ne correspond donc pas à celui de la tortue des bois. Plus au nord, la rivière Lorette présente un potentiel relativement intéressant et on pourrait penser que des tortues utilisent la rivière comme corridor

Tableau 1. Espèces observées lors de l'inventaire herpétologique de la région de la Capitale-Nationale en 2002, abondance et distribution relative sur le territoire. Le pourcentage d'occurrence de chaque espèce, sur le total des 121 stations fouillées est également présenté. S. : Salamandre et C. : Couleuvre. Les « ? » indiquent un statut incertain.

Nom vernaculaire <i>Nom latin</i>	Abondante répandue	Commune répandue	Peu commune répandue	Commune localisée	Peu commune localisée	Rare localisée	Absente	% d'occurrence sur 121 stations fouillées
Crapaud d'Amérique <i>Bufo americanus</i>		X						22,3
Rainette crucifère <i>Pseudacris crucifer</i>	X							21,5
Ouaouaron <i>Rana catesbeiana</i>				X				2,5
Grenouille verte <i>Rana clamitans</i>	X							24,8
Grenouille des marais <i>Rana palustris</i>						X		1,7
Grenouille léopard <i>Rana pipiens</i>				X				4,1
Grenouille du Nord <i>Rana septentrionalis</i>		X						5,0
Grenouille des bois <i>Rana sylvatica</i>		X						14,9
Salamandre à points bleus <i>Ambystoma laterale</i>			X-?					1,7
Salamandre sombre du Nord <i>Desmognathus fuscus</i>					X			10,7
Salamandre à deux lignes <i>Eurycea bislineata</i>	X							25,6
Salamandre à quatre orteils <i>Hemidactylium scutatum</i>						X		0,8
Triton vert <i>Notopthalmus viridescens</i>			X					1,7
Salamandre cendrée <i>Plethodon cinereus</i>	X							22,3
Couleuvre rayée <i>Thamnophis sirtalis</i>		X						14,9
Couleuvre à ventre rouge <i>Storeria occipitomaculata</i>				X				7,4
Couleuvreverte <i>Liochlorophis vernalis</i>					X			4,1
Tortue des bois <i>Glyptemys insculpta</i>							X-?	0,0
	4	4	2?	3	2	2	1?	





**Figure 2. Une portion agroforestière de la rivière Belle-Isle fouillée pour la tortue des bois en 2002**

de déplacement depuis les bons habitats du nord, vers des habitats situés plus au sud. La tortue observée en 1990 à la base de plein air pourrait être une voyageuse venue du nord. Cependant, en considérant la grande densité de riverains qui côtoient la rivière Lorette depuis des années et considérant le fait que tous ceux que nous avons rencontrés nous ont dit ne jamais avoir observé de tortues dans la rivière, nous croyons que la tortue observée en 1990 était un animal gardé en captivité, puis échappé ou relâché.

Récemment, la photo d'une tortue des bois prise lors d'une promenade sur la rivière Saint-Charles (Pouliot, 2005) a éveillé notre curiosité. Malgré que nous ayons fouillé la rivière Saint-Charles lors de cet inventaire, nous n'y avons observé aucune tortue. Bien que cette observation puisse être également associée à un individu échappé ou relâché de captivité, d'autres fouilles devraient être réalisées afin d'éclaircir la situation de l'espèce dans cette rivière.

Le climat relativement froid de la région pourrait également être responsable de l'absence de la tortue des bois dans la région. Les stratégies physiologiques et comportementales de résistance au gel durant l'hiver, notamment celles des jeunes encore au nid, sont des éléments déterminants de la répartition nordique des tortues dans les régions tempérées (Costanzo *et al.*, 1995). Cependant, il est possible que des populations isolées de tortues des bois soient présentes dans la région et que nos recherches ne nous aient simplement pas conduits au bon endroit, au bon moment. De telles populations peuvent être de faible densité, rendant ainsi plus difficile leur découverte (Daigle, 1997). Dans la région de la Capitale-Nationale, les bassins des rivières Belle-Isle, Portneuf, du Cap-Rouge et Duberger ont paru être les milieux les plus intéressants pour la tortue des bois. On y trouve des caractéristiques d'habitats associées à la tortue des bois, notamment des aulnaies en bordure de longs tronçons peu fréquentés par les habitants des environs, un lit sablonneux et des fosses plus profondes qui pourraient potentiellement être utilisées comme site d'hibernation (Garber et Burger 1995; Daigle 1997; Arvisais *et al.*, 2002). D'autres fouilles pourraient y révéler la présence de cette espèce.

### **La salamandre à quatre orteils : une espèce énigmatique**

La salamandre à quatre orteils est l'une des espèces d'amphibiens dont la répartition, et par surcroît l'écologie, sont les moins bien connues au Québec. Cette salamandre énigmatique semble associée à des microhabitats très caractéristiques. Ces milieux peuvent être circonscrits à une surface d'à peine 100 m<sup>2</sup> (Desroches et Pouliot, 2005a; Desroches et Rodrigue, 2004; Petranka, 1998). Un trait caractéristique de l'habitat de cette salamandre semble toutefois être la présence d'un milieu forestier et de dépressions inondées au printemps, où la sphaigne pousse en boutons plutôt qu'en tapis uniforme.

Douze stations ont été fouillées particulièrement pour cette espèce. Une seule d'entre elles abritait la salamandre à quatre orteils et il s'agissait d'un site découvert en 1999 (Pouliot et Desroches, 2005a). Situé à Québec, dans l'arrondissement Sainte-Foy, ce site représente une importante extension de l'aire de répartition de l'espèce. Étant donné le nombre restreint de stations propices trouvées lors de cet inventaire, il est fort probable que, dans la région de la Capitale-Nationale, les habitats de qualité pour cette espèce soient rares et localisés. Néanmoins, il y a fort à parier que des recherches plus approfondies permettraient de découvrir d'autres populations. En ce sens, les milieux tourbeux de l'ouest de la région (qui n'ont pas fait l'objet de fouille particulière), le long de l'autoroute 40, ainsi que la base de plein air de Sainte-Foy nous paraissent être parmi les milieux les plus propices pour l'espèce.

### **La salamandre sombre du Nord : une agréable surprise**

C'est en 1987 que la salamandre sombre du Nord a été observée pour la première fois dans la région de la Capitale-Nationale, aux abords de la rivière Montmorency. Quelques sites ont été trouvés par la suite, mais l'inventaire de 2002 a permis d'en découvrir 16 nouveaux, principalement sur la côte de Beaupré et pour la première fois sur l'île d'Orléans (figure 3). Ces sites sont répartis depuis l'ouest, à Saint-Alban (MRC de Portneuf), jusqu'à la réserve nationale de faune du cap Tourmente, à l'est. La fouille de différents cours d'eau, notamment dans la région de Petite-Rivière-Saint-François, jusqu'au Saguenay, n'a pas permis d'observer cette espèce plus à l'est. La présence de la salamandre sombre du Nord a été notée dans quatre des cinq ruisseaux inventoriés sur l'île d'Orléans, ce qui laisse croire qu'elle y est largement répandue. Des fouilles sur l'île aux Coudres n'ont pas permis de trouver de salamandres associées aux ruisseaux (sombre du Nord ou à deux lignes (*Eurycea bislineata*)). Desroches et Pouliot (2005b) détaillent la présence de la salamandre sombre du Nord sur la rive nord du fleuve (incluant les mentions à l'extérieur de la région 03), tracent l'historique des observations et traitent des aspects biogéographiques concernant la dispersion de l'espèce.

Au Québec, la salamandre sombre du Nord fait partie de la liste des espèces susceptibles d'être désignées menacées ou vulnérables (Beaulieu, 1992; Gouvernement du Québec, 2003). La découverte de ces nouvelles populations sur la rive nord du Saint-Laurent démontre bien que l'espèce est beaucoup plus répandue que ce que l'on croyait. Cependant, il importe de mentionner que 12 des 16 sites où l'espèce a été observée se trouvent sur des terres privées ne possédant aucun statut de protection légal. De plus, leurs habitats, constitués surtout de ruisseaux ou de coulées exemptes de poissons, ne sont pas assujettis aux lois, tant fédérales que provinciales, assurant la protection de l'habitat du poisson, ce qui rend ces populations vulnérables à la dégradation de leur habitat.



Figure 3. Premier spécimen de salamandre sombre du Nord (*Desmognathus fuscus*) observé sur l'île d'Orléans, en 2002

### La grenouille des marais : une piste vers l'ouest

Cet inventaire n'a pas permis de préciser de façon satisfaisante la répartition de la grenouille des marais dans la région de la Capitale-Nationale. En 2002, 30 stations ont été fouillées précisément pour cette espèce en plus d'une station fouillée en 2001, où la présence de l'espèce a été confirmée. La recherche d'habitats propices visait les plans d'eau permanents (Kolozsvary et Swihart, 1999) en terrain forestier et montagneux (Desroches et Bertacchi, 2001). Au total, trois stations abritaient l'anouère recherché. Deux d'entre elles concernaient probablement la même population. Le chant des mâles, entendu en après-midi dans la ceinture de sphaignes d'un lac tourbeux à Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier (figure 4), a permis de localiser des adultes reproducteurs tandis que des jeunes de l'année précédente ont été trouvés dans l'érablière avoisinante ( $\pm 500$  m). Le site fouillé en 2001 est situé dans la MRC de Portneuf, non loin de la municipalité de Rivière-à-Pierre. Cette année-là, le spécimen nouvellement métamorphosé avait été observé sur la berge d'un grand lac situé dans le domaine de l'érablière à bouleau jaune, au début de septembre. Une fouille sommaire avait alors été faite, mais aucun autre individu n'avait été trouvé. Le secteur où ce spécimen avait été observé, situé

dans la MRC de Portneuf, regorge de lacs peu visités et offre un potentiel intéressant pour la grenouille des marais.

### Des espèces plus communes, tout aussi intéressantes !

Lors de cet inventaire, la présence de 17 espèces a pu être confirmée dans la région de la Capitale-Nationale. Le choix d'orienter cette recherche vers quatre espèces particulières a eu comme conséquence de négliger certains types d'habitats ou certaines méthodes d'inventaire. Par exemple, les salamandres fouisseuses du genre *Ambystoma* n'ont pas fait l'objet d'une fouille particulière (ce qui est normalement nécessaire pour ces espèces discrètes), ce qui explique l'apparente absence de la salamandre maculée (*Ambystoma*



Figure 4. Le lac Jaune (Station touristique de Duchesnay) à Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier, où trois grenouilles des marais ont été entendues, le 29 mai 2002.

*maculatum*) et le faible nombre de mentions concernant la salamandre à points bleus (*Ambystoma laterale*). Le triton vert (*Notopthalmus viridescens*) est une autre espèce mal représentée lors de cet inventaire. Il faut également noter l'absence de mentions du necture tacheté (*Necturus maculosus*), de la tortue serpentine (*Chelydra serpentina*), de la tortue peinte (*Chrysemys picta*) et de la couleuvre à collier (*Diadophis punctatus*), des espèces pourtant présentes dans la région 03.

Les espèces les plus abondantes et les plus largement répandues dans notre aire d'étude étaient : la rainette crucifère (*Pseudacris crucifer*), la grenouille verte (*Rana clamitans*), la salamandre à deux lignes (*Eurycea bislineata*) et la salamandre cendrée (*Plethodon cinereus*). Ces espèces étaient présentes dans 26 à 31 % des stations fouillées et représentent 56,9 % des individus observés, toutes espèces confondues. La salamandre à deux lignes, espèce typique et commune dans les ruisseaux et rivières, a été observée dans une tourbière, cachée dans le tapis de sphaigne. Soulignons également la présence de la salamandre cendrée sur l'île aux Coudres. Chez les reptiles, la couleuvre rayée (*Thamnophis sirtalis*) est l'espèce la plus souvent vue (3,6 % des individus) et la plus largement répandue (18 % des stations). Finalement, il importe de mentionner l'observation de la couleuvre

verte (*Liochlorophis vernalis*) (figure 5) dans six stations. Les observations durant cet inventaire ont été faites dans des milieux ouverts, bien drainés (sable, gravier, roche) et plutôt secs. Cette couleuvre est peu rapportée au Québec. Deux hypothèses pourraient expliquer ce constat : la couleuvre verte pourrait être rare et localisée ou plus simplement, très discrète.



Figure 5. Couleuvres (verte, rayée et à ventre rouge) trouvées ensemble sous des planches de bois et des tôles près de Saint-Alban, le 20 août 2002

### **L'emprise électrique de Fossambault : un point chaud de diversité herpétologique !**

L'emprise électrique de Fossambault (figure 6), perpendiculaire à la route 367, s'est révélée la station présentant la plus grande richesse spécifique lors de cet inventaire, avec huit espèces répertoriées. La rainette crucifère, la grenouille verte, la grenouille des bois, le triton vert, la salamandre cendrée, la couleuvre à ventre rouge (*Storeria occipitomaculata*), la couleuvre rayée et la couleuvre verte y ont été observés. L'emprise, située dans un secteur de collines, présente une alternance de milieux humides : marécages à *Carex* sp. et à sphaignes (*Sphagnum* sp.) et d'habitats ouverts colonisés par de nombreuses herbacées, quelques érables rouges (*Acer rubrum*) et des frênes (*Fraxinus* sp.). La base rocheuse d'un pylône pourrait bien servir d'hibernacle pour des couleuvres. La pierre y est fissurée, bien exposée au soleil et de nombreuses couleuvres y ont été vues. Cette diversité n'est



Figure 6. Emprise électrique à Fossambault. Une diversité herpétologique surprenante est souvent observée dans ces milieux d'origine anthropique.

probablement pas étrangère à l'hétérogénéité de la topographie de ce lieu parsemé de collines, stimulant l'établissement d'habitats humides et secs, couplée à la grande disponibilité du soleil et de sa chaleur.

### **Conclusion**

Cet inventaire n'a pas permis de couvrir toute la région 03 de sorte que plusieurs secteurs restent encore à explorer. L'observation de la salamandre sombre du Nord dans plusieurs stations de la rive nord du Saint-Laurent démontre que les naturalistes doivent poursuivre leurs observations afin de préciser la répartition spatiale des espèces d'amphibiens et de reptiles de cette partie du territoire québécois. Nous croyons que nos travaux doivent connaître une suite, par exemple : « la recherche d'habitats propices pour la salamandre à quatre orteils » ou « l'inventaire de la grenouille des marais dans la MRC de Portneuf ».

### **Remerciements**

En plus des auteurs, plusieurs personnes ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail. Nous tenons à remercier tout particulièrement Robert Parent, directeur de l'aménagement de la faune de la région de la Capitale-Nationale au ministère des Ressources naturelles et de la Faune. Nous remercions également Vicky Tremblay, stagiaire du Cégep de Sainte-Foy, pour son assistance sur le terrain ainsi que Josiane Bergeron, Raphaël Demers, Nathalie Côté, Michel Crête ainsi qu'un réviseur anonyme pour leurs commentaires sur la version préliminaire du texte. Ce projet a été réalisé avec la contribution financière de la Société de la faune et des parcs du Québec, accordée à la Société linnéenne du Québec dans le cadre du regretté programme Faune Nature, édition 2002-2003. ◀

#### **Pour joindre les auteurs :**

Daniel Pouliot : [crotaluspu@hotmail.com](mailto:crotaluspu@hotmail.com)

Jean-François Desroches : [jean-francois.desroches@cegepsherbrooke.qc.ca](mailto:jean-francois.desroches@cegepsherbrooke.qc.ca)

Daniel Banville : [daniel.banville@fapaq.gouv.qc.ca](mailto:daniel.banville@fapaq.gouv.qc.ca)



## Références

- ARVISAIS, M., J.-C. BOURGEOIS, E. LÉVESQUE, C. DAIGLE, D. MASSE and J. JUTRAS, 2002. Home range and movements of a wood turtle (*Clemmys insculpta*) population at the northern limit of its range. *Revue canadienne de zoologie*, 80: 402-408.
- BEAULIEU, H. 1992. Liste des espèces de la faune vertébrée susceptibles d'être désignées menacées ou vulnérables. Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche du Québec, 107 p.
- BIDER, J.R. et S. MATTE, 1994. Atlas des amphibiens et des reptiles du Québec. Société d'histoire naturelle de la vallée du Saint-Laurent et ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec, Direction de la faune et des habitats, 106 p.
- COSTANZO, J.P., J.B. IVERSON, M.F. WRIGHT and R.E. LEE, Jr., 1995. Cold hardiness and overwintering strategies of hatchlings in an assemblage of northern turtles. *Ecology*, 76: 1772-1785.
- DAIGLE, C., 1998. Expérimentation de trois techniques pour l'inventaire de la grenouille des marais (*Rana palustris*). Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec, Direction de la faune et des habitats, 23 p.
- DAIGLE, C., 1997. Size and characteristics of a Wood Turtle, *Clemmys insculpta*, population in southern Quebec. *Canadian Field-Naturalist*, 111: 440-444.
- DANSTEDT, R.T. Jr., 1975. Local geographic variation in demographic parameters and body size of *Desmognathus fuscus* (*Amphibia: Plethodontidae*). *Ecology*, 56: 1054-1067.
- DESROCHES, J.-F., 1998. Inventaire herpétologique de l'Est de l'Estrie. En collaboration avec le Musée du Séminaire de Sherbrooke. Rapport présenté à la Fondation de la faune du Québec, 67 p.
- DESROCHES J.-F., et D. POULIOT, 2005a. La recherche des nids: une méthode simple et efficace pour trouver la salamandre à quatre orteils (*Hemidactylium scutatum*), une espèce rare au Québec. *Le Naturaliste Canadien*, 129 (2): 30-33.
- DESROCHES J.-F., et D. POULIOT, 2005b. Premières mentions et répartition de la salamandre sombre du Nord (*Desmognathus fuscus*) sur la rive nord du fleuve Saint-Laurent, au Québec. *Canadian Field-Naturalist*, 119: 105-109.
- DESROCHES, J.-F. et W. BERTACCHI, 2001. Bilan des connaissances sur la situation de la grenouille des marais (*Rana palustris*) en Estrie. Rapport réalisé pour la Société de la faune et des parcs du Québec, Direction de l'aménagement de la faune de l'Estrie, 35 p.
- DESROCHES, J.-F. et D. RODRIGUE, 2004. Amphibiens et reptiles du Québec et des Maritimes. Éditions Michel Quintin. Waterloo, Québec, 288 p.
- GARBER, S.D. and J. BURGER, 1995. A 20-yr study documenting the relationship between turtle decline and humane recreation. *Ecological Applications*, 5: 1151-1162.
- GOVERNEMENT DU QUÉBEC, 2003. Arrêté ministériel concernant la détermination d'une liste d'espèces de la faune vertébrée menacées ou vulnérables susceptibles d'être ainsi désignées. Arrêté ministériel 2003-002. *Gazette officielle du Québec*, p. 1805-1809.
- KOLOZSVARY, M.B. and R.K. SWIHART, 1999. Habitat fragmentation and the distribution of amphibians: patch and landscape correlates in farmland. *Revue canadienne de zoologie*, 77: 1288-1299.
- PETRANKA, J.W., 1998. Salamanders of the United States and Canada. Smithsonian Institution Press, Washington and London, 587 p.
- POULIOT, Y., 2005. Le corridor naturel de la Saint-Charles, un milieu exceptionnel. *Le Naturaliste canadien*, 129 (2): 78-81.
- POULIOT D., et J.-F. DESROCHES, 2005. Découverte de la salamandre à quatre orteils, *Hemidactylium scutatum*, à Québec, Québec, Canada: limite nord-est de l'espèce. *Canadian Field-Naturalist*, 119: 129-131.
- ROBITAILLE A. et J.-P. SAUCIER, 1998. Paysages régionaux du Québec méridional. Les publications du Québec. Québec, Canada, 213 p.
- SOCIÉTÉ DE LA FAUNE ET DES PARCS DU QUÉBEC, 2002. Plan de développement régional associé aux ressources fauniques de la Capitale-Nationale. Société de la faune et des parcs du Québec, Direction de l'aménagement de la faune de la Capitale-Nationale, 93 p.



**Desjardins**  
Caisse populaire  
du Piémont Laurentien

1638, rue Notre-Dame, L'Ancienne-Lorette  
1095, boulevard Pie-XI Nord, Val-Bélair

**872-1445**

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



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

**J. DENIS ROY**  
NOTAIRE ET CONSEILLER JURIDIQUE

5600, boul. des Galeries      Téléphone : **418.626.4449**  
bureau 240      Télécopieur : 418.623.1040  
Québec (Québec) G2K 2H6      jdroy@notarius.net  
www.soucyroygauvreau.com



LA MAISON  
LÉON-PROVANCHER

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

**SANTÉ, ÉQUILIBRE, LIBERTÉ**

*Nicole Faullem & Jacques Roberge*  
Consultants en mieux-être

141, rue Larocque  
Beauport (Québec) G1B 1S2

Tél. : (418) 660-9827 / Téléc. : (418) 660-3531  
nfaullem@videotron.ca / jaroberge@hotmail.com

# Les plus grosses tortues serpentine (*Chelydra s. serpentina*) du Québec

Jean-François Desroches

## Résumé

La tortue serpentine est la plus grosse tortue d'eau douce du Québec. Malgré qu'il existe plusieurs histoires et mentions non vérifiées de spécimens de taille impressionnante, voire de tortues géantes, très peu de données rigoureuses existent à ce sujet. L'auteur a cherché dans les documents écrits, les collections de musées et parmi ses observations et celles de ses collègues les plus grandes tailles rapportées pour cette tortue. Les plus grosses tortues serpentine mesurées au Québec avaient une carapace de 43 cm de longueur et très peu mesuraient plus de 40 cm. Presque tous les spécimens de taille supérieure à 38,5 cm sont des mâles.

## Introduction

La tortue serpentine (*Chelydra s. serpentina*) est l'une des espèces de tortues les plus communes au Québec. On la trouve au nord jusqu'en Abitibi et au Lac-Saint-Jean (Schueler, 1976; Bider et Matte, 1994; Desroches et Rodrigue, 2004). C'est aussi la plus grosse de nos tortues d'eau douce. Le record mondial est un mâle dont la dossière (partie supérieure de la carapace) mesurait 49,4 cm de longueur et 40,7 cm de largeur (Gerholdt et Oldfield, 1987). Contrairement à la majorité de nos tortues, chez cette espèce c'est le mâle qui est le plus grand. Au Québec, on sait que la tortue serpentine peut atteindre une taille impressionnante, mais comme dans les histoires de pêche, il faut savoir séparer les légendes de la réalité.

C'est au fil des années que l'auteur s'est aperçu que les tortues serpentine capturées et mesurées n'étaient jamais comparables aux « monstres » décrits par les riverains, les pêcheurs ou les plaisanciers. Malgré le nombre important de spécimens qu'il a mesurés, ceux décrits par ces observateurs d'occasion étaient, selon leurs dires, souvent plus gros. Évidemment, aucune photo n'était disponible dans presque tous les cas et l'expérience démontre qu'on a tendance à surestimer la taille des grosses tortues, tout comme celle des grosses truites qui se dérobent à notre hameçon...

## Méthodologie

En consultant d'autres personnes travaillant avec les tortues et en cherchant dans les ouvrages publiés, l'auteur s'est vite rendu compte que ce type d'information était rare et présenté de façon disparate. Afin d'éclaircir cette situation, il a décidé d'entreprendre une recherche dans les articles de journaux scientifiques et les rapports techniques. Il a égale-

ment consulté des collections et échangé avec certains herpétologistes, afin de recueillir le plus d'information possible.

Lorsque l'on consulte les guides de terrain nord-américains traitant des tortues et des reptiles (Smith et Brodie, 1992; Behler et King, 1996; Conant et Collins, 1998), on s'aperçoit qu'ils atteignent généralement des tailles plus élevées à des latitudes plus méridionales. Toutefois, certaines exceptions existent : la plus grande tortue des bois (*Glyptemys insculpta*) a été trouvée au Québec (Saumure, 1992).

À la lecture des différents ouvrages concernant les tortues serpentine du Québec, deux constatations sont décevantes. Premièrement, dans bien des cas, les tortues rapportées n'ont pas été mesurées. Il est donc impossible dans ces cas de savoir s'il s'agit de grosses tortues. Deuxièmement, après consultation de diverses personnes, il ressort que les tortues n'étaient pas toutes mesurées de la même manière ! En effet, malgré que tous mesurent la dossière des tortues d'eau douce en ligne droite, sans considérer l'arc (voir l'illustration p. 238 dans : Desroches et Rodrigue, 2004), certains incluent la longueur des écailles marginales postérieures, alors que d'autres ne considèrent que la longueur de la dossière d'une extrémité à l'autre. On pourrait décrire ces deux façons de mesurer ainsi (figure 1) :

- Longueur standard (LS) de la dossière : mesurée à partir de la bordure antérieure de l'écaille nucale jusqu'à la bordure postérieure de l'encoche située entre les écailles marginales postérieures, vis-à-vis la colonne vertébrale.

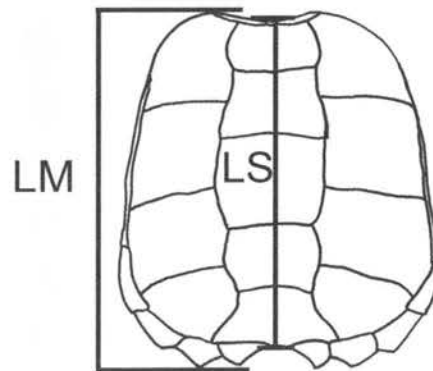


Figure 1. Deux façons de mesurer la dossière des tortues serpentine : la longueur standard (LS) et la longueur maximale (LM) qui inclut les écailles marginales postérieures. (Illustration de l'auteur)

Jean-François Desroches, biologiste spécialisé en herpétologie, est enseignant au département des Techniques de bioécologie du Cégep de Sherbrooke.

Pour joindre l'auteur : jfdesroches@hotmail.com

- Longueur maximale (LM) de la dossière: mesurée à partir de la limite antérieure de l'écaille la plus antérieure (la nucale ou l'une des marginales antérieures) jusqu'à la limite postérieure de l'écaille marginale la plus postérieure. Cette mesure correspond à la longueur minimale que devrait avoir l'intérieur d'une boîte dans laquelle on voudrait placer la tortue.

Bien que chez certaines espèces, comme la tortue peinte (*Chrysemys picta*), ces mesures soient identiques, elles peuvent différer de façon assez importante chez celles qui possèdent des écailles marginales dentées (comme la tortue serpentine, la tortue des bois et la tortue géographique (*Graptemys geographica*)). La différence entre ces deux mesures peut atteindre quelques centimètres chez certains spécimens.

### Les plus grosses tortues serpentines du Québec

Une synthèse des résultats obtenus au sujet de la taille des grosses tortues serpentines trouvées au Québec et mesurées est présentée au tableau 1. Le texte qui suit donne le détail sur les spécimens concernés.

La plus grande taille officielle pour une tortue serpentine au Québec (mesurée évidemment) est de 43,0 cm. Deux tortues de cette taille ont été rapportées et il s'agit de mâles. La première a été trouvée le 7 mai 1982 au parc de la Gatineau, en Outaouais (McMurray, 1984). Elle a été mesurée, marquée, puis relâchée. Les données concernant cette tortue sont conservées au Musée canadien de la nature (spécimen # 00003 des fiches de marquage). La longueur maximale de la dossière a été mesurée. Le second spécimen a été récolté dans la rivière du Sud, tributaire de la rivière Richelieu en Montérégie, en avril 2003 (figure 2). La tortue était morte lors de sa découverte. L'observateur l'a ramassée afin de conserver la carapace (D. Forget, comm. pers.). Selon M. Forget, la tortue pesait environ 18 kg (40 livres). L'auteur a pu voir la dossière et mesurer sa longueur maximale: 43,0 cm; la dossière est aujourd'hui conservée dans sa collection personnelle. Une autre tortue serpentine mâle, capturée en mai 2000 près de Rouyn-Noranda, avait une taille comparable (figure 3). Bien qu'elle n'ait pas été mesurée sur le terrain, des photos la montrant à côté d'une pelle, pouvant être mesurée par la suite, ont permis d'évaluer sa taille à 42,9 cm. L'observateur n'avait jamais vu une aussi grosse tortue (M.-A. Harrison, comm. pers.).

Au deuxième rang figure une tortue serpentine mâle dont la longueur maximale de la dossière était de 42,2 cm. Elle a été trouvée le 17 juin 1991 dans la rivière aux Brochets, près de son embouchure dans le lac Champlain (Bonin, 1993a).

Au troisième rang, on trouve une autre tortue mâle, capturée cette fois-ci dans la rivière des Outaouais dans le comté de Kemptville, en Ontario (figure 4) (Bonin, 1993b). Cette mention est traitée ici comme une mention québécoise, car le spécimen a été capturé à environ 100 m de la frontière Ontario-Québec, laquelle se situe au centre de la rivière des Outaouais, et que son domaine vital pourrait inclure la rive du côté du Québec. La longueur maximale de la dossière de cette tortue était de 41,8 cm.

Le quatrième rang est occupé par une tortue de 40,8 cm de longueur maximale de dossière et pesant environ 15 kg (33 livres). Il s'agit d'un mâle capturé par l'auteur en compagnie d'Étienne et Mariane Lord, dans un verveux placé au marais de Kingsbury en Estrie, le 6 août 2005 (figure 5).

Deux tortues serpentines se partagent la cinquième position: la longueur maximale de leur dossière était de 40,5 cm. La première est de sexe inconnu et a été vue sur un chemin dans le parc de la Gatineau, le 10 juin 1983. La tortue a été mesurée, marquée, puis relâchée. Les données concernant cette tortue sont conservées au Musée canadien de la nature (spécimen # 78 des fiches de marquage) (McMurray, 1984). L'autre individu est un mâle capturé par l'auteur, le 5 juin 1997, au marais de Kingsbury en Estrie (figure 6). Cette tortue pesait environ 13,5 kg (30 livres).

Au sixième rang se trouve une tortue serpentine mâle, trouvée le 10 mai 2005 dans le ruisseau Jackson à Saint-Mathieu-du-Parc, en Mauricie, et recapturée dans le même secteur le 9 mai 2006. Sa dossière avait une longueur maximale de 40,2 cm et la tortue pesait 14 kg (en 2006). Un émetteur a été placé sur la tortue lors de sa première capture



Figure 2. La plus grosse tortue serpentine officiellement trouvée et mesurée au Québec avait une dossière de 43,0 cm de longueur.



Figure 3. Grosse tortue serpentine mâle, trouvée en Abitibi en 2000





**Figure 4 (à gauche).** Raymond A. Saumure tenant une grosse tortue serpentine capturée dans la rivière des Outaouais.

**Figure 5 (à droite).** Tortue serpentine de 15 kg capturée au marais de Kingsbury, en Estrie



en 2005 (figure 7). Cette tortue a été observée et capturée par une équipe de Parcs Canada (Denis Masse, Daniel Pouliot, Charles Jutras) et du ministère des Ressources naturelles et de la faune du Québec (Jean-Claude Bourgeois, Yves Robitaille, Josiane Bergeron, Jean-Yves Grenier).

En septième place se trouve un spécimen de 40 cm de longueur maximale, capturé à la réserve nationale de faune du Lac Saint-François (fleuve Saint-Laurent) en Montérégie. Le sexe de la tortue n'a pas été pris en note. Cette capture a été faite le 12 mai 2004 par Patrick Labonté (Service canadien de la faune) et Claude Daigle (ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec).

Les tortues serpentes présentées jusqu'ici avaient une dossière qui mesurait plus de 40 cm de longueur maximale. Les suivantes sont en deçà de cette longueur.

En huitième position, nous trouvons une tortue serpentine de 39,9 cm de longueur maximale de carapace. Il s'agit d'une femelle dont la dossière mesure 37,3 cm de longueur standard (D. Rodrigue, comm. pers.). Elle a été découverte morte en 2004 dans un chenal au parc des Îles-de-Boucherville, près de Montréal, par les patrouilleurs du parc (Sylvain Ménard, Robert Latulipe, Jean Sénécal). Le spécimen a été naturalisé et est conservé à l'Écomusée de Sainte-Anne-de-Bellevue.

La tortue suivante, qui se trouve au neuvième rang, a été capturée le 5 juin 2005, à la tourbière de Saint-Joachim-de-Shefford, près de la limite entre la Montérégie



et l'Estrie, par l'auteur et Isabelle Picard, dans un verveux placé expressément pour la capture de tortues. Sa dossière mesurait 39,8 cm de longueur maximale. C'était un mâle.

On trouve ensuite au dixième rang une tortue serpentine mâle mesurant 39,7 cm de longueur totale et 37,6 cm de longueur standard. Elle a été capturée par l'auteur et Jeffrey MacDonald dans la rivière Magog à Sherbrooke le 2 août 2006. Son poids était d'environ 15 kg (33 livres).

On trouve au onzième rang une tortue serpentine mâle de 39,3 cm, capturée dans la rivière aux Brochets près de son embouchure dans le lac Champlain, en 1956 (Mosimann et Bider, 1960). Il s'agissait d'un mâle. Le type de mesure de la dossière (longueur maximale ou longueur standard) n'est pas précisé dans l'article, mais en 2005,

R. Bider a confirmé à l'auteur qu'il s'agissait de la longueur maximale.

Finalement, au douzième rang figurent deux tortues serpentes ayant une carapace de 39,0 cm de longueur maximale. La première est un mâle de 38,0 cm de longueur standard. Elle a été capturée le 12 mai 2005, à l'étang Curtis en Estrie, dans le cadre d'un cours d'herpétologie donné à des étudiants en Techniques d'écologie appliquée du Cégep de Sherbrooke. La tortue a été mesurée, marquée, puis relâchée immédiatement après les manipulations. Elle a été photographiée et filmée sur vidéo. La seconde a été capturée à la réserve nationale de faune du Lac Saint-François, en Montérégie, le 14 mai 2004, par Alain Desrosiers et Denis Labonté. On ignore de quel sexe était la tortue et la longueur standard n'a pas été mesurée.



**Figure 6 (à gauche).** Un autre gros spécimen de tortue serpentine (environ 13,5 kg) trouvé au marais de Kingsbury en Estrie

**Figure 7 (à droite).** Relâche d'une grosse tortue serpentine munie d'un émetteur

Tableau 1. Les plus grosses tortues serpentine officiellement mesurées au Québec, avec détails sur la taille, le sexe et la provenance.

Rang	Longueur maximale (LM) de la dossière (cm)	Longueur standard (LS) de la dossière (cm)	Sexe	Provenance (région)
1	43,0	–	M	Outaouais
1	43,0	39,0	M	Montérégie
1	42,9	–	M	Abitibi
2	42,2	–	M	Montérégie
3	41,8	–	M	Outaouais
4	40,8	38,7	M	Estrie
5	40,5	–	?	Outaouais
5	40,5	–	M	Estrie
6	40,2	38,3	M	Mauricie
7	40,0	–	?	Montérégie
8	39,9	37,3	F	Montérégie
9	39,8	38,8	M	Montérégie
10	39,7	37,6	M	Estrie
11	39,3	–	M	Montérégie
12	39,0	38,0	M	Estrie
12	39,0	–	?	Montérégie

Nous terminerons ce décompte des plus grosses tortues serpentine du Québec avec quelques spécimens ayant 38,5 cm de longueur de dossière. Elles devraient être considérées plus grosses, car seule la longueur standard (excluant les écailles dentées à l'arrière de la dossière) a été prise. Avec la longueur maximale, ces tortues auraient peut-être atteint ou dépassé les 40 cm. Le premier spécimen est un mâle capturé le 21 mai 2004 à Breckenridge, en Outaouais. Cette tortue a été marquée puis relâchée; elle a été revue à quelques reprises durant l'été. Elle a été trouvée par l'auteur et des collègues de travail, dans le cadre d'un projet réalisé pour le ministère des Transports du Québec. Le 11 juin 2005, Isabelle Picard et Mario Charrette, dans le cadre d'une activité de sensibilisation réalisée au parc national de Plaisance, en Outaouais, ont capturé une tortue serpentine mâle ayant une dossière de 38,5 cm de longueur standard. Elle a été prise dans un verveux appâté, et relâchée aussitôt.

Les autres tortues serpentine mesurées au Québec, capturées par des collègues et l'auteur ou rapportées dans les articles et les rapports, ont toutes une dossière de 39,0 cm et moins de longueur maximale.

## Conclusion

À la lumière des résultats obtenus, il semble que les tortues serpentine de 43,0 cm de longueur maximale de dossière soient les plus grosses au Québec. Il s'avère que toutes les tortues mesurées et sexées, de 38,5 cm et plus de longueur de

carapace, sont des mâles, sauf une. Il n'est pas à exclure que des tortues de taille semblable ou plus grosses aient pu être mesurées au Québec et que ces données soient introuvables. À cet effet, l'auteur serait fort reconnaissant à tous ceux et celles qui pourraient l'informer de ce type de données. Étant donné le nombre peu élevé de tortues serpentine qui ont été mesurées au Québec, il apparaît fort probable que des tortues plus grosses ou de taille comparable à celles présentées dans le présent article soient trouvées dans les prochaines années, surtout si les gens s'attardent à mesurer plus de tortues. Le fait que plusieurs grosses tortues aient été trouvées en 2005 ou peu avant, soit depuis que l'auteur a demandé à des collaborateurs et des collègues d'y être attentifs, prouve que des recherches plus intensives et une prise de données rigoureuse aboutiraient à d'autres découvertes.

Les photographies sont importantes pour confirmer l'identification des tortues, mais non leur taille précise. Après l'examen de plusieurs photographies de tortues, l'auteur en a déduit qu'il y était presque toujours impossible de déduire de façon précise la taille des spécimens. Il existe trop de variables pouvant modifier les perceptions, comme la distance du sujet par rapport à l'objectif de l'appareil photo et aux autres objets sur la photo. Il faut donc mesurer les tortues si l'on veut pouvoir les comparer entre elles, et idéalement il faudrait, dans le cas des tortues serpentine, mesurer la dossière des deux manières: en incluant et en excluant les écailles marginales postérieures. Cela permettrait de pouvoir comparer

les résultats entre études. Si une seule mesure est prise – longueur standard (LS) ou longueur maximale (LM) –, il faut absolument préciser de laquelle il s'agit. Ces règles de base devraient être utilisées de façon standardisée, au plus grand profit des connaissances sur nos tortues. On ne peut déduire de façon précise la longueur maximale de la dossière à partir de la longueur standard, et vice-versa. L'utilisation d'un vernier forestier gradué s'avère utile pour mesurer précisément la longueur de la carapace des grandes tortues.

Finalement, il importe de préciser qu'il faut être très prudent lorsque l'on manipule des tortues serpentine; ces animaux sont souvent agressifs et leur bec crochu peut infliger de graves morsures. À moins d'être certain de bien manipuler ces tortues, on devrait s'en abstenir.

### Remerciements

L'auteur tient à remercier Raymond A. Saumure, Francis R. Cook, David Rodrigue, Daniel Pouliot, Isabelle Picard et Roger Bider pour les renseignements et les commentaires obtenus lors de la recherche d'information. Le texte a bénéficié des commentaires de Daniel Pouliot, David Rodrigue et Mathieu Ouellette. L'auteur remercie également Daniel Forget, Sophie Rossard, Nicolas Forget, Denis Henri Sylvain Giguère, Patrick Labonté, Claude Daigle, Charles Jutras et Marc-André Harrison pour les renseignements, les spécimens ou les photographies concernant les grosses tortues serpentine trouvées au Québec. ◀

### Références

- BEHLER, J.L. and F.W. KING, 1996. National Audubon Society field guide to North American reptiles & amphibians. Alfred A. Knopf, New York, 743 p.
- BIDER, J.R. et S. MATTE, 1994. Atlas des amphibiens et des reptiles du Québec. Société d'histoire naturelle de la vallée du Saint-Laurent et ministère de l'Environnement et de la Faune, Québec, 106 p.
- BONIN, J., 1993a. Inventaire herpétologique en Montérégie, région de la baie Missisquoi. Société d'histoire naturelle de la vallée du Saint-Laurent. Rapport réalisé pour le ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche du Québec et le ministère de l'Environnement du Québec, 62 p.
- BONIN, J., 1993b. Recherche de la tortue-molle à épines dans les régions de: îles Finlay – Hennessys Bay – Malloy Bay, Bellows Bay et Chalk Bay sur la rivière des Outaouais. Rapport présenté aux World Wildlife Fund Canada, ministère de l'Environnement du Québec et ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche du Québec. 17 p.
- CONANT, R. and J.T. COLLINS, 1998. A field guide to reptiles and amphibians of Eastern and Central North America, 3<sup>rd</sup> edition. Houghton Mifflin Company, New York, 616 p.
- DESROCHES, J.-F. et D. RODRIGUE, 2004. Amphibiens et reptiles du Québec et des Maritimes. Éditions Michel Quintin, Waterloo, Québec, 288 p.
- GERHOLDT, J.E. and B. OLDFIELD, 1987. *Chelydra serpentina serpentina* (Common Snapping Turtle). Size. Herpetological Review, 18: 73.
- MCMURRAY, I.T., 1984. A herpetofaunal study of Gatineau Park. Rapport technique, volume 1, pp: 57-58.
- MOSIMANN, J.E. and J. R. BIDER, 1960. Variation, sexual dimorphism, and maturity in a Québec population of the Common Snapping Turtle, *Chelydra serpentina*. Canadian Journal of Zoology, 38: 19-38.
- SAUMURE, R. A., 1992. *Clemmys insculpta* (Wood Turtle). Size. Herpetological Review, 23: 116.
- SCHUELER, F.W., 1976. Canadian ranges of Snapping Turtle and Garter Snake inferred from place names. Blue Jay, 34: 18-25.
- SMITH, H.M. et E.D. BRODIE, Jr. 1992. Guide des reptiles de l'Amérique du Nord. Éditions Broquet inc., La Prairie, Québec, 246 p.

**Dr MICHEL COUVRETTE**  
Chirurgien-dentiste

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

sur rendez-vous  
seulement  
274-2373



**PRO  
FAUNE**

- 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](http://www.profaune.com) sans frais : 1-800-561-3898 courriel : [info@profaune.com](mailto:info@profaune.com)



# Capture d'un blaireau (*Taxidea taxus*) au Québec

Nathalie Bourbonnais

## Résumé

Un blaireau d'Amérique (*Taxidea taxus*) a été capturé dans la région de Sept-Îles, en 1995. Or, le blaireau d'Amérique que l'on trouve dans le centre et le sud-ouest du continent ainsi qu'en Colombie-Britannique et dans le sud-ouest de l'Ontario, n'est pas présent au Québec. Animal fouisseur, il fréquente les territoires ouverts et n'occupe que peu ou pas les forêts.

Les analyses effectuées sur le spécimen révèlent que cet animal était de sexe mâle et âgé d'au moins un an et demi. Il appartiendrait vraisemblablement à la sous-espèce *Taxidea taxus jeffersonii* en raison de la coloration de son pelage et des valeurs des mesures morphométriques et crâniennes obtenues. Selon le contenu du système digestif, l'animal se serait nourri

en nature dans les jours précédant sa capture puisque les restes observés provenaient de différentes espèces animales sauvages.

D'après les données recueillies et compte tenu de la localisation de la capture, la présence inusitée de cet animal dans la région pourrait s'expliquer par le fait que ce blaireau a pu être l'animal de compagnie d'un Américain fréquentant la rivière Moisie.

## Introduction

En octobre 1995, un blaireau a été capturé par un trappeur sur le territoire du Camp de pêche de la rivière Moisie inc. (700 897 mE., 5 573 420 mN. NAD 1983), à environ 30 km à l'est de Sept-Îles (figure 1). Cette découverte a

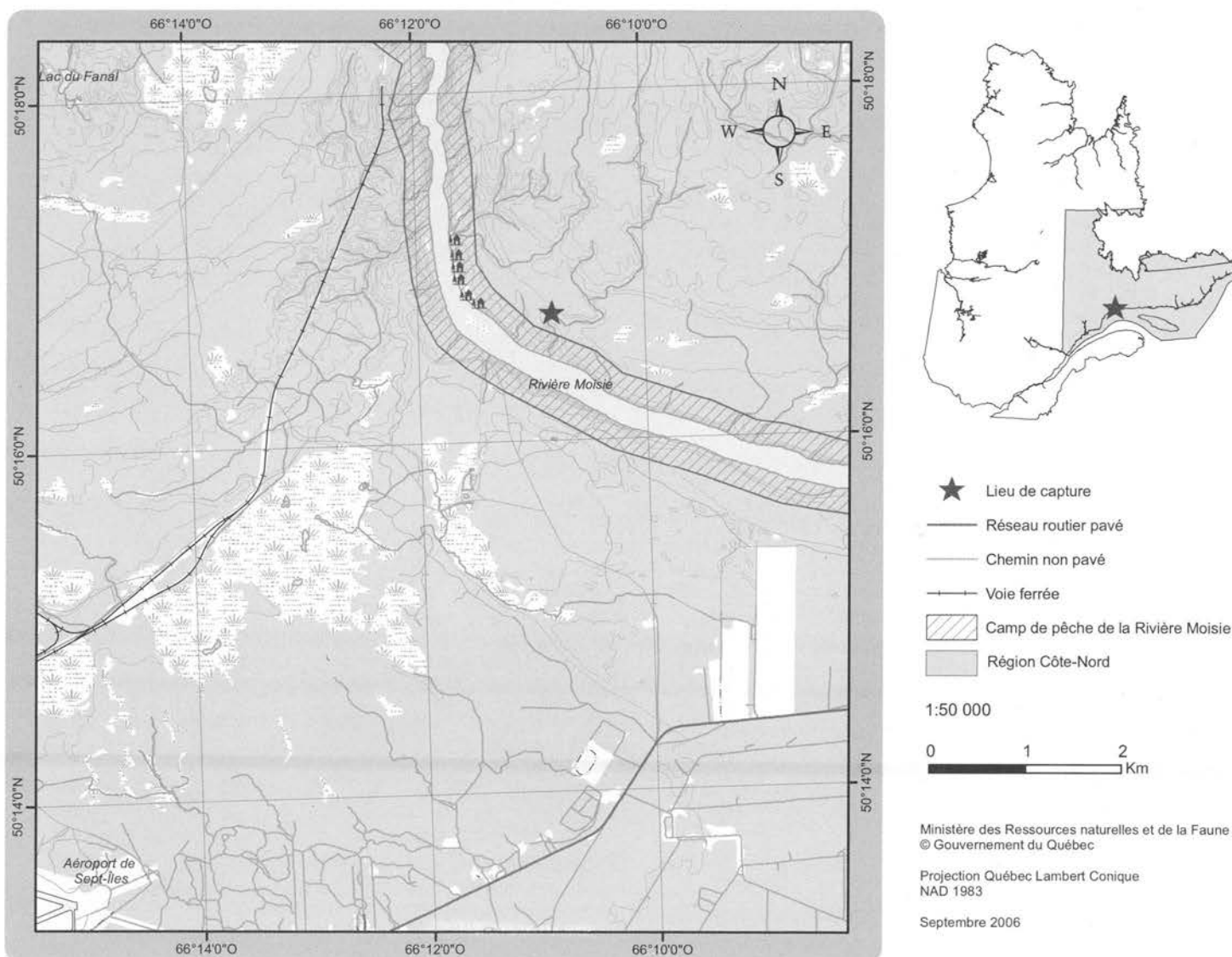


Figure 1. Lieu de capture du blaireau capturé dans la région de Sept-Îles, en 1995

de quoi surprendre, car cette espèce n'a jamais occupé, même historiquement, le territoire québécois et ne fréquente pas d'habitude les habitats forestiers. La carcasse de l'animal a été remise par le trappeur au bureau du ministère des Ressources naturelles et de la Faune de Sept-Îles, qui l'a fait naturaliser. Le spécimen monté, ainsi que son crâne, est désormais conservé au Centre de formation des agents de protection de la faune de Duchesnay, situé au nord de Québec. La carcasse dépiautée a été analysée par la Direction de l'aménagement de la faune de la région de la Côte-Nord pour expertise. Le présent article décrit les résultats de cet examen qui a eu lieu quelques années après l'évènement.

## Biologie

Le blaireau est une espèce très répandue dans le monde. On le trouve aussi bien en Afrique, en Eurasie qu'en Amérique du Nord. Sur ce dernier continent, il occupe une vaste région dans le centre et le sud-ouest de ce territoire (figure 2; Hall et Kelson, 1959). Au Canada, on le trouve surtout en Alberta et en Saskatchewan, dans le sud-est de la Colombie-Britannique, le sud-ouest du Manitoba et le sud-est de l'Ontario (Banfield, 1977). Aux États-Unis, il est très répandu dans l'ouest et le centre du pays. À l'est, sa distribution ne va guère au-delà des limites des États de la région des Grands Lacs (Wisconsin, Michigan, Ohio, Illinois et Indiana; Hall et Kelson, 1959).

Le blaireau d'Europe (*Meles meles*) se distingue du blaireau d'Amérique (*Taxidea taxus*) par la coloration de sa tête. Le blaireau d'Europe a une tête blanche, marquée par deux bandes noires qui s'étendent du museau jusqu'à l'arrière des oreilles et qui traversent les yeux. Le blaireau d'Amérique, de son côté, a une tête quasiment toute noire, avec une ligne médiane blanche qui peut s'étendre du bout du museau jusqu'au milieu des épaules chez les populations nordiques ou jusqu'au croupion chez les populations du sud (Shefferly, 1999).

Il existe quatre sous-espèces de blaireau d'Amérique qui se distinguent l'une de l'autre par la coloration du pelage et les mesures crâniennes: *Taxidea t. jeffersonii*, *Taxidea t. taxus*, *Taxidea t. berlandieri* et *Taxidea t. jacksoni* (figure 2). La sous-espèce *berlandieri* est caractérisée par une ligne blanche médiane qui s'étend jusqu'à la queue. La sous-espèce *Taxidea t. taxus* présente un pelage blanchâtre, tandis que la sous-espèce *jeffersonii* présente une fourrure dorsale rougeâtre-brun mélangée de poils noirs et gris. La sous-espèce *jacksoni*, quoique présentant une physionomie similaire à la sous-espèce *taxus*, s'en distingue par une fourrure plus foncée, presque noire (Long et Killingley, 1983).

Nathalie Bourbonnais est biologiste à l'emploi du ministère des Ressources naturelles et de la Faune, secteur Faune Québec, Direction de l'aménagement de la faune de la Côte-Nord.

Pour joindre l'auteur:  
nathalie.bourbonnais@fapaq.gouv.qc.ca

Le blaireau est un animal trapu au corps plutôt aplati, qui appartient à la famille des mustélidés. Il vit habituellement dans les plaines découvertes, les champs cultivés et les territoires aménagés. Il fréquente peu ou pas les forêts. Il a tendance à hiberner. Au Canada, il le fait régulièrement de novembre à avril tandis qu'au sud, il ne se terre que quelques semaines lors des temps très froids (Banfield, 1977). À cet effet, il accumule de grandes quantités de gras corporel au cours de l'été et de l'automne (Andrews, 1983).

L'alimentation du blaireau est constituée principalement de spermophiles, de chiens de prairies, de rats kangourous ainsi que de rongeurs de petite taille. C'est un adversaire puissant et un fouisseur rapide qui a relativement peu d'ennemis outre l'homme (Banfield, 1977).



Figure 2. Répartition du blaireau d'Amérique en Amérique du Nord (tiré de Newhouse et Kinley 2000)

## Résultats et discussion

### Physionomie générale

L'animal capturé dans la région de Sept-Îles présentait une ligne blanche médiane du bout du museau jusqu'à la base du cou, ainsi que des taches blanches sur les joues (figure 3). Son pelage était rougeâtre avec des poils noirs et blancs. Il s'agit donc, sans aucun doute, d'un blaireau d'Amérique (*Taxidea taxus*), qui pourrait donc appartenir à la sous-espèce *Taxidea t. jeffersonii*.

### Analyse du spécimen

Le poids de la carcasse était de 5 kg. Si l'on considère qu'une fourrure de blaireau pèse en moyenne 2 kg, l'animal capturé dans la région de Sept-Îles, en 1995, aurait donc un poids d'environ 7 kg, ce qui recoupe les poids généralement reconnus pour ces animaux en Amérique du Nord, soit entre 4 et 14 kg.



Un blaireau près de son terrier

Il était de petite taille puisqu'il ne mesurait que 54,5 cm sans la queue. Les dimensions habituellement observées varient entre 52,0 et 88,9 cm sans la queue. La musculature était bien développée et des dépôts de gras ont été observés sur le cou et le dos.

Les mesures morphométriques et les mesures crâniennes effectuées sur le spécimen (tableau 1), tout comme la couleur du pelage, associent le blaireau de Sept-Îles à la sous-espèce *Taxidea t. jeffersonii* plutôt qu'aux autres sous-espèces (Long et Killingley, 1983). Aucune analyse d'identification génétique n'a été faite.

L'examen des organes externes du spécimen a révélé qu'il s'agissait d'un mâle mature sur le plan sexuel. L'os pénien pesait 6 g et mesurait 95 mm de long, les testicules étaient sortis de l'abdomen et les deux glandes anales situées à la base de la queue étaient bien développées. Chez les blaireaux, la maturité sexuelle des mâles survient vers l'âge de un an (Long et Killingley, 1983).

Il a été impossible d'effectuer une analyse poussée de la dentition (ex. décompte des anneaux de cément) puis-

que le crâne devait être conservé intact. La formule dentaire était de : 3 - 3 incisives, 1 - 1 canines, 3 - 3 prémolaires et 1 - 2 prémolaires, ce qui correspond à celle des adultes (Messick, 1987). Les canines étaient usées et avaient une forme plutôt arrondie.

Le crâne présentait une crête sagittale bien développée et les os étaient bien soudés (figure 4), ce qui confirme que le spécimen était adulte.

### Analyse du tractus digestif

L'analyse des contenus stomacal et intestinal a été effectuée dans le but de déterminer si l'animal avait été nourri artificiellement ou s'il se nourrissait seul. Lors des analyses, une grande quantité de restes divers ont été observés. Il y en avait autant dans l'estomac que dans les intestins. Il y avait notamment beaucoup de poils noirs, de plumes, de queues, de griffes et de petits os, provenant entre autres d'oiseaux et de micromammifères.

Au niveau de l'intestin, les restes trouvés étaient plus digérés, ce qui a rendu leur identification plus difficile.



Figure 3a. Blaireau de Sept-Îles : vue de face



Figure 3b. Blaireau de Sept-Îles : vue latérale





Figure 4. Crâne et baculum du blaireau de Sept-Îles

Tableau 1 : Résultats des mesures morphométriques et des mesures crâniennes effectuées sur la carcasse du blaireau d'Amérique capturé dans la région de Sept-Îles en 1995

Caractères	Mesures
Longueur de la patte arrière gauche : ▪ du pied jusqu'à l'épaule ▪ du pied jusqu'au genou	250,0 mm 185,0 mm
Longueur de la patte avant gauche : ▪ du pied jusqu'à l'épaule ▪ du pied jusqu'au genou	262,0 mm 173,0 mm
Poids des testicules : ▪ gauche ▪ droit	9,3 g 11,1 g
Dimensions des testicules : ▪ gauche ▪ droit	31,0 mm de large, 38,0 mm de long 44,5 mm de large, 29,0 mm de long
Poids du baculum Longueur du baculum	6,0 g 95,0 mm
Largeur entre les oreilles Largeur entre les yeux	52,0 mm 29,0 mm
Mesures crâniennes : ▪ Longueur condylobasale (crâne) ▪ Longueur palatale ▪ Distance zygomatique ▪ Distance post-orbitale ▪ Longueur de la rangée de dents maxillaires ▪ Longueur de la première molaire ▪ Hauteur du crâne	122,3 mm 66,2 mm 86,9 mm 31,8 mm 45,1 mm 11,6 mm 46,4 mm

Cependant, il a été possible, grâce à la présence de mâchoires et de dents, de confirmer que des campagnols des champs avaient été mangés par le blaireau. Des oiseaux ont aussi été ingérés. Il s'agissait vraisemblablement de perdrix en raison des plumes et des coussinets des pattes trouvés.

Il semble donc que le blaireau se soit nourri en nature dans les jours précédant sa capture. La quantité de restes observés dans le système digestif laisse à penser que la nourriture était abondante. En effet, comme la digestion de la nourriture chez le blaireau s'effectue généralement entre huit et neuf heures (Harlow, 1981), l'observation de restes, autant dans l'estomac que dans les intestins, suggère une bonne disponibilité de nourriture.

### Provenance de l'animal

La provenance du blaireau de Sept-Îles relève de l'énigme la plus totale. Le zoo le plus près, celui de Saint-Félicien, a effectivement perdu un blaireau en 1988, mais compte tenu de la distance qui sépare cette institution du lieu de capture de l'animal, il semble peu probable qu'il s'agisse du même animal. De plus, l'animal capturé était âgé de un à 2 ans. Il ne proviendrait pas non plus d'un détenteur de permis de garde en captivité ou d'un centre d'observation de la faune puisque la garde en captivité d'un tel animal n'est pas permise au Québec. Dans les faits, aucun des individus connus sur la Côte-Nord comme éleveurs ou propriétaires d'animaux sauvages n'avait de blaireaux en captivité. Une autre possibilité serait que le blaireau ait voyagé par inadvertance sur un navire venant de la région des Grands Lacs et qu'il ait regagné la terre ferme, par ses propres moyens ou non, lors d'une escale au port de Sept-Îles. Si tel avait été le cas, l'animal aurait alors eu les caractéristiques de la sous-espèce *Taxus t. jacksoni*, commune dans cette partie des États-Unis, plutôt que de celle de *Taxus t. jeffersonii*.

Le blaireau trouvé à proximité de Sept-Îles pourrait aussi être, selon l'hypothèse la plus plausible, un animal de compagnie abandonné par ses propriétaires ou qui leur aurait faussé compagnie. Cette hypothèse est supportée par le fait que l'animal a été capturé à proximité du territoire du Camp de pêche de la Rivière Moisie, qui accueille des Américains, surtout au printemps pour la pêche au saumon. Il semble que les blaireaux puissent

être facilement élevés en captivité (Banfield, 1977) même s'ils ont la réputation, à l'état naturel, d'être des prédateurs vicieux et agressifs.

Un animal correspondant à la description d'un blaireau a été vu au printemps 1995 aux abords de l'aéroport de Sept-Îles (figure 1). Bien que la distance à parcourir ne soit pas infranchissable pour un animal de la taille d'un blaireau, ce parcours aurait forcé l'animal à traverser la rivière Moisie. Aussi, considérant que le blaireau peut être confondu, selon les conditions d'observation, avec un ourson, un porc-épic, une marmotte ou un carcajou, cette mention doit être considérée avec circonspection.

### Conclusion

Le blaireau trouvé à proximité de Sept-Îles relève plus, à ce stade-ci de nos investigations, de l'anecdote que d'un cas sérieux d'expansion d'aire de distribution. L'aventure de ce blaireau nous aura toutefois permis de constater que la survie de cette espèce est possible en forêt boréale, dans des conditions très différentes de son habitat usuel. Cette espèce pourrait donc éventuellement étendre son aire de répartition plus à l'est, en commençant par des endroits plus hospitaliers comme le sud de l'Ontario et du Québec et les États de la Nouvelle-Angleterre.

### Remerciements

Nous remercions la Direction de la protection de la faune, plus particulièrement la Direction de la formation, de l'éducation et du développement, pour nous avoir remis la carcasse du blaireau et pour les photographies du spécimen

naturalisé, conservé au Centre de formation des agents de la protection de la faune de Duchesnay.

Nous tenons également à souligner le travail de Monique Godin, technicienne de la faune à la direction de l'aménagement de la faune de la Côte-Nord pour son aide lors de l'analyse du spécimen.

Finalement, nous saluons la contribution d'Hélène Jolicœur, de la Direction du développement de la faune, sans qui la présente publication n'existerait pas. ◀

### Références

- ANDREWS, R.D. 1983. Badger (*Taxidea taxus*). Pages 158-162 in E.F. Deems Jr. and D. Pursley, (éds.). North american furbearers. A contemporary reference. Worldwide Furbearer Conference Inc.
- BANFIELD, A.W.F. 1977. Les mammifères du Canada. Les Presses de l'Université Laval et University of Toronto Press. 406 p.
- HALL, E.R. and K.R. KELSON. 1959. The mammals of North America, volume II. The Ronald Press Company, New York. 1162 p.
- HARLOW, J.H. 1981. Effect of fasting on rate of food passage and assimilation efficiency in badgers. *J. Mammal.*, 62: 173-177.
- LONG, C.A. and C.A. KILLINGLEY. 1983. The badgers of the world. Charles C. Thomas Publ., Springfield, Ill. 404 p.
- MESSICK, J.P. 1987. North American badger. Pages 587-597 in M. Novak, J.A. Baker, M.E. Obbard and B. Malloch (éds.). Wild furbearer management and conservation in North America. Ministry of Natural Resources, Ontario.
- NEWHOUSE, N.J. and T.A. KINLEY. 2000. Update: COSEWIC status report on American badger (*Taxidea taxus*). Committee on the Status of Endangered Wildlife in Canada. Ottawa. Ontario. Canada.
- SHEFFERLY, N. 1999. *Taxidea taxus*. (On-line). Animal Diversity Web. Accessed September 15, 2006, at [http://animaldiversity.ummz.umich.edu/site/acppimts/information/Taxidea taxus.html](http://animaldiversity.ummz.umich.edu/site/acppimts/information/Taxidea%20taxus.html).



**INDUSTRIELLE ALLIANCE**  
VALEURS MOBILIERES INC.

Gervais Comeau  
Conseiller en placement

www.inalco.com

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

**Marc-André Touzin, II.B**  
Notaire et conseiller juridique



2059, de la Canardière  
Bureau 4, Québec, Qc  
G1J 2E7

Fax: (418) 661-2819      Tél.: (418) 661-7919

# L'analyse de l'ADN sans manipulation des animaux: un outil incontournable pour la gestion et la conservation des espèces rares ou élusives

Julien Mainguy et Louis Bernatchez

## Résumé

Nos connaissances sur certaines espèces animales rares ou difficilement observables demeurent limitées par la difficulté de les étudier en milieu naturel. Or, un nombre croissant d'études ont récemment fait appel à l'écologie moléculaire pour contourner cette difficulté en examinant l'ADN laissé dans les poils et les fèces, permettant d'obtenir des informations utiles sur la biologie de l'espèce cible. Cette approche, dite non invasive puisqu'elle ne nécessite pas la capture d'animaux, permet, entre autres, d'estimer la taille de la population étudiée, de déterminer le rapport des sexes et le degré de parenté des individus qui la composent, en plus de comporter des applications légales. Malgré certaines limitations, notamment sur le plan des analyses au laboratoire, l'approche génétique non invasive constitue un outil de recherche fort intéressant en écologie. Ici, nous décrivons les étapes menant à la réalisation d'un projet basé sur cette approche et discutons de ses avantages et de ses inconvénients, le tout appuyé par des exemples d'études récentes. Somme toute, l'approche génétique non invasive est appelée à jouer un rôle grandissant dans la gestion et la conservation de la faune, notamment en raison des nombreux développements techniques et analytiques qui en augmentent constamment la puissance tout en simplifiant l'utilisation.

## Introduction

Bien qu'il s'agisse d'un objectif crucial en gestion et conservation de la faune, déterminer l'abondance d'une espèce sur un territoire donné n'en demeure pas moins un défi de taille pour les biologistes. Pour y parvenir, les chercheurs ont souvent recours à des techniques bien établies telles que les inventaires aériens (p. ex. Courtois *et al.*, 2003) ou, moins fréquemment, au marquage et suivi à long terme d'individus (p. ex. Côté et Festa-Bianchet, 2005). Cette dernière méthode permet d'ailleurs d'obtenir des renseignements plus détaillés, par exemple le rapport des sexes dans la population. Néanmoins, ce type d'approche peut parfois avoir des effets négatifs en causant un stress lors de la capture (DeNicola et Swihart, 1997). Ainsi, pour certaines espèces, les techniques d'inventaire peuvent ne pas convenir de sorte que nos connaissances s'en trouvent limitées. C'est le cas, notamment, d'espèces difficilement observables (éluives), rares ou encore dangereuses à manipuler. D'autres techniques permettent d'estimer la taille d'une population chez ces espèces,

par exemple le décompte d'empreintes de pattes (Smallwood et Fitzhugh, 1995). Cependant, la faible capacité à distinguer les différents individus trouvés dans la population par ce type de méthode fournit des estimations d'abondance souvent très approximatives.

En revanche, particulièrement chez les mammifères, les poils et les fèces laissés par les individus constituent des indices qui peuvent servir à estimer la taille d'une population sur un territoire donné. En effet, ces « sources d'information » contiennent une signature génétique (ADN) pouvant maintenant être décodée par des techniques moléculaires modernes, ce qui permet l'assignation d'un échantillon de poils ou de fèces à un individu. Ainsi, une estimation d'abondance précise peut être obtenue par un décompte d'empreintes génétiques individuelles (p. ex. Ernest *et al.*, 2000). Cette approche possède l'avantage que de telles empreintes sont obtenues sans avoir recours à la capture d'animaux (technique non invasive). De plus, elles peuvent fournir des renseignements allant bien au-delà de la simple estimation de la taille d'une population (Kohn et Wayne, 1997; Piggott et Taylor, 2003; Waits et Paetkau, 2005). Ces empreintes permettent de déterminer notamment le sexe de chaque individu, son utilisation de l'espace, de même que les liens de parenté entre les individus.

Nous désirons ici faire une synthèse des aspects à considérer pour la réalisation réussie d'un projet basé sur l'approche génétique non invasive, en plus de fournir de l'information sur les applications qu'offre cette technique pour la gestion et la conservation de la faune. Pour ce faire, nous décrivons les étapes de cette méthode ainsi que les développements techniques permettant d'en améliorer le succès, en appuyant le tout par des exemples d'études récentes. Une définition simple des termes propres à l'écologie moléculaire est fournie au lexique de l'encadré 1.

Julien Mainguy est étudiant au doctorat au Département de biologie et au Centre d'études nordiques de l'Université Laval.

julien.mainguy.1@ulaval.ca

Louis Bernatchez est professeur de biologie à l'Université Laval et titulaire de la chaire de recherche du Canada en génomique et conservation des ressources aquatiques.



### Encadré 1. Lexique

**ADN microsatellite :** Séquences de deux à cinq nucléotides répétés en tandem (par exemple  $[GT]_n$ ) et trouvés dans l'ensemble du génome. Les allèles à un locus microsatellite diffèrent en longueur selon le nombre de répétitions. Par exemple, l'allèle « 100 » peut être composé de 50 répétitions du dinucléotide  $[GT]$  et l'allèle « 102 » d'une répétition supplémentaire.

**ADN mitochondrial :** ADN trouvé dans les mitochondries (organites cellulaires), présent en plusieurs centaines ou plusieurs milliers de copies identiques dans chaque cellule et transmis uniquement par la mère (haploïde, un seul type par individu).

**Allèle :** Une des formes possibles d'un segment d'ADN à un locus donné. Chez les organismes diploïdes tels que les mammifères, deux allèles sont présents à un locus donné, soit un allèle par chromosome homologue.

**Génome :** Ensemble du matériel génétique d'un individu.

**Génotypage :** Caractérisation génétique des allèles trouvés à un ou plusieurs loci (multilocus) chez un individu, décrivant ainsi son génotype (empreinte génétique).

**Locus (pluriel : loci) :** Emplacement d'un segment d'ADN sur un chromosome.

**Marqueur génétique :** Type d'ADN (p. ex. microsatellite, mitochondrial) utilisé pour la caractérisation génétique individuelle.

**Nucléotide :** Unité structurale de base de l'ADN. Un segment d'ADN est constitué d'une séquence de nucléotides. Il existe quatre nucléotides (ou bases azotées) dans la constitution de l'ADN : adénine (A), cytosine (C), guanine (G) et thymine (T).

**Taq polymérase :** Enzyme provenant d'une bactérie thermophile (*Thermus aquaticus*) et servant à dupliquer l'ADN lors de la réaction en chaîne par polymérase (PCR).

### D'où provient l'ADN des fèces et des poils ?

Lors du passage de la nourriture dans l'intestin, des cellules épithéliales se détachent de la paroi intestinale et s'agglutinent à la surface des résidus avant qu'ils ne soient éjectés. C'est donc l'ADN provenant de ces cellules qui sert à déterminer l'empreinte génétique d'un individu à partir des fèces. Dans le cas des poils, l'ADN provient des cellules logées dans leur racine (follicule). Un poil coupé ou tombé de lui-même, c'est-à-dire sans que le follicule pileux ait été arraché, contiendra par conséquent peu ou pas d'ADN (Morin *et al.*, 2001). Même récoltés dans des conditions idéales, les échantillons de poils fournissent généralement une très petite quantité d'ADN, quelques picogrammes (Taberlet *et al.*, 1996; Morin *et al.*, 2001). La faible quantité d'ADN représente une contrainte importante dont nous discuterons dans les sections portant sur les analyses génétiques.

### La récolte des échantillons

La collecte d'échantillons diffère quelque peu entre les deux types (poils et fèces) de source d'ADN. Pour les fèces, une équipe patrouille généralement dans un secteur défini à intervalles réguliers et prélève un échantillon sur les défécations trouvées, en évitant la contamination entre les échantillons. Si possible, le lieu de récolte peut être enregistré à l'aide d'un appareil GPS (*Global Positioning System*) pour des analyses spatiales ultérieures. Selon l'étendue du terri-

toire à couvrir, il peut être difficile de rassembler un nombre d'échantillons suffisant pour une estimation fiable de la population étudiée. Un projet de recherche récent sur l'ours brun (*Ursus arctos*) en Suède a cependant démontré l'utilité de faire appel à des associations de chasseurs locales pour pallier ce problème (Bellemain *et al.*, 2005). Il est par contre bon de rappeler que la manipulation de fèces peut parfois comporter des risques pour la santé humaine. À titre d'exemple, les fèces de loup (*Canis lupus*) sont souvent infectées par des vers cestodes (*Echinococcus* spp.; Craig et Craig, 2005), des parasites pouvant être transmis à l'humain. Ainsi, des précautions supplémentaires peuvent être requises en fonction de l'espèce étudiée.

La récolte de poils requiert l'installation d'un dispositif permettant d'arracher quelques poils à l'animal. Pour ce faire, les chercheurs utilisent généralement des « pièges à poils », lesquels sont constitués de fils barbelés entourant des leurs olfactifs qui attirent les animaux près du dispositif (encadré 2). Chez les plus petits mammifères, il est possible d'obtenir des échantillons de poils en procédant de manière similaire, soit en utilisant du matériel adhésif près du leurre (Mowat et Paetkau, 2002) ou autour de l'entrée d'une tanière (Sloane *et al.*, 2000).

La saison où se déroule la collecte influence également la qualité des échantillons, particulièrement dans le cas des fèces. Ainsi, l'hiver représente décidément la période privilégiée pour faciliter leur récolte. D'abord, les empreintes de pattes laissées par les animaux peuvent être suivies, ce qui augmente les chances de trouver des échantillons. Ensuite, la morphologie des traces permet d'éviter de récolter un échantillon provenant d'une autre espèce. Flagstad *et al.* (2004), qui ont réalisé un suivi non invasif d'une population de carcajous (*Gulo gulo*) en Norvège (encadré 3), ont récolté 89 % de leurs échantillons en suivant les traces laissées dans la neige, alors que le reste des échantillons a été récolté sur le sol nu à l'été. Lors des analyses génétiques, le succès d'amplification de l'ADN (voir les sections suivantes) a été de 75 % pour les fèces récoltées en hiver comparativement à seulement 26 % pour celles récoltées en été. Les fèces semblent donc mieux préservées durant l'hiver, probablement en raison du froid qui réduit l'activité bactériologique pouvant dégrader l'ADN. De plus, Maudet *et al.* (2004) ont démontré que, chez deux herbivores, soit le bouquetin des Alpes (*Capra ibex*) et le mouflon de Corse (*Ovis musimon*), les fèces récoltées en hiver généraient beaucoup moins d'erreurs analytiques lors de l'amplification de l'ADN.

### La préservation des échantillons

L'ADN étant sujet à la dégradation par les rayons ultraviolets et l'humidité (Lindahl, 1993), il est essentiel de préserver les échantillons récoltés de manière appropriée dans

**Encadré 2. Dispositif expérimental pour la collecte de poils chez l'ours noir**

Dans un projet réalisé en étroite collaboration avec le ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec (MRNF), Justin Roy, étudiant à la maîtrise à l'Université Laval sous la supervision de Louis Bernatchez, utilise le dispositif illustré ci-haut afin de récolter des poils d'ours noirs (*Ursus americanus*), trouvés dans les milieux agricoles et forestiers de la région de l'Outaouais, Québec. Ce type d'installation muni d'un appât olfactif et de fils barbelés a été utilisé avec succès dans l'étude d'autres populations d'ours (Boulanger *et al.*, 2004; Mowat *et al.*, 2005). L'information obtenue par génotypage individuel à partir de l'ADN, trouvé dans les poils, permettra d'estimer la taille de la population d'ours noirs fréquentant cette région, où un nombre croissant d'interactions problématiques ours importun-homme ont été rapportées au MRNF. Le degré de parenté et l'identification du genre (sexe) des ours trouvés sur ce territoire seront également étudiés, toujours à partir de l'ADN contenu dans les poils, afin de mieux comprendre le rôle de ces facteurs sur la dispersion et l'utilisation du territoire.

l'attente des analyses génétiques. La conservation des fèces dans le « DETs » (DMSO/EDTA/Tris/solution saline; Seutin *et al.*, 1991) semble la méthode la plus efficace pour préserver l'ADN (Frantzen *et al.*, 1998). Prugh *et al.* (2005), qui ont fait un suivi démographique non invasif d'une population de coyotes (*Canis latrans*) en Alaska à partir de ce type d'échantillon, ont obtenu un succès d'amplification élevé (80-90 %) de l'ADN en les conservant dans le DETs pendant trois à quatre ans au congélateur, soit 18 % de plus en moyenne que pour les échantillons ayant été uniquement congelés. Cependant, la conservation des fèces dans l'éthanol (concentration 70-95 %), un produit commun et plus économique, suivie d'une congélation à -20 °C, permet également de conserver l'ADN à long terme de façon satisfaisante, d'autant plus que l'éthanol agit comme bactéricide et prévient ainsi la dégradation de l'ADN (Frantzen *et al.*, 1998). Dans le cas des poils, Roon *et al.* (2003) recommandent de les conserver à -20 °C dans des enveloppes individuelles, elles-mêmes rangées dans des sacs étanches en plastique (type *Ziplock*), en évitant de décongeler et de recongeler les échantillons pour prévenir la création d'humidité. Les poils peuvent aussi être conservés de la même manière à la température de la pièce en ajoutant un gel dessiccatif dans le sac. Roon *et al.* (2003) soulignent cependant l'importance d'analyser les échantillons à l'intérieur d'une période de six mois afin de maximiser le succès d'amplification de l'ADN au laboratoire.

### Les analyses génétiques: les marqueurs à privilégier

L'ADN microsatellite (encadré 1) représente une catégorie de marqueurs (encadré 1) tout à fait désignée pour

les études non invasives. En effet, les marqueurs microsatellites sont très variables et ainsi, en combinant l'information génétique provenant de plusieurs loci (encadré 1), il est possible de déterminer un génotype multilocus (empreinte génétique par génotypage, encadré 1) unique à un individu (Sunnucks, 2000). De plus, un nombre sans cesse croissant de ces marqueurs est développé et rendu disponible pour une multitude d'espèces (p. ex. Faircloth *et al.*, 2005). Notamment, le journal *Molecular Ecology Notes* maintient à jour une liste exhaustive de tous les marqueurs microsatellites publiés dans ses pages (<http://tomato.bio.trinity.edu/home.html>). Parfois, ces marqueurs peuvent même être utilisés chez des espèces apparentées pour lesquelles des marqueurs n'ont pas encore été développés (p. ex. Mainguy *et al.*, 2005).

### L'extraction de l'ADN

Il existe plusieurs trousse commerciales permettant d'extraire l'ADN de façon efficace à partir de poils ou de fèces (Eggert *et al.*, 2005). Par exemple, QIAGEN est une compagnie spécialisée dans ce domaine et offre une trousse pour l'extraction d'ADN d'origine fécale (*QIAamp DNA Stool Mini Kit*), outil qui a été utilisé dans la majorité des études récentes (Flagstad *et al.*, 2004; Bellemain *et al.*, 2005; Prugh *et al.*, 2005). L'avantage principal de cette trousse tient à ce qu'elle contient un produit qui se lie aux agents pouvant inhiber l'amplification de l'ADN, donnant ainsi de meilleurs résultats lors du génotypage (Flagstad *et al.*, 2004). Un élément important à considérer, lors de l'étape de l'extraction à partir de fèces, est que l'ADN est souvent concentré sur leur surface. L'échantillon servant à l'extraction devrait donc provenir de la couche superficielle des fèces où les cellules épi-

théliales de l'intestin se trouvent en plus grandes concentrations, en particulier chez les herbivores (Wehausen *et al.*, 2004). Cependant, les excréments des carnivores contiennent également de l'ADN provenant des proies qu'ils ont consommées et ainsi, l'ADN amplifié peut parfois être contaminé par la nourriture ingérée (Piggott et Taylor, 2003). Par exemple, l'identification du sexe de l'individu (voir les sections suivantes) peut être erronée par la présence d'une proie du sexe opposé dans les fèces (Ernest *et al.*, 2000). L'utilisation de marqueurs propres à l'espèce étudiée peut cependant permettre, dans certains

cas, de bien distinguer l'animal ayant produit les fèces, évitant ainsi les erreurs d'identification (p. ex. Lucchini *et al.*, 2002; voir la section suivante). Lorsque l'extraction est faite à partir de poils, il est bon de souligner que le nombre de poils utilisés aura un effet significatif sur le nombre d'erreurs associées à l'amplification de l'ADN. À titre d'exemple, Goosens *et al.* (1998) ont démontré que l'extraction de l'ADN à partir d'un, trois ou dix poils chez la marmotte des Alpes (*Marmota marmota*) pouvait générer un taux d'erreur de génotypage de 14,0 %, 4,9 % et 0,3 % respectivement. Il s'agit donc d'un aspect important à considérer pour la détermination individuelle correcte des échantillons récoltés.

### L'échantillon prélevé provient-il bien de l'espèce étudiée ?

Une fois l'ADN extrait, il est souhaitable, selon le contexte de l'étude, de s'assurer que les échantillons analysés proviennent bel et bien de l'espèce cible et non d'une autre espèce aux fèces ou poils similaires morphologiquement. Cette assurance s'obtient grâce à l'utilisation de l'ADN mitochondrial (encadré 1) qui, par sa nature et son mode de transmission, possède une séquence d'ADN propre à une espèce, offrant ainsi un pouvoir de résolution fiable entre espèces différentes, même celles étroitement apparentées. La digestion enzymatique du segment d'ADN mitochondrial, qui génère des fragments d'ADN d'une longueur propre à chaque espèce, constitue généralement l'étape permettant de déterminer avec certitude l'appartenance d'un échantillon à une espèce. À titre d'exemple, Prugh *et al.* (2005) ont été en mesure de différencier les fèces provenant de loups de celles de coyotes, ces derniers étant l'espèce cible de leur étude, en utilisant cette méthode. Par ailleurs, un nombre croissant de marqueurs d'ADN mitochondrial ont également été déve-

### Encadré 3. Suivi non invasif de la recolonisation du carcajou en Norvège

La population de carcajous (*Gulo gulo*) trouvée au sud de la Norvège était considérée comme éteinte dans les années 1960, mais s'est rétablie peu à peu depuis ce temps. Afin de mieux comprendre l'état actuel de cette population, Flagstad *et al.* (2004) ont utilisé une approche génétique non invasive en récoltant et génotypant les fèces de carcajous. Cette étude a permis d'établir, à l'aide d'analyses de capture-marquage-recapture (CMR), que : 1) la taille de la population était plus élevée que celle estimée à partir du nombre de tanières actives répertoriées; 2) la population du nord de la Norvège contribuait à la recolonisation de celle du sud par quelques immigrants, dont certains se reproduisaient avec les individus trouvés au sud, et 3) les mâles pouvaient parcourir des distances allant jusqu'à 500 km, une distance de dispersion bien supérieure à celles rapportées dans la littérature scientifique pour cette espèce. Ces connaissances obtenues sans la capture d'un seul individu vont permettre de faire un suivi plus exhaustif de la recolonisation de cette population autrefois éteinte.



*Gulo gulo*

loppés au cours des dernières années et ont été utilisés avec succès pour différencier l'origine d'échantillons entre espèces (p. ex. Palomares *et al.*, 2002). Il est cependant important de mentionner qu'une étude pilote doit toujours être menée afin de s'assurer que les marqueurs utilisés permettent des assignations correctes quant à l'espèce (Taberlet *et al.*, 1999). Dans le cas contraire, cela peut compromettre le succès, et surtout la validité, d'une étude réalisée à partir d'échantillons de poils ou de fèces.

### L'amplification de l'ADN

La réaction en chaîne par polymérase (*polymerase chain reaction*, PCR), constitue le processus par lequel une petite quantité d'ADN est reproduite *in vitro* en milliers de copies identiques (amplification). Cette étape est indispensable afin d'obtenir une quantité d'ADN suffisante pour le génotypage d'échantillons d'origine fécale ou pileaire. Lors de cette étape, l'utilisation de sérum albumine bovine (*bovin serum albumen*, BSA), pouvant neutraliser une partie des agents inhibiteurs de la PCR, permettra d'améliorer l'amplification de l'ADN microsatellite (Flagstad *et al.*, 2004). L'usage d'une enzyme (*Taq* polymérase; encadré 1) propre aux types d'échantillons à faible nombre de copies d'ADN, tels que ceux utilisés dans les études non invasives, améliorera également le succès de cette étape (Taberlet *et al.*, 1999).

### Les erreurs de génotypage : problèmes et solutions

Malgré les améliorations techniques de préservation, d'extraction et d'amplification, le peu d'ADN contenu dans les échantillons obtenus de façon non invasive demeure une contrainte sérieuse pouvant entraîner deux problèmes majeurs (Taberlet *et al.*, 1996). D'abord, certains



allèles (encadré 1) ne seront pas amplifiés lors de la réaction en chaîne (non-amplification d'allèle, *allelic dropout*). Ensuite, de « faux » allèles (*false alleles*) pourront également apparaître lors du génotypage à cause des erreurs d'amplification. Ces deux problèmes ont pour effet de créer un faux génotype. Afin de diminuer le nombre de ces erreurs, Taberlet *et al.* (1996, 1999) ont proposé une approche multitubes qui consiste à génotyper à sept reprises un échantillon pour déterminer la présence d'un allèle à un locus spécifique. Cependant, cette approche demande beaucoup plus de temps et d'argent en raison du nombre élevé d'analyses au laboratoire. Une étude pilote est donc recommandée afin de tester le nombre de réplicats qui permet d'obtenir des génotypes fiables selon l'espèce étudiée (trois à quatre réplicats suffisent parfois : Flagstad *et al.*, 2004; Bellemain *et al.*, 2005). Cette étape est donc importante avant de passer à une étude à plus grande échelle (Taberlet *et al.*, 1999), tant pour des raisons pratiques qu'économiques. Des techniques analytiques ont également été proposées afin de déceler les erreurs de génotypage (Paetkau, 2003), permettant ainsi d'exercer un meilleur contrôle de qualité et de fiabilité des données obtenues au cours de l'étude. Paetkau (2003) souligne d'ailleurs l'importance de la formation du personnel comme mesure d'atténuation des erreurs causées par la contamination croisée des échantillons, l'assignation incorrecte des allèles lors du génotypage, ou encore par des erreurs de compilation lors du transfert des données génétiques entre logiciels.

#### Encadré 4. Effets potentiels des erreurs de génotypage sur l'estimation d'abondance d'une population de loup gris



Une étude récente sur le loup gris (*Canis lupus*) par Creel *et al.* (2003) dans le parc national de Yellowstone, aux États-Unis, a bien démontré l'importance de tenir compte de l'impact des erreurs de génotypage de l'ADN sur l'estimation de la taille d'une population. L'intérêt de cette étude réside dans le fait que l'effectif de cette population était connu (40 individus), ce qui permettait de tester la validité de l'estimation obtenue à partir des échantillons fécaux. Pour ce faire, les auteurs ont utilisé 13 marqueurs génétiques afin de déterminer le nombre d'individus à l'origine de 227

échantillons récoltés dans le parc. L'utilisation de la totalité des marqueurs a causé l'identification d'un nombre élevé de « faux » individus (voir le texte pour des explications), créant une estimation d'abondance 5,5 fois supérieure à la taille réelle de la population. Ces chercheurs ont par la suite démontré que la réduction du nombre de marqueurs utilisés diminuait grandement l'erreur sur l'estimation de la taille de la population en abaissant le risque d'erreur de génotypage, supportant l'idée qu'un nombre minimal de marqueurs doit être utilisé (Waits et Leberg, 2000; Waits *et al.*, 2001). De plus, les chercheurs ont proposé une approche « par appariement » afin d'obtenir de meilleures estimations. Cette méthode consiste à établir un niveau de confiance d'assignation d'un génotype à un individu à partir d'un sous-échantillon de fèces pour lesquelles l'assignation individuelle était connue, tout en tenant compte de la possibilité d'erreurs de génotypage. Cette approche a permis d'estimer la population à 39 individus, soit à un individu près de la taille réelle, démontrant que l'approche non invasive peut fournir une estimation fiable.

#### Combien de marqueurs microsatellites utiliser ?

Le nombre de marqueurs à utiliser pour génotyper un individu – et le distinguer d'un autre avec un niveau élevé de confiance – doit être pris en compte lors de la planification d'une étude non invasive. La combinaison des marqueurs utilisés doit permettre d'éviter de confondre des individus, particulièrement ceux qui sont apparentés et qui ont donc plus de chances de partager un génotype similaire (Waits *et al.*, 2001). Cependant, comme il y a généralement plus d'erreurs de génotypage par locus avec des échantillons obtenus de façon non invasive, l'augmentation du nombre de marqueurs étudiés peut également conduire à créer de « faux » individus (Mills *et al.*, 2000). Cela se produit lorsque deux échantillons provenant d'un même individu sont assignés à des individus différents, ce qui surestime la taille de la population à l'étude (Waits et Leberg, 2000; encadré 4). Le degré de variabilité des marqueurs utilisés (hétérozygotie) doit donc être pris en compte, car plus les marqueurs sont variables (nombre élevé d'allèles par locus), moins il est nécessaire d'en utiliser un grand nombre. En général, cinq à sept marqueurs microsatellites très variables, comportant au moins dix allèles différents chacun, suffisent pour distinguer les génotypes provenant de deux individus (Paetkau, 2003). En fait, il existe des tests statistiques qui permettent de déterminer si deux échantillons aux génotypes similaires proviennent d'un même individu ou non, à partir de la probabilité d'identité (p. ex. le test

$P_{(ID)}$ ; Waits *et al.*, 2001) et du nombre de marqueurs utilisés. Ce test statistique doit être utilisé de façon plus conservatrice lorsque les individus ont plus de chances d'être apparentés (Waits *et al.*, 2001). Ces comparaisons statistiques, qu'il pourrait être laborieux de calculer une à une, peuvent être compilées par un logiciel disponible gratuitement (programme GIMLET; Valière, 2002). D'autres solutions pour résoudre le problème des « faux » individus ont également vu le jour ces dernières années, tel le recours à des simulations informatisées permettant d'évaluer la présence d'erreurs dans les données (McKelvey et Schwarz, 2004).

### L'estimation de la taille de la population

À partir des échantillons recueillis, un nombre minimal d'individus présents sur un territoire peut être estimé à l'aide d'une analyse de raréfaction, où le génotype multilocus de chaque échantillon est comparé à tous ceux qui ont été récoltés auparavant (Kohn *et al.*, 1999). L'asymptote de la relation décrivant une courbe entre le nombre de génotypes uniques cumulés et le nombre d'échantillons génotypés sert à définir la taille de cette population. Il est également possible de faire un suivi démographique pour une espèce donnée sur une base temporelle à l'aide d'analyses de capture-marquage-recapture (CMR; Otis *et al.*, 1978), où chaque échantillon est considéré comme un événement de « capture » (Mills *et al.*, 2000). Par ailleurs, contrairement à des marqueurs traditionnels (p. ex. bague, étiquette d'oreille), l'empreinte génétique est conservée tout au long de la vie de l'individu et donc le risque de perte de marques est évidemment nul. Le programme MARK (White et Burnham, 1999), également disponible gratuitement, permet de tester différents modèles d'analyses CMR (p. ex. Cormack-Jolly Seber), de vérifier l'effet de variables diverses, telles que la disponibilité d'une proie sur le comportement démographique d'une population (Boulanger *et al.*, 2004), en plus de fournir des estimations de survie. Cependant, les probabilités de survie obtenues par ce logiciel possèdent souvent une incertitude élevée, ce qui justifie le développement de modèles d'analyse plus sophistiqués (Prugh *et al.*, 2005). Par ailleurs, lorsque quelques individus d'une population à l'étude ont été marqués à l'aide de radioémetteurs, l'information provenant du suivi télémétrique peut être incorporée dans les analyses CMR afin d'améliorer la précision des estimations de la taille de population (p. ex. estimateur Lincoln-Peterson; Seber, 1982). Si possible, le mieux consiste à combiner différents types d'analyses, incluant celles plus « conventionnelles » (p. ex. inventaire de tanières actives), afin de comparer leurs résultats, ce qui augmente la confiance envers les estimations obtenues (Bellemain *et al.*, 2005).

### L'identification du genre et le rapport des sexes

L'identification du genre grâce à l'amplification simultanée de marqueurs génétiques propres aux chromosomes sexuels X et Y permet également de connaître la proportion de mâles et de femelles à l'origine des échantillons récoltés (Kohn et Wayne, 1997), un atout propre à l'approche non invasive. De plus, la détermination du sexe de l'individu ayant produit l'échantillon peut parfois faciliter son identification (Sloane *et al.*, 2000). L'amplification des deux marqueurs sexuels indiquera le sexe mâle alors que la présence du seul marqueur X indiquera qu'il s'agit d'une femelle. De même, la seule amplification du marqueur Y peut également être utilisée comme critère d'identification. Par exemple, Prugh *et al.* (2005) ont été en mesure de déterminer

le sexe de coyotes captifs avec une efficacité de 100 % suivant cette méthode, ce qui leur a permis d'identifier avec certitude le sexe des individus provenant de la population naturelle.

### D'autres applications intéressantes

L'approche non invasive permet de répondre à une multitude de questions en écologie, ce qui en fait un outil de recherche fort intéressant. Par exemple, la présence d'une espèce sur un territoire donné peut être vérifiée par l'analyse de quelques poils ou de fèces. Un cas d'étude inusité a trait à la réfutation par technique moléculaire de l'observation d'un *Sasquatch* (ou « Bigfoot ») au Yukon à l'été 2005, événement qui a fait la une des journaux dans l'Ouest canadien. L'analyse génétique des poils supposément laissés par la bête légendaire a permis de déterminer qu'ils provenaient en fait d'un bison (*Bison bison*), rejetant avec certitude l'observation rapportée (Coltman et Davis, 2006), au grand dam des journalistes à la recherche de sensations fortes! La présence du cougar de l'Est (*Puma concolor*) au Québec a également été déterminée de la même manière (Gauthier *et al.*, 2005). À la simple détection de la présence d'une espèce, s'ajoute la possibilité d'établir les relations de parenté entre individus qui pourraient être difficilement obtenues autrement. À titre d'exemple, Garnier *et al.* (2001) ont été en mesure d'étudier le système de reproduction méconnu du rhinocéros noir (*Diceros bicornis*) à l'état sauvage au Zimbabwe à partir de l'ADN contenu dans les fèces de rejets, mères et pères potentiels. À l'aide de logiciels d'assignations parentales, ces chercheurs ont déterminé quels mâles s'étaient reproduits et avec quelles femelles, fournissant ainsi des renseignements utiles pour la sauvegarde de cette espèce menacée.

De la même manière, il est possible d'assigner un individu à une population parmi un ensemble de populations, ce qui permet, par exemple, de connaître le nombre d'immigrants (encadré 3). Il est même possible de déterminer l'utilisation du territoire par les individus et leur distance de dispersion à partir de l'information génétique et spatiale recueillie, c'est-à-dire en localisant sur une carte le lieu de récolte de plusieurs échantillons provenant d'un même individu (Taberlet *et al.*, 1997; encadré 3). Parmi les autres applications, notons que le génotypage des poils ou des fèces peut permettre de déceler le niveau de variabilité génétique d'une population (p. ex. Triant *et al.*, 2004). L'approche non invasive peut aussi avoir des applications légales. Ainsi, la vente illégale d'un tigre (*Panthera tigris*), qui jouit pourtant d'un statut d'espèce protégée en Chine, a pu être démontrée par l'analyse génétique d'indices (fèces, poils et sang), laissés derrière par le tigre que les braconniers transportaient (Wan et Fang, 2003). Ces nombreuses applications démontrent clairement l'intérêt et les possibilités qu'offre l'approche non invasive.

## Conclusion

Il n'y a aucun doute que l'utilisation de techniques génétiques non invasives pour l'étude des populations élusives est appelée à jouer un rôle de plus en plus important pour la gestion et la conservation de la faune (Kohn et Wayne, 1997; Piggott et Taylor, 2003; Waits et Paekau, 2005). Cependant, la réussite d'un projet utilisant ces techniques passe obligatoirement par une étude de faisabilité préalable (Taberlet *et al.*, 1999). Cet aspect représente l'élément le plus important à considérer. Au Québec, nos connaissances relativement limitées sur l'abondance et les mouvements de certaines espèces telles que le pékan (*Martes pennanti*) et le lynx roux (*Lynx rufus*) pourraient certainement bénéficier de l'application de l'approche génétique non invasive. La présence d'individus captifs dans des centres de conservation comme celui du Jardin zoologique de Saint-Félicien faciliterait la réalisation d'étude de faisabilité afin de tester des marqueurs génétiques permettant de déterminer le génotype, le sexe et le niveau de parenté entre individus avant de procéder à l'étude non invasive de populations naturelles. De même, l'application de ces méthodes au Québec, dans le contexte légal, pourrait contribuer à réduire le braconnage en fournissant des preuves incriminantes additionnelles, comme le font déjà l'Ontario et l'Alberta.

## Remerciements

Nous tenons à remercier Michel Crête, Antoine St-Louis, Justin Roy et un membre anonyme du comité de rédaction du *Naturaliste canadien* pour des commentaires constructifs sur cet article ainsi que le Centre de conservation de la biodiversité boréale et Justin Roy pour les photographies accompagnant cet article.

## Références

- BELLEMAIN, E., J.E. SWENSON, D. TALLMON, S. BRUNBERG and P. TABERLET, 2005. Estimating population size of elusive animals with DNA from hunter-collected feces: four methods for brown bears. *Conservation Biology*, 19: 150-161.
- BOULANGER, J., S. HIMMER and C. SWAN, 2004. Monitoring of grizzly bear population trends and demography using DNA mark-recapture methods in the Owikeno Lake area of British Columbia. *Canadian Journal of Zoology*, 82: 1267-1277.
- COLTMAN, D.W. and C. DAVIS, 2006. Molecular cryptozoology meets the Sasquatch. *Trends in Ecology and Evolution*, 21: 60-61.
- CÔTÉ, S.D. et M. Festa-Bianchet, 2005. Les stratégies de reproduction chez les femelles de la chèvre de montagne (*Oreamnos americanus*). *Le Naturaliste canadien*, 129 (1), 70-77.
- COURTOIS, C., A. GINGRAS, C. DUSSAULT, L. BRETON and J.-P. OUELLET, 2003. An aerial survey technique for the forest-dwelling ecotype of Woodland Caribou, *Rangifer tarandus caribou*. *Canadian Field-Naturalist*, 117: 546-554.
- CRAIG, H.L. and P.S. CRAIG, 2005. Helminth parasites of wolves (*Canis lupus*): A species list and an analysis of published prevalence studies in Nearctic and Palaearctic populations. *Journal of Helminthology*, 79: 95-103.
- CREEL, S., G. SPONG, J. L. SANDS, J. ROTELLA, J. ZEIGLE, L. JOE, K.M. MURPHY and D. SMITH, 2003. Population size estimation in Yellowstone wolves with error-prone noninvasive microsatellite genotypes. *Molecular Ecology*, 12: 2003-2009.
- DENICOLA, A.J. and R.K. SWIHART, 1997. Capture-induced stress in white-tailed deer. *Wildlife Society Bulletin*, 25: 500-503.
- EGGERT, L.S., J.E. MALDONADO and R.C. FLEISCHER, 2005. Nucleic acid isolation from ecological samples – animal scat and other associated materials. *Methods in Enzymology*, 395: 73-82.
- ERNEST, H.B., M.C.T. PENEDO, B.P. MAY, M. SYVANEN and W.M. BOYCE, 2000. Molecular tracking of mountain lions in the Yosemite Valley region in California: genetic analysis using microsatellites and faecal DNA. *Molecular Ecology*, 9: 433-441.
- FAIRCLOTH, B.C., A. REID, T. VALENTINE, S.H. EO, T.M. TERHUNE, T.C. GLENN, W.E. PALMER, C.J. NAIRN and J.P. CARROLL, 2005. Tetranucleotide, trinucleotide, and dinucleotide loci from the bobcat (*Lynx rufus*). *Molecular Ecology Notes*, 5: 387-389.
- FLAGSTAD, Ø., E. HEDMARK, A. LANDA, H. BRØSETH, J. PERSSON, R. ANDERSEN, P. SEGERSTRÖM and H. ELLEGREN, 2004. Colonization history and non-invasive monitoring of a re-established wolverine population. *Conservation Biology*, 18: 676-688.
- FRANTZEN, M.A.J., J.B. SILK, J.W.H. FERGUSON, R.K. WAYNE and M.H. KOHN, 1998. Empirical evaluation of preservation methods for faecal DNA. *Molecular Ecology*, 7: 1423-1428.
- GARNIER, J.N., M.W. BRUFORD, and B. GOOSENS, 2001. Mating system and reproductive skew in the black rhinoceros. *Molecular Ecology*, 10: 2031-2041.
- GAUTHIER, M., C. LANTHIER, F.-J. LAPOINTE, L.D. LANG, N. TESSIER and V. STROEHER, 2005. Cougar tracking in the Northeast: years of research finally rewarded. In Beausoleil R.A. and D.A. Martorello (Eds.), *Proceeding of the 8th Mountain Lion Workshop*, Olympia, WA: 86-88.
- GOOSENS, B., L.P. WAITS and P. TABERLET, 1998. Plucked hair samples as a source of DNA: reliability of dinucleotide microsatellite genotyping. *Molecular Ecology*, 7: 1237-1241.
- KOHN, M.H. and R.K. WAYNE, 1997. Facts from feces revisited. *Trends in Ecology and Evolution*, 12: 223-227.
- KOHN, M.H., E.C. YORK, D.A. KAMRADT, G. HAUGHT, R.M. SAUVAJOT and R.K. WAYNE, 1999. Estimating population size by genotyping faeces. *Proceedings of the Royal Society of London: Biological Sciences*, 266: 657-663.
- LINDAHL, T., 1993. Instability and decay of the primary structure of DNA. *Nature*, 362: 709-715.
- LUCCHINI, V., E. FABBRI, F. MARUCCO, S. RICCI, L. BOITANI and E. RANDI, 2002. Noninvasive molecular tracking of colonizing wolf (*Canis lupus*) packs in the western Italian Alps. *Molecular Ecology*, 11: 857-868.
- MAINGUY, J., A.S. LLEWELLYN, K. WORLEY, S.D. CÔTÉ and D.W. COLTMAN, 2005. Characterization of 29 polymorphic antiodactyl microsatellite markers for the mountain goat (*Oreamnos americanus*). *Molecular Ecology Notes*, 5: 809-811.
- MAUDET, C., G. LUIKART, D. DUBRAY, A. VON HARDENBERG and P. TABERLET, 2004. Low genotyping error rates in wild ungulate faeces sampled in winter. *Molecular Ecology Notes*, 4: 772-775.
- MCKELVEY, K.S. and M.K. SCHWARTZ, 2004. Genetic errors associated with population estimation using non-invasive molecular tagging: problems and new solutions. *Journal of Wildlife Management*, 68: 439-448.
- MILLS, L.S., J.J. CITTA, K.P. LAIR, M.K. SCHWARTZ and D.A. TALLMON, 2000. Estimating animal abundance using noninvasive DNA sampling: promise and pitfalls. *Ecological Applications*, 10: 283-294.
- MORIN, P.A., K.E. CHAMBERS, C. BOESCH and L. VIGILANT, 2001. Quantitative polymerase chain reaction analysis of DNA from non-invasive samples for accurate microsatellite genotyping of wild chimpanzees (*Pan troglodytes verus*). *Molecular Ecology*, 10: 1835-1844.
- MOWAT, G. and D. PAETKAU, 2002. Estimating marten *Martes americana* population size using hair capture and genetic tagging. *Wildlife Biology*, 8: 201-209.



- MOWAT, G., D.C. HEARD, D.R. SEIP, K.G. POOLE, G. STENHOUSE and D.W. PAETKAU, 2005. Grizzly *Ursus arctos* and black bear *U. americanus* densities in the interior mountains of North America. *Wildlife Biology*, 11: 31-48.
- OTIS, D.L., K.P. BURNHAM, G.C. WHITE and D.R. ANDERSON, 1978. Statistical inference from capture data on closed animal populations. *Wildlife Monographs*, 62, 135 p.
- PAETKAU, D., 2003. An empirical exploration of data quality in DNA-based population inventories. *Molecular Ecology*, 12: 1375-1387.
- PALOMARES, F., J.A. GOODY, A. PIRIZ, S.J. O'BRIEN and W.E. JOHNSON, 2002. Faecal genetic analysis to determine the presence and distribution of elusive carnivores: design and feasibility for the Iberian lynx. *Molecular Ecology*, 11: 2171-2182.
- PIGGOTT, M.P. and A.C. TAYLOR, 2003. Remote collection of animal DNA and its applications in conservation management and understanding the population biology of rare and cryptic species. *Wildlife Research*, 30: 1-13.
- PRUGH, L.R., C.E. RITLAND, S.M. ARTHUR and C.J. KREBS, 2005. Monitoring coyote population dynamics by genotyping faeces. *Molecular Ecology*, 14: 1585-1596.
- ROON, D.A., L.P. WAITS and K.C. KENDALL, 2003. A quantitative evaluation of two methods for preserving hair samples. *Molecular Ecology Notes*, 3: 163-166.
- SEBER, G.A.F., 1982. The estimation of animal abundance and related parameters. Macmillan, New York, 654 p.
- SEUTIN, G., B.N. WHITE and P.T. BOAG, 1991. Preservation of avian blood and tissue samples for DNA analysis. *Canadian Journal of Zoology*, 69: 82-90.
- SLOANE, M.A., P. SUNNUCKS, D. ALPERS, L.B. BEHEREGARAY and A.C. TAYLOR, 2000. Highly reliable genetic identification of individual northern hairy-nosed wombats from remotely collected hairs: a feasible censusing method. *Molecular Ecology*, 9: 1233-1240.
- SMALLWOOD, K.S. and E.L. FITZHUGH, 1995. A track count for estimating mountain lion *Felis concolor californica* population trend. *Biological Conservation*, 71: 251-259.
- SUNNUCKS, P., 2000. Efficient genetic markers for population biology. *Trends in Ecology and Evolution*, 15: 199-203.
- TABERLET, P., S. GRIFFIN, B. GOOSSENS, S. QUESTIAU, V. MANCEAU, N. ESCARAVAGE, L.P. WAITS and J. BOUVET, 1996. Reliable genotyping of samples with very low DNA quantities using PCR. *Nucleic Acids Research*, 24: 3189-3194.
- TABERLET, P., J.-J. CAMARRA, S. GRIFFIN, E. UHRÉS, O. HANOTTE, L.P. WAITS, C. DUBOIS-PAGANON, T. BURKE and J. BOUVET, 1997. Noninvasive genetic tracking of the endangered brown bear population. *Molecular Ecology*, 6: 869-876.
- TABERLET, P., L.P. WAITS and G. LUIKART, 1999. Noninvasive genetic sampling: look before you leap. *Trends in Ecology and Evolution*, 14: 323-327.
- TRIAINT, D.A., R.M. PACE III and M. STINE, 2004. Abundance, genetic diversity and conservation of Louisiana black bears (*Ursus americanus luteolus*) as detected through non-invasive sampling. *Conservation Genetics*, 5: 647-659.
- VALIÈRE, N., 2002. GIMLET: a computer program for analysing genetic individual identification data. *Molecular Ecology Notes*, 2: 377-379.
- WAITS, L.P. and P.L. LEBERG, 2000. Biases associated with population estimation using molecular tagging. *Animal Conservation*, 3: 191-199.
- WAITS, L.P., G. LUIKART and P. TABERLET, 2001. Estimating the probability of identity among genotypes in natural populations: cautions and guidelines. *Molecular Ecology*, 10: 249-256.
- WAITS, L.P. and D. PAETKAU, 2005. Noninvasive genetic sampling tools for wildlife biologists: a review of applications and recommendations for accurate data collection. *Journal of Wildlife Management*, 69: 1419-1433.
- WAN, Q.-H. and S.-G. FANG, 2003. Application of species-specific polymerase chain reaction in the forensic identification of tiger species. *Forensic Science International*, 131: 75-78.
- WEHAUSEN, J.D., R.R. RAMEY II and C.W. EPPS, 2004. Experiments in DNA extraction and PCR amplification from bighorn sheep feces: the importance of DNA extraction method. *Journal of Heredity*, 95: 503-509.
- WHITE, G.C. and K.P. BURNHAM, 1999. Program MARK: survival estimation from population of marked animals. *Bird Study*, Supplement 46: 120-138.

## 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



420, rue Jean-Rioux  
Trois-Pistoles QC  
G0L 4K0

Téléphone : 418.851.1265  
Télécopie : 418.851.1277

# L'anguille au Québec, une situation préoccupante

François Caron, Pierre Dumont, Yves Mailhot et Guy Verreault

## Résumé

La population mondiale de l'anguille d'Amérique est constituée d'un seul stock qui se reproduit dans la mer des Sargasses et vient croître en eau douce ou salée le long des côtes, depuis l'Amérique centrale jusqu'au Groenland.

Les données de recrutement des premiers stades de vie de l'anguille d'Amérique ne sont pas disponibles au Québec. Le seul indice sur les anguillettes de deux ans ou moins ne montre pas de tendance claire alors qu'aux endroits où les anguilles de plus de trois ans sont dénombrées, leur nombre est faible et certainement insuffisant pour soutenir les niveaux de population observés par le passé.

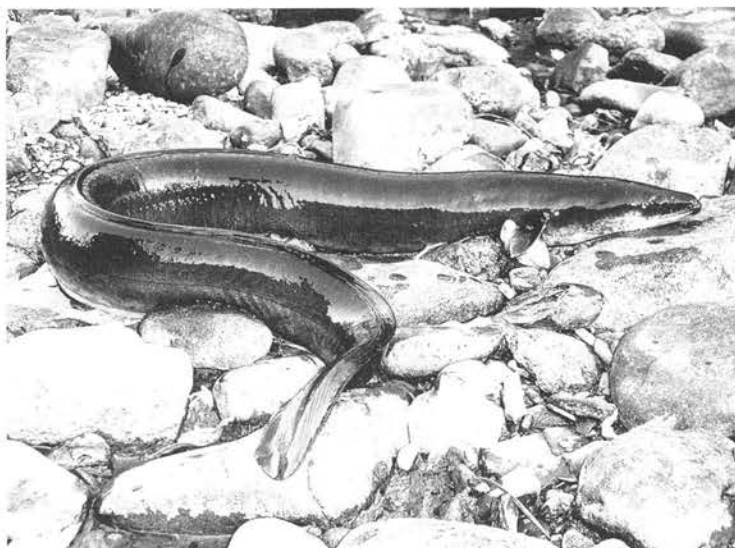
Les anguilles adultes se trouvant dans la partie amont du Saint-Laurent montrent des signes de déclin qui se répercutent en partie par une diminution des captures dans les pêcheries commerciales. Particularité importante, la très grande majorité des anguilles du Québec sont des femelles de très grande taille et d'une très grande fécondité. Selon toute vraisemblance, leur contribution au maintien de l'espèce est importante.

Les causes possibles du déclin des stocks de l'amont du Saint-Laurent peuvent être principalement liées à des pertes d'accès à des habitats en raison de la présence de barrages, à des mortalités dans les turbines hydroélectriques, à la dégradation du milieu et à des changements en milieu océanique.

## L'anguille, une espèce mal connue

L'anguille d'Amérique (*Anguilla rostrata*) est fascinante pour de multiples raisons. C'est le poisson dont l'aire de répartition est la plus étendue le long de la côte atlantique, couvrant plus de 50 degrés de latitude (Scott et Crossman, 1974), depuis le Brésil jusqu'au Groenland, incluant les Caraïbes, les Bermudes, le golfe du Mexique et les bassins de drainage associés. Bien avant l'arrivée des Européens en Amérique, l'anguille était l'objet d'une pêche amérindienne le long du Saint-Laurent. Les premiers colons ont utilisé son huile et transformé sa peau en babiche, en plus de la consommer (Robitaille et Tremblay, 1994).

Au cours du siècle dernier, plusieurs changements sont survenus dans son habitat comme la construction de barrages, la modification physique de plusieurs cours d'eau et la détérioration de la qualité de l'eau. Au Québec, scientifiques et pêcheurs commerciaux ont observé des diminutions importantes de l'anguille fréquentant la partie amont du Saint-Laurent, au début des années 1990. Les premiers ont



*Anguilla rostrata*

constaté une chute très importante du nombre de jeunes anguilles franchissant annuellement la passe migratoire du barrage de Moses-Saunders, en amont du lac Saint-François (Casselmann, 2003), passé de plus d'un million à seulement quelques milliers en à peine 20 ans. Les seconds se sont inquiétés d'une réduction de leurs captures dans la pêcherie d'anguilles argentées de l'estuaire, dont l'essentiel des captures provient de la partie amont du Saint-Laurent. D'autres espèces d'anguilles à travers le monde sont soumises à une problématique semblable; c'est particulièrement le cas de l'anguille européenne (*Anguilla anguilla*) et de l'anguille japonaise (*Anguilla japonica*) (Stone, 2003). La question se pose donc : l'anguille est-elle menacée ?

Après avoir examiné l'information disponible, tant sur le plan du recrutement que des débarquements commerciaux, le ministère des Ressources naturelles et de la Faune a produit un bilan de l'état des stocks d'anguille sur son territoire (Caron *et al.*, 2006). Depuis lors, le Comité sur les espèces en péril au Canada a évalué que la situation de l'anguille était préoccupante au Canada, ce qui signifie que

François Caron, Pierre Dumont, Yves Mailhot et Guy Verreault sont biologistes au ministère des Ressources naturelles et de la Faune.

On peut joindre François Caron à : francois.caron2@mrfn.gouv.qc.ca

l'espèce est susceptible de devenir « menacée » si les facteurs dont on craint l'influence négative sur sa longévité ne sont ni renversés, ni gérés de façon efficace. Une démarche similaire est actuellement en cours aux États-Unis, pour évaluer l'ampleur et l'importance du déclin à l'échelle du continent.

Le présent document résume les principaux éléments de nos connaissances sur l'état des stocks d'anguille au Québec.

### Biologie et cycle de vie

Le cycle de vie de l'anguille d'Amérique est très particulier. La reproduction elle-même n'a jamais été observée, mais on sait que l'anguille fraie dans la mer des Sargasses au sud-ouest des Bermudes, au même endroit ou à proximité du site de fraie de l'anguille européenne (Schmidt, 1922; van Genneken et Maes, 2005). L'hybridation naturelle entre les deux espèces est possible, mais rare (Albert *et al.*, 2006). Les larves, appelées leptocéphales, gagnent surtout la partie supérieure de la côte est de l'Amérique du Nord, entraînées par les courants marins. À l'approche des côtes, elles prennent la forme d'une anguille translucide d'environ 50 mm appelée civelle. À leur entrée en rivière, une première pigmentation noire apparaît et on les nomme alors anguillettes. La différenciation sexuelle ne se fera que quelques années plus tard, au moment où l'anguille dépasse les 200 mm; son ventre se colore d'une pigmentation jaunâtre; elle portera désormais le nom d'anguille jaune pour le reste de sa période de croissance en rivière, en lac et, ce que l'on soupçonnait à peine il y a quelques années, en eau saumâtre voire salée (Daverat *et al.*, 2006). Après 15 à 30 ans dans nos eaux, les anguilles adultes, dites argentées à cause de la coloration typique qu'elles prennent en dévalaison, feront une longue migration de retour vers leur unique site de fraie, dans la mer des Sargasses, pour s'y reproduire et mourir. Malgré une croissance assez lente par rapport aux populations plus au sud, non seulement les anguilles provenant de la partie supérieure du Saint-Laurent sont-elles parmi les plus gros spécimens (plus de 80 cm) et les plus fécondes (jusqu'à 22 millions d'ovules; Tremblay, 2004) que l'on rencontre chez cette espèce, mais presque toutes sont des femelles, ce qui suggère fortement qu'elles jouent un rôle important dans le maintien des populations partout sur le continent. En effet, selon les connaissances actuelles, l'anguille d'Amérique est panmixique, c'est-à-dire qu'elle forme un seul et unique stock. Les anguilles colonisent donc les cours d'eau de l'aire de répartition, indépendamment de la provenance des parents (Avisé *et al.*, 1986; Wirth et Bernatchez, 2003; van Jenekken et Maes, 2005).

### Le recrutement au Québec

Est-ce que le déclin de l'anguille s'explique par une diminution de l'abondance des anguilles qui viennent coloniser nos cours d'eau ou par une mortalité excessive durant son séjour dans nos eaux? Pour répondre à cette question fondamentale, il faudrait pouvoir évaluer l'ampleur du recrutement des civelles à plusieurs endroits dans l'aire de

répartition. Or, les données disponibles sur l'abondance des civelles sont fragmentaires et l'âge des anguilles augmente à mesure qu'elles progressent dans les bassins de drainage. Il faut alors utiliser des indicateurs d'abondance d'anguilles plus âgées, indices imparfaits car, à l'instar des autres poissons, la mortalité est probablement très élevée dans les premiers mois de leur vie puis diminue avec l'âge (McCleave, 1995; De Leo et Gatto, 1995; Lorenzen, 1996).



Civelle

### Les anguillettes

Située sur la Côte-Nord, la Petite rivière de la Trinité draine un bassin versant de 200 km<sup>2</sup> avant de se jeter dans le golfe du Saint-Laurent. Son bassin de drainage est entièrement boisé et aucune source de pollution n'y est connue. Les anguillettes de 150 mm ou moins sont âgées d'un ou deux ans et il y a très peu de recoupement de taille avec les anguilles plus âgées.

Un indice de recrutement et une estimation de la montaison d'anguillettes ont été réalisés à une cascade située à 3,5 rkm (distance mesurée en km à partir de l'embouchure; rkm = rivière kilomètre). Un indice relatif d'abondance du nombre d'anguillettes colonisant ce cours d'eau est disponible pour huit années entre 1982 et 1996 (Dutil *et al.*, 1989; Raymond et Tremblay, 1996; Raymond et Caron, 1997). De 1999 à 2001, l'estimation annuelle du nombre d'anguillettes en montaison a été obtenue par la méthode de capture-recapture: elle a varié entre 14 000 et 20 000 individus (tableau 1). Que l'indice soit relatif ou absolu, aucune tendance claire n'est observée dans les variations annuelles de l'abondance des anguillettes.

### Les anguilles jaunes

Le recrutement au stade d'anguille jaune réfère à des anguilles de différents âges qui ont déjà subi une mortalité significative d'origine anthropique ou naturelle depuis leur arrivée de la mer. L'âge de ces anguilles varie habituellement entre deux et huit ans; le recrutement repose donc sur plusieurs cohortes en montaison.



Tableau 1. Données relatives au recrutement de l'anguille au Québec

Année	Anguilllette			Anguille jaune							
	Petite Trinité			Du Sud-Ouest				Richelieu Chambly		Beauharnois Total	
	1-2 ans			2-10 ans				4-12 ans		4-12 ans	
	Indice	Estimation	Taille $\bar{x}$ (mm)	Indice	Estimation	Décompte	Taille $\bar{x}$ (mm)	Décompte	Taille $\bar{x}$ (mm)	Estimation	Taille $\bar{x}$ (mm)
1982	4 027		> 150								
1983	3 643		> 150								
1984	732		> 150								
1985	581		> 150								
-											
1993	1 178		> 150								
1994	488		> 150		16 617		222			47 865	430
1995	3 440		> 150							3 071	450
1996	3 550		> 150		2 280		234				
1997								10 863 *			
1998				106			221	9 875		3 013	472
1999		13 912	> 120			407	244	3 685	331		469
2000		19 829	> 120			285	203	239		6 881	448
2001		17 534	> 120			435	240	357		9 822	421
2002								228		37 546	426
2003						570	285	3 299		59 569	366
2004						407	257	727		58 586	
2005						2 279	256	2 521		54 626	
2006						2 171	252				

\* Note: la majorité de ces anguilles ont été remises à l'eau en aval du barrage en 1997 pour tester l'efficacité du dispositif de montaison.

### La rivière du Sud-Ouest

La rivière du Sud-Ouest, dans le Bas-Saint-Laurent, possède un bassin de drainage d'environ 200 km<sup>2</sup>, dont 70 % de la superficie est boisée. Les décomptes d'anguilles en montaison ont lieu depuis 1994 à une chute située à 4 rkm et incluent à la fois des anguillettes et des anguilles jaunes, qui ont un âge moyen de 4,5 ans (Verreault, 2002). Le nombre annuel d'anguilles, qui dépassait les 15 000 individus en 1994, fluctue maintenant entre 600 et 2000 individus (tableau 1).

### La rivière Richelieu

Le lac Champlain, où prend naissance la rivière Richelieu, offre un vaste habitat de croissance pour l'anguille. Entre 1920 et 1982, une pêcherie commerciale installée dans la rivière a rapporté des captures annuelles moyennes d'environ 40 tonnes, essentiellement des anguilles argentées en dévalaison. Celles-ci ont graduellement décliné à partir de 1981, passant de 64 tonnes à deux tonnes en 1996 (figure 1). Les activités ont cessé en 1998, les captures étant alors insuffisantes pour justifier l'effort de pêche (Dumont *et al.*, 1998).

Capture de la rivière Richelieu

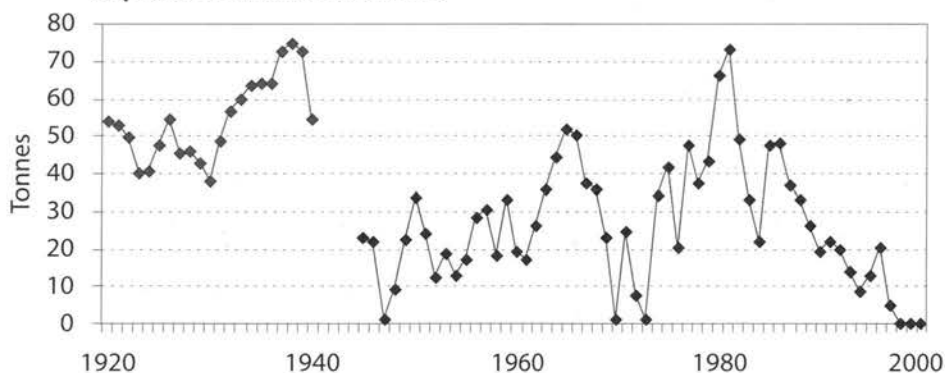


Figure 1. Capture de la rivière Richelieu

Deux barrages furent construits au milieu du XIX<sup>e</sup> siècle sur la rivière. Le franchissement de ces barrages est devenu très difficile depuis leur restauration au cours des années 1960 et la principale voie d'accès possible pour l'anguille depuis semble avoir été les écluses. Une passe migratoire a été installée en 1997 sur le barrage de Chambly (70 rkm) et permet le dénombrement des anguilles jaunes en montaison (Verdon *et al.*, 2003). Malgré l'installation d'une autre passe au barrage de Saint-Ours (18 rkm) en 2001, les montaisons annuelles d'anguilles à Chambly sont demeurées très faibles, de l'ordre de quelques centaines à quelques milliers (tableau 1). Pour soutenir les débarquements historiques de la pêcherie, elles étaient autrefois sans doute de l'ordre de plusieurs centaines de milliers d'individus.

### Le barrage de Beauharnois sur le Saint-Laurent

Les anguilles qui poursuivent leur migration dans le Saint-Laurent en amont de Montréal rencontrent les ouvrages du complexe hydroélectrique Beauharnois–Les Cèdres, complété en 1961, que seules les écluses de la Voie maritime

permettaient de franchir avant le début des travaux scientifiques à cet endroit, en 1994. Hydro-Québec y a construit une première passe migratoire pour l'anguille en 2002 et une seconde, en 2003. L'âge moyen des anguilles migrant à Beauharnois s'établit à 6,3 ans (Verreault et Tardif, 2006). Le nombre d'anguilles ayant utilisé ces passes lors de cinq années de décompte entre 1994 et 2005 a varié annuellement entre 43 000 et 60 000 (tableau 1).

### Production d'anguilles argentées

Leur croissance terminée, les anguilles parvenues au stade argenté entreprennent leur migration de reproduction. Même si on croit que toutes les anguilles qui ont colonisé les divers milieux ont le même bagage génétique, on observe une variation importante de leurs caractéristiques au moment de leur départ vers la mer, selon leur région d'origine. Les anguilles argentées en provenance de l'amont du Saint-Laurent et de la rive sud de l'estuaire ont une taille plus grande que celles provenant de la Côte-Nord et de la Gaspésie. Dans un même bassin de drainage, les anguilles ont des taux de croissance fort différents selon l'habitat qu'elles utilisent (Thibault *et al.*, 2005). L'âge à la maturité sexuelle dépendrait donc davantage du nombre d'années requis pour atteindre une taille optimale à la migration et un taux de lipides évalué à 20 % de la masse corporelle (Vøllestad, 1992; Svedäng et Wickström, 1997; Verreault, 2002; Tremblay, 2004).

### La partie du Saint-Laurent en amont de Québec

En 1996 et 1997, le nombre total d'anguilles argentées en dévalaison provenant de la partie du Saint-Laurent en amont de la ville de Québec a été estimé à 488 000 et 397 000 par une méthode de capture-recapture (Caron *et al.*, 2003). Cette étude a permis d'évaluer que respectivement 19 % et 24 % de ces anguilles ont par la suite été capturées par la pêche commerciale en aval de Québec.

### La rivière du Sud-Ouest

Le suivi des anguilles en dévalaison s'est effectué de 1996 à 2003 sur la rivière du Sud-Ouest au moyen d'une clôture de comptage. Les anguilles argentées capturées au cours de cette période étaient toutes des femelles dont l'âge variait entre 15 et 31 ans, avec une taille moyenne dépassant 1000 mm (Verreault, 2002). Les anguilles en dévalaison ont été dénombrées lors de quatre années depuis 1999. Leur nombre est graduellement passé de 315 en 1999 à 60 en 2003.

### La Petite rivière de la Trinité

Entre 1999 et 2001, le nombre d'anguilles argentées a varié entre 2 309 et 3 019 spécimens. L'âge des anguilles

échantillonnées variait de 10 à 30 ans avec une dominance des individus entre 15 et 22 ans. Les sept mâles échantillonnés parmi les 58 anguilles sacrifiées étaient plus petits (366 à 393 mm) et plus jeunes (10 à 15 ans) que les femelles (Fournier et Caron, 2005).

### La rivière Saint-Jean

En 2004, une trappe rotative installée à 6 rkm dans la rivière Saint-Jean (Gaspé) a permis d'estimer qu'environ 2 000 anguilles argentées auraient quitté la rivière à la fin de l'été.

### Exploitation

Les déclarations annuelles de captures commerciales d'anguilles sont connues depuis 1920. La précision des données est variable et certaines fluctuations observées sont liées à des efforts de pêche variables dans le temps; il faut donc prendre garde de ne pas les considérer systématiquement comme des indices d'abondance de l'espèce.

Depuis 1990, les débarquements déclarés ont subi un déclin sans précédent jusqu'à environ 138 tonnes, en 2003, accompagné de plus d'une réduction de l'effort de pêche de près de 50 % dans la partie estuarienne du Saint-Laurent (Verreault *et al.*, 2003; Caron *et al.*, 2006; figure 2).

Les captures ont diminué dans tous les secteurs du Saint-Laurent, sauf dans le lac Saint-François, où une pêche à la ligne dormante est en expansion depuis 1986 (figure 3).

## Les causes possibles du déclin

### Pertes d'habitat

La grande plasticité de l'anguille lui permet d'occuper et d'utiliser divers types d'habitats aquatiques. Tous les réseaux hydrographiques dépourvus d'obstacles infranchissables dans le bassin versant du Saint-Laurent sont susceptibles d'être colonisés, de leur estuaire jusqu'aux lacs et ruisseaux à la tête des bassins versants.

Cette distribution naturelle peut cependant être entravée par l'érection d'obstacles sur les routes de migration. Plus de 8 400 barrages ont été recensés dans l'aire de distribution historique de l'anguille, entre l'estuaire moyen du fleuve et les chutes Niagara. Tous ces barrages ne constituent pas nécessairement un obstacle infranchissable, mais plusieurs présentent de grandes difficultés de passage et pourraient avoir entraîné des pertes potentielles de production annuelle chiffrées à plus de 1000 tonnes, soit plus de 800 000 anguilles reproductrices (Verreault *et al.*, 2004).

### Turbines

En raison de leur forme allongée et de leur grande taille, les anguilles sont très vulnérables au passage dans les turbines des centrales hydroélectriques lors de leur migration vers la mer. La mortalité varie en fonction du type de turbine, de ses dimensions et de la taille de l'anguille; elle peut atteindre 100 % dans les turbines utilisées dans les petites centrales (Larivière et Dartiguelongue, 1989).

Dans les nouvelles constructions de petites centrales, on peut, dès l'étape de la conception, prévoir des aménagements pour éviter le passage des anguilles dans les turbines. Dans les grandes centrales du fleuve Saint-Laurent, le défi est tout autre; il n'existe pas à ce jour de moyen connu qui permettrait aux anguilles de migrer par une autre voie. Le taux de mortalité a été estimé à 26,5 % à la centrale Moses-Saunders, à la tête du lac Saint-François, et à 18 % à la centrale de Beauharnois.

### Dégradation du milieu

La dégradation de certains habitats aquatiques apparaît comme une autre cause potentielle de perte de production d'anguilles, particulièrement en milieu agricole et en milieu urbain. Plus de 25 000 km de cours d'eau ont fait l'objet de travaux pour faciliter le drainage agricole entre 1944 et 1986 (Roy, 2002). En raison de sa longévité et de son comportement alimentaire, l'anguille est reconnue pour accumuler une grande variété de contaminants, mais leurs

Capture d'anguilles au Québec

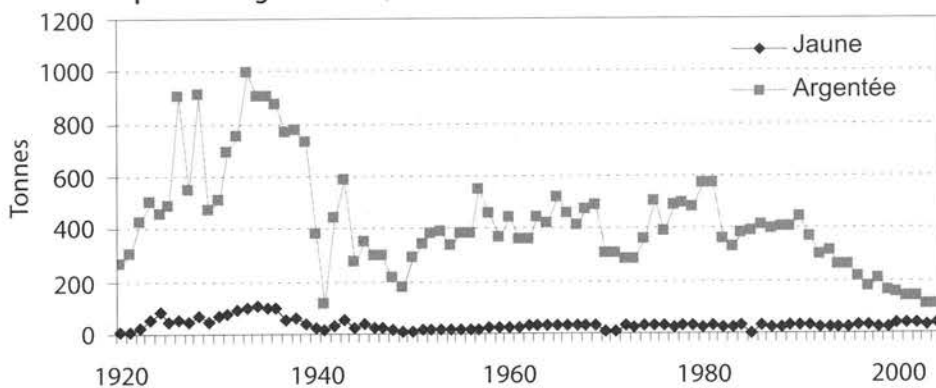


Figure 2. Capture d'anguilles au Québec

Capture au lac Saint-François

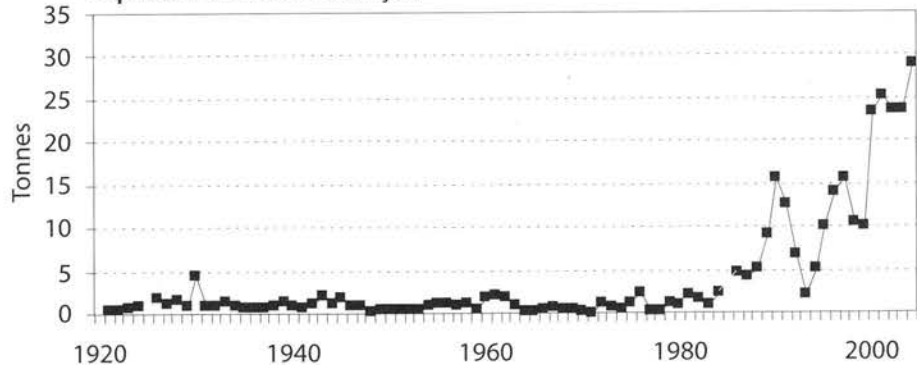


Figure 3. Capture au lac Saint-François



Tableau 2. Dévalaison d'anguilles argentées

Année	Saint-Laurent (amont de Québec)		Du Sud-Ouest		Petite Trinité		Saint-Jean		
	Estimation	Taille $\bar{x}$ (mm)	Indice	Décompte	Taille $\bar{x}$ (mm)	Estimation	Taille $\bar{x}$ (mm)	Estimation partielle	Taille $\bar{x}$ (mm)
1995									
1996	488 000		214		975				
1997	397 000								
1998									
1999				315	1 110	2 309	632		
2000			34		980	3 019	643		
2001				108	1 030	2 855	650		
2002				68	1 055				
2003				60	1 027				
2004			108		1 020			2 000	

impacts sont peu connus. D'autres espèces de poissons ont souffert considérablement de cette situation; il y a de fortes présomptions qu'il puisse en être de même pour l'anguille. La disparition de l'anguille dans le bassin de la rivière Yamaska pourrait être un indice de cette sensibilité à la dégradation du milieu aquatique.

L'anguille du Saint-Laurent est longévive. Pour migrer et se reproduire, ce prédateur doit accumuler des lipides dans ses tissus dans des proportions voisines de 20 %, favorisant ainsi l'accumulation parallèle de fortes concentrations de contaminants organiques. Lors de la maturation sexuelle, ces lipides et leurs contaminants sont transférés des muscles aux gonades et, dans le cas des femelles, aux réserves vitellines de l'œuf. Les effets néfastes de tels transferts ont été démontrés chez plusieurs espèces de poissons, mais la démonstration reste à faire pour l'anguille en raison de la complexité de son cycle vital (Hodson *et al.*, 1994; Couillard *et al.*, 1997; Robinet et Feunteun, 2002).

### Causes océaniques

On connaît très mal la phase de vie marine de l'anguille, mais le fait que l'anguille européenne et l'anguille d'Amérique qui se reproduisent dans la même région et subissent en même temps des diminutions marquées soulève la possibilité d'une cause commune qui pourrait se produire en mer (Castonguay *et al.*, 1994; Knight, 2003; Casselman, 2003). Par exemple, une diminution de la force des courants marins qui entraînent les larves d'anguilles dans le golfe du Saint-Laurent pourrait réduire la colonisation du Haut Saint-Laurent.

### Autres menaces

On ne connaît pas la relation entre l'introduction de nouvelles espèces et l'abondance de l'anguille. À la suite de l'invasion du lac Ontario par la moule zébrée, l'anguille a modifié son comportement en évitant les eaux les plus transparentes (John Casselman, communication personnelle).

Le nématode *Anguillicola crassus*, un parasite de la vessie natatoire de l'anguille japonaise (*A. japonica*), s'est très rapidement répandu dans l'ensemble de l'aire de répartition de l'anguille européenne, compromettant sa capacité à migrer sur de longues distances. Son introduction dans le sud des États-Unis au milieu des années 1990 (Barse et Secor, 1999) et sa progression rapide le long de la Côte atlantique font craindre le pire pour l'anguille d'Amérique. Détecté dans les provinces Atlantiques en 2006, le parasite n'a pas encore été observé au Québec ni dans le lac Champlain, mais son arrivée pourrait aussi se faire par les écluses de la rivière Hudson, puisque le parasite y est déjà présent.

### Conclusion

Le déclin de l'anguille en amont du golfe du Saint-Laurent est indéniable. Il s'est amorcé dès le début des années 1980 par une chute du recrutement de l'espèce au lac Ontario (Casselman, 2003) et s'est graduellement étendu à la quasi-totalité des pêcheries du réseau hydrographique au cours des 20 dernières années. Le problème est également manifeste pour le groupement du bassin du Richelieu – lac Champlain, dont le déclin s'est amorcé plus tôt, à la suite du remplacement de deux barrages en enrochement par des ouvrages infranchissables au cours des années 1960.

Les causes de ce déclin sont vraisemblablement multiples : changements océaniques (Castonguay *et al.*, 1994), perte d'habitat et entrave aux migrations (Verdon *et al.*, 2003; Verreault *et al.*, 2004), mortalité dans les turbines (Verreault et Dumont, 2003), surexploitation (Robitaille *et al.*, 2003), contamination (Hodson *et al.*, 1994; Couillard *et al.*, 1997). La qualité de l'eau de certaines rivières, l'introduction de nouvelles espèces et la dégradation de certains habitats doivent également être en cause, particulièrement en milieu agricole.

La construction de passes migratoires aux barrages de Beauharnois sur le Saint-Laurent et de Chambly et de Saint-Ours, sur le Richelieu, ainsi que l'ajout d'une passe

migratoire au barrage Moses-Saunders, en 2006, facilitent maintenant l'accès vers le lac Ontario et le lac Champlain, deux milieux historiquement très importants pour la production d'anguille. Par contre, aucun dispositif efficace n'est actuellement disponible pour réduire les mortalités d'anguilles migratrices dans les turbines des centrales hydro-électriques du Saint-Laurent, estimées à 40 %. Redonner l'accès aux habitats en amont des barrages, tout en réduisant la mortalité dans les turbines, apparaît donc comme une action prioritaire.

En raison de la chute généralisée de recrutement dans le Saint-Laurent amont, le Richelieu ne dispose plus des apports nécessaires pour reconstituer ses populations à court et à moyen termes. Un effort concerté de l'Association des pêcheurs commerciaux d'anguilles et de poissons d'eau douce du Québec, du MRNE, du MAPAQ et d'Hydro-Québec a permis en 2005 et 2006, le transfert d'un million et demi de civelles en provenance de la baie de Fundy (Dumont *et al.*, 2005). Ce n'est que dans plusieurs années que nous pourrions mesurer les résultats de cet effort.

Dans les tributaires du golfe du Saint-Laurent et de la baie des Chaleurs, l'état de la situation est plus difficile à préciser : aucune pêche commerciale n'y est effectuée et les indicateurs d'abondance disponibles, tant au niveau du recrutement que de la dévalaison, ne couvrent qu'une brève et récente période. Les abondances mesurées aux différentes phases du cycle vital ne témoignent cependant pas d'une tendance à la baisse du même ordre que celle décrite en amont du Saint-Laurent. Des travaux en cours apportent une compréhension nouvelle sur le cycle vital des populations d'anguilles qui ont accès à des estuaires d'eau saumâtre (Thibault, 2006), et l'anguille y semble particulièrement abondante. S'il y a eu déclin, il n'est certainement pas du même ordre de grandeur que celui observé dans la partie supérieure du Saint-Laurent.

Le sort de l'anguille ne dépend toutefois pas uniquement de ce qui se passe dans les eaux québécoises. La grande inconnue demeure toujours la situation prévalant en dehors de nos eaux : est-ce que le faible recrutement de civelles est le principal facteur responsable du déclin et si oui, est-ce à cause du manque de géniteurs ou de changements océanographiques globaux dans l'Atlantique ? Si le déclin du recrutement de civelles se confirme et qu'il s'explique par un manque de géniteurs, nous pouvons, en concertation avec toutes les autres administrations de l'aire de répartition de l'anguille, réduire la mortalité anthropique (pêcherie, turbine, habitat) de manière à permettre à plus d'anguilles de se reproduire. Si ce sont les changements climatiques qui sont en cause, ce serait alors une autre raison d'agir rapidement sur les causes de ces changements, sans espoir cependant d'améliorer à court terme la situation de l'anguille.

Les actions visant à réduire les mortalités anthropiques ne permettront probablement pas le retour rapide à de plus grands effectifs si on ne s'engage pas simultanément

à redonner à l'anguille un accès à des habitats de qualité. Le fait que l'anguille ait été désignée espèce préoccupante force maintenant l'ensemble des gestionnaires à agir en vue d'améliorer la production de l'espèce et d'éviter que la situation actuelle ne se dégrade davantage. ◀

## Références

- ALBERT V., B. JONSSON and L. BERNATCHEZ, 2006. Natural hybrids in Atlantic eels (*Angilla anguilla*, *Anguilla rostrata*): evidence for successful reproduction and fluctuating abundance in space and time. *Molecular Ecology*, 15: 1903-1916.
- AVISE, J.C., G.S. HELFMAN, N.C. SAUNDERS and L.S. HALES, 1986. Mitochondrial DNA differentiation in North Atlantic eels: population genetic consequences of an unusual life history pattern. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* 83: 4350-4354.
- BARSE, A.M. and D.H. SECOR, 1999. An exotic Nematode parasite of the American eel. *Fisheries*, 24: 6-10.
- CARON, F., G. VERREAULT and E. ROCHARD, 2003. Estimation of the population size, exploitation rate, and escapement of silver-phase American eels in the St-Lawrence watershed. *American Fisheries Society Symposium*, 33: 235-242.
- CARON, F., P. DUMONT, Y. MAILHOT et G. VERREAULT, 2006. État des stocks d'anguille d'Amérique (*Anguilla rostrata*) au Québec en 2004. 2<sup>e</sup> édition révisée. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de la recherche sur la faune, Québec, 34 p.
- CASSELMAN, J.M., 2003. Dynamics of resources of the American eel, *Anguilla rostrata*: declining abundance in the 1990s. pp. 255-274 in K. Aida, K. Tsukamoto and K. Yamauchi (eds.) *Eel biology*. Springer, Tokyo.
- CASTONGUAY, M., P.V. HODSON, C. MORIARTY, K.F. DRINKWATER and B.M. JESSOP, 1994. Is there a role of ocean environment in American and European eel decline. *Fisheries Oceanography*, 3: 197-203.
- COUILLARD, C.M., P.V. HODSON and M. CASTONGUAY, 1997. Correlations between pathological changes and chemical contamination in American eels, *Anguilla rostrata*, from the St. Lawrence River. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 54: 1916-1927.
- DAVERAT, F., K.E. LIMBURG, I. THIBAUT, J.C. SHIAO, J.J. DODSON, F. CARON, W.N. TZENG, Y. IIZUKA and H. WICKSTRÖM, 2006. Phenotypic plasticity of habitat use by three temperate eel species *Anguilla anguilla*, *A. japonica* and *A. rostrata*. *Marine Ecology Progress Series*, 308: 231-241.
- DE LEO, G.A. and M. GATTO, 1995. A size and age-structured model of the European eel (*Anguilla anguilla* L.). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 52: 1351-1367.
- DUMONT, P., M. LAHAYE et J. LECLERC, 1998. Caractérisation des captures d'anguille d'Amérique dans des pêcheries commerciales de la rivière Richelieu et du lac Saint-François, en 1997, pp. 97-107 in M. Bernard et C. Groleau (éd.). *Compte rendu du troisième atelier sur les pêches commerciales*, Duchesnay (Québec), 13-15 janvier 1998, Société de la faune et des parcs du Québec.
- DUMONT P., G. VERREAULT, G.-H. LIZOTTE and A. DALLAIRE, 2005. American eel stocking (*Anguilla rostrata*) in the Upper Richelieu River and Lake Champlain: a fisherman-scientist-manager partnership. Technical workshop aimed to investigate methods for providing safe downstream passage for the American eel (*Anguilla rostrata*) past hydroelectric facilities on the St. Lawrence River, Cornwall, Ontario, February 16-18.
- DUTIL, J.-D., M. MICHAUD and A. GIROUX, 1989. Seasonal and diel patterns of stream invasion by American eels (*Anguilla rostrata*) in the northern Gulf of St. Lawrence. *Canadian Journal of Zoology*, 67: 182-188.
- FOURNIER, D. et F. CARON, 2005. Travaux de recherche sur l'anguille d'Amérique (*Anguilla rostrata*) de la Petite rivière de la Trinité en 2001 et synthèse des travaux de 1999 à 2001. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de la recherche sur la faune, 81 p.

- HODSON, P.V., M. CASTONGUAY, C.M. COUILLARD, C. DESJARDINS, E. PELLETIER and R. MCLEOD, 1994. Spatial and temporal variations in chemical contamination of American eels, *Anguilla rostrata*, captured in the estuary of the St. Lawrence River. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 51: 464-478.
- KNIGHTS, B., 2003. A review of the possible impacts of long-term oceanic and climate changes and fishing mortality on recruitment of anguillid eels of the Northern Hemisphere. *The Science of the Total Environment*, 310: 237-244.
- LARINIER, M. et J. DARTIGUELONGUE, 1989. La circulation des poissons migrants : le transit à travers les turbines des installations hydroélectriques. *Bulletin français de pêche et de pisciculture*, 312-313: 1-90.
- LORENZEN, K., 1996. The relation between body weight and natural mortality in juvenile and adult fish: a comparison of natural ecosystems and aquaculture. *Journal of Fish Biology*, 49: 627-647.
- MCCLEAVE, J.D., 1995. Testimony presented to the Committee on Marine Resources. An act to restrict the taking of eels less than 6 inches in length from Maine coastal waters (emergency), 13 p.
- RAYMOND, C. et S. TREMBLAY, 1996. Décompte des anguilles (*Anguilla rostrata*) de la Petite rivière de la Trinité en 1995. Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction de la faune et des habitats, Service de la faune aquatique, 51p.
- RAYMOND, C. et F. CARON, 1997. Rapport d'opération de la rivière Bec-Scie en 1995. Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction de la faune et des habitats, Service de la faune aquatique, 88 p.
- ROBINET, T. and E. FEUNTEUN, 2002. Sublethal effects of exposure to chemical compounds: a cause for the decline of Atlantic eels? *Ecotoxicology*, 11: 265-277.
- ROBITAILLE, J. et S. TREMBLAY, 1994. Problématique de l'anguille d'Amérique (*Anguilla rostrata*) dans le réseau du Saint-Laurent. Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction de la faune et des habitats.
- ROBITAILLE, J.A., P. BÉRUBÉ, S. TREMBLAY, and G. VERREAULT, 2003. Eel fishing in the Great Lakes/St. Lawrence River system during the 20th century: signs of overfishing, pp. 253-262 in D.A. Dixon, editor. *Biology, Management, and Protection of Catadromous Eels*. American Fisheries Society Symposium 33, Missouri.
- ROY, L., 2002. Les impacts environnementaux de l'agriculture sur le Saint-Laurent. *Le Naturaliste canadien*, vol. 126 (1): 67-77
- SCHMIDT, J., 1922. The breeding places of the eel. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B* 385 (211): 179-208.
- STONE, R., 2003. Freshwater eels are slip-sliding away. *Science*, 302: 221-222.
- SVEDÅNG, H. and H. WICKSTRÖM, 1997. Low fat contents in female silver eels: indications of insufficient energetic stores for migration and gonadal development. *Journal of Fish Biology*, 50: 575-586.
- THIBAUT, I., 2006. Étude du comportement migratoire de l'anguille d'Amérique (*Anguilla rostrata*) dans la rivière Saint-Jean (Gaspé). Mémoire de maîtrise en biologie, Département de biologie, faculté des sciences et de génie, Université Laval.
- THIBAUT, I., J. DODSON, F. CARON, J.C. SHIAO, Y. IIZUKA and W.N. TZENG, 2005. Alternative migratory behavior of the American eel (*Anguilla rostrata*) in the Saint-Jean River, Gaspé (Québec). *Fish and Diadromy in Europe: Ecology, Management and Conservation Symposium*, held March 29 -April 1, Bordeaux, France. Preliminary results.
- TREMBLAY, V., 2004. Stratégie de reproduction de l'anguille d'Amérique (*Anguilla rostrata*) chez cinq sous-populations dans le bassin hydrographique du fleuve Saint-Laurent. Mémoire de maîtrise, Gestion de la faune et de ses habitats, Université du Québec à Rimouski, 50 p.
- VAN GINNEKEN, V.J.T. and G.E. MAES, 2005. The European eel (*Anguilla anguilla*, Linnaeus), its life cycle, evolution and reproduction: A literature review. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 15: 367-398.
- VERDON, R., D. DESROCHERS and P. DUMONT, 2003. Recruitment of American eels in the Richelieu River and Lake Champlain: provision of upstream passage as a regional-scale solution to a large-scale problem. *American Fisheries Society Symposium*, 33: 125-138.
- VERREAULT, G., 2002. Dynamique de la sous-population d'anguilles d'Amérique (*Anguilla rostrata*) du bassin versant de la rivière du Sud-Ouest. Mémoire de maîtrise en gestion de la faune et ses habitats. Société de la faune et des parcs du Québec, Direction de l'aménagement de la faune de la région du Bas-Saint-Laurent, 112 p.
- VERREAULT, G., and P. DUMONT, 2003. An estimation of American eel escapement from the Upper St. Lawrence River and Lake Ontario in 1996 and 1997. pp. 243-251 in D. A. Dixon, editor. *Biology, Management, and protection of catadromous eels*. American Fishery Society, Symposium 33, Bethesda, Maryland.
- VERREAULT, G., P. PETTIGREW, R. TARDIF and G. POULIOT, 2003. The exploitation of the migrating silver American eel in the St. Lawrence River Estuary, p. 225-234 in D.A. Dixon, editor. *Biology, Management, and protection of catadromous eels*. American Fishery Society, Symposium 33, Bethesda, Maryland.
- VERREAULT, G., P. DUMONT and Y. MAILHOT, 2004. Habitat losses and anthropogenic barriers as a cause of population decline for American eel (*Anguilla rostrata*) in the St. Lawrence watershed, Canada. ICES cm 2004/S:04. 2004 ICES Annual Science Conference held September 22-25, Vigo, Spain. Preliminary report.
- VERREAULT, G. et R. TARDIF, 2006. Structure en âge des anguilles d'Amérique (*Anguilla rostrata*) en montaison au barrage hydroélectrique de Beauharnois en 2004. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Secteur Faune Québec, Direction de l'aménagement de la faune de la région du Bas-Saint-Laurent, 19 p.
- VØLLESTAD, L.A., 1992. Geographic variation in age and length at metamorphosis of maturing European eel: environmental effects and phenotypic plasticity. *Journal of Animal Ecology*, 61: 41-48.
- WIRTH, T. and L. BERNATCHEZ, 2003. Decline of North Atlantic eels: a fatal synergy? *Proceedings of the Royal Society of London, Series B, Biological Sciences*, 270 (1516): 681-688.



# Appauvrissement en oxygène dans les eaux profondes du Saint-Laurent marin

## CAUSES POSSIBLES ET IMPACTS ÉCOLOGIQUES

Denis Gilbert, Denis Chabot, Philippe Archambault,  
Bernard Rondeau et Serge Hébert

### Résumé

Depuis les années 1930, les concentrations d'oxygène ont baissé de moitié dans l'estuaire maritime du Saint-Laurent, à 300 m de profondeur. Un accroissement de la proportion d'eau chaude et pauvre en oxygène du *Gulf Stream*, au détriment de la proportion d'eau froide et bien oxygénée du courant du Labrador, expliquerait entre la moitié et les deux tiers de la baisse. Parmi les autres facteurs naturels et anthropiques susceptibles d'expliquer le reste de la baisse d'oxygène, les plus probables impliquent un flux accru de matières organiques des eaux de surface vers les fonds marins, où leur décomposition augmente la consommation d'oxygène. Nous montrons notamment une faible tendance à la hausse des nitrates à Lauzon, depuis 1990. Certaines espèces d'animaux marins comme le turbot, la crevette nordique et les polychètes *Myriochele* et *Ampharete* sont très abondantes dans les zones les plus pauvres en oxygène de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent, tandis que d'autres espèces comme la morue en sont absentes. Le seuil de tolérance aux faibles teneurs d'oxygène varie donc d'une espèce à l'autre. Nous devons améliorer nos connaissances à cet égard afin de mieux comprendre les conséquences de l'appauvrissement en oxygène sur la biodiversité et le fonctionnement de l'écosystème.

### Introduction

L'estuaire maritime du Saint-Laurent (EMSL) est le lieu de rencontre des eaux marines provenant de l'océan Atlantique avec les eaux douces s'écoulant des bassins versants des Grands Lacs et du fleuve Saint-Laurent (figure 1). Les changements de propriétés physico-chimiques observés dans les eaux situées au large de Rimouski doivent donc être interprétés en fonction des phénomènes naturels et anthropiques ayant pu affecter le milieu océanique ainsi que le milieu continental. Selon les travaux de Gilbert *et al.* (2005), les eaux profondes (295 m et plus) de l'EMSL se sont réchauffées de près de 2 °C depuis les années 1930 pendant que la concentration d'oxygène a diminué de moitié (figure 2). Comment expliquer ces changements et quels en sont les impacts? Voilà des questions auxquelles nous apportons quelques éléments de réponse dans cet article où nous soulevons en plus de nouvelles interrogations.

### Courant du Labrador et *Gulf Stream*

Aux profondeurs supérieures à 150 m, les eaux des chenaux profonds du golfe du Saint-Laurent sont le résultat d'un mélange en proportions variées d'eaux froides et

riches en oxygène arrivant du courant du Labrador avec des eaux chaudes et pauvres en oxygène venant de la partie centrale de l'Atlantique nord, qui sont transportées par le *Gulf Stream* (figure 1). Plus la proportion d'eaux du courant du Labrador augmente, plus la température de l'eau est froide et plus la concentration en oxygène est élevée. À l'inverse, plus la proportion d'eaux du *Gulf Stream* augmente, plus la température de l'eau est chaude et plus la concentration en oxygène est faible. Ce mélange de masses d'eau pénètre par l'embouchure du chenal Laurentien au rebord du plateau continental (figure 1). Ensuite, ces eaux profondes accomplissent un périple de quelques années vers l'intérieur du continent (Gilbert, 2004), qui les amène à la tête des trois chenaux Laurentien, Anticosti et Esquiman (figure 1). Au fur et à mesure que les eaux profondes progressent vers la tête de chaque chenal, l'oxygène qu'elles contiennent est progressivement consommé par la décomposition bactérienne de la matière organique qui sédimente à partir de la couche de surface, ainsi que par la respiration des organismes marins. Les plus faibles concentrations en oxygène dissous se trouvent donc à la tête de chaque chenal, là où les eaux sont les plus âgées (figure 3).

En tenant compte des températures et des salinités des masses d'eau du courant du Labrador et de l'Atlantique nord central, Gilbert *et al.* (2005) ont pu calculer que les eaux profondes de l'EMSL échantillonnées durant les années 1930 (Dugal, 1934, Université Laval, 1934, 1936) étaient caractérisées par un mélange approximatif de 72 % d'eau du courant du Labrador et de 28 % d'eau de l'Atlantique nord central. À partir du milieu des années 1980, leurs

*Denis Gilbert, Denis Chabot et Philippe Archambault sont chercheurs à l'Institut Maurice-Lamontagne de Pêches et Océans Canada, à Mont-Joli. Leurs domaines de recherche respectifs portent sur le climat océanique, les sciences halieutiques et la faune benthique.*

*Bernard Rondeau est spécialiste en géochimie fluviale à la Direction générale des Sciences et Technologies d'Environnement Canada, à Montréal.*

*Serge Hébert est spécialiste de la qualité de l'eau à la Direction du suivi de l'environnement du Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, à Québec.*

On peut joindre Denis Gilbert à l'adresse suivante:  
gilbertd@dfo-mpo.gc.ca

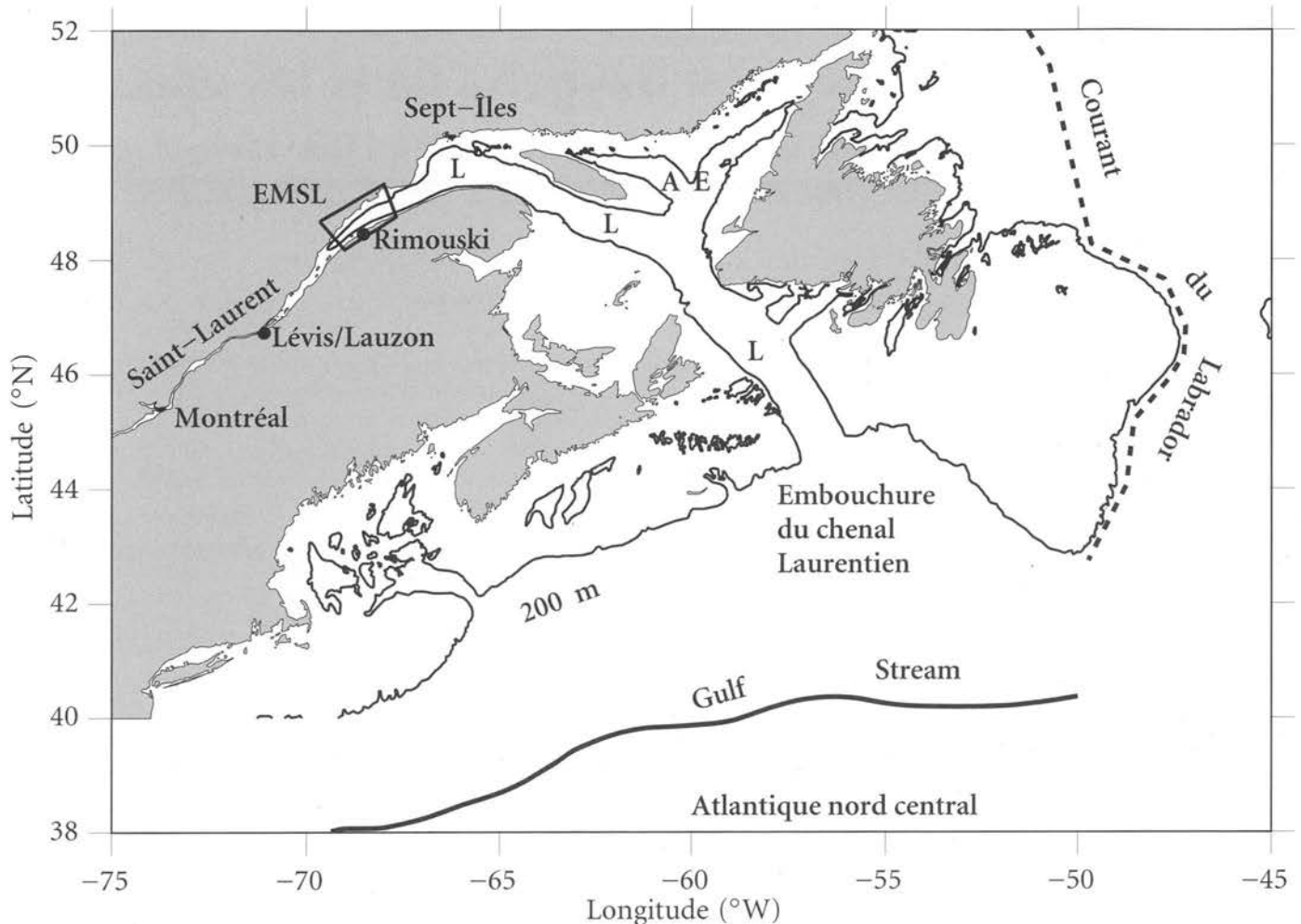


Figure 1. Carte illustrant le bassin central de l'estuaire maritime du Saint-Laurent (EMSL), le courant froid du Labrador, le courant chaud du Gulf Stream, la masse d'eau de l'Atlantique nord central, les chenaux profonds du golfe du Saint-Laurent délimités par l'isobathe de 200 m (L=Laurentien, A=Anticosti, E=Esquiman), ainsi que les stations de monitoring physico-chimique du fleuve Saint-Laurent aux prises d'eau municipale de Lévis (Environnement Canada) et Lauzon (MDDEP)

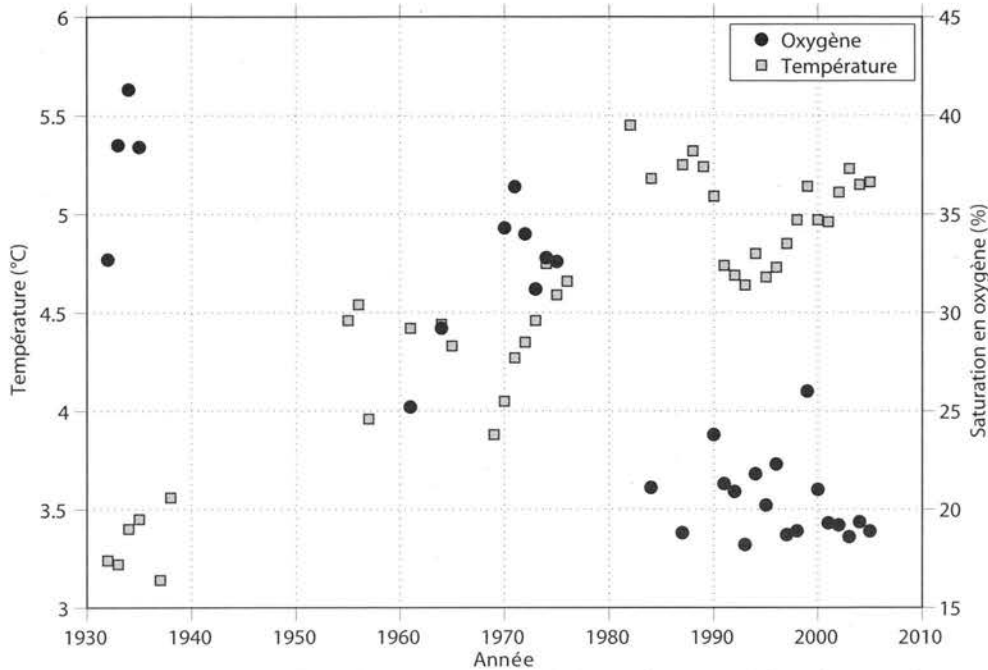
estimations indiquent des proportions approximatives de 53 % d'eau du courant du Labrador et 47 % d'eau de l'Atlantique nord central. Ces changements peuvent entièrement expliquer le réchauffement de 2 °C constaté à la figure 2, mais n'expliquent qu'entre la moitié et les deux tiers de la baisse de concentration d'oxygène observée depuis les années 1930 (figure 2). D'autres facteurs que les changements de masses d'eau doivent donc être invoqués pour expliquer entre le tiers et la moitié de la baisse d'oxygène.

### Augmentation du flux vertical de matière organique

La baisse de teneur en oxygène non attribuable aux changements de proportions de masses d'eau à l'embouchure du chenal Laurentien pourrait s'expliquer par l'un ou l'autre ou encore par une combinaison des processus suivants : 1) un ralentissement de la circulation estuarienne qui augmente le temps de résidence des eaux profondes dans le chenal Laurentien ; 2) une augmentation du flux de matières

organiques d'origine marine (autochtone) de la surface vers le fond marin sur l'ensemble des 1 240 km du chenal Laurentien, attribuable à des variations de la production primaire dans la couche de surface résultant de facteurs naturels et/ou d'un enrichissement anthropique en nitrates et phosphates provenant du bassin versant du Saint-Laurent, et 3) une augmentation du flux de matières organiques d'origine terrigène (allochtone) transportées par les rivières.

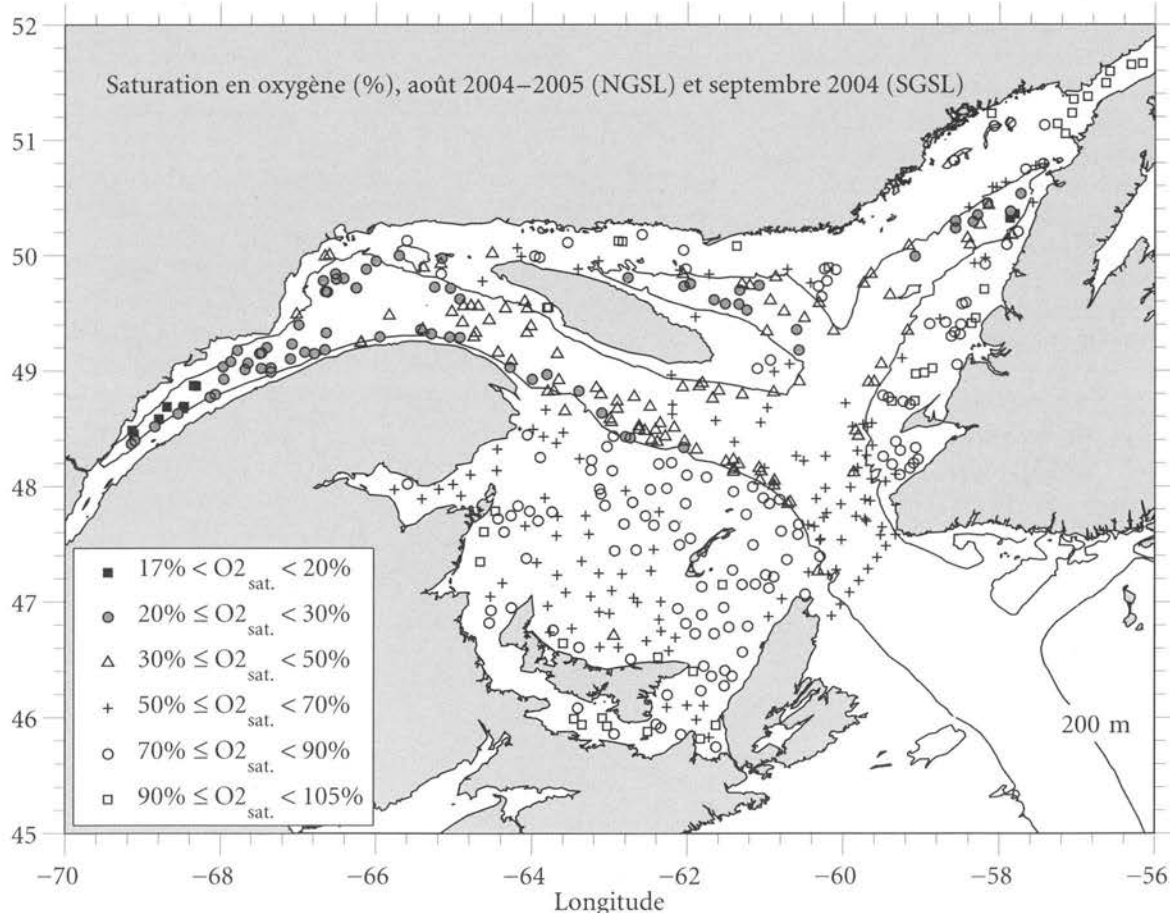
Bien que le premier facteur ne puisse être complètement ignoré en tant que cause possible de l'appauvrissement en oxygène des eaux profondes de l'EMSL, deux sources d'information distinctes nous poussent à l'écart. Tout d'abord, des analyses de signaux de température entre 200 m et 300 m de profondeur le long du chenal Laurentien, pour deux périodes de 26 années chacune, ont suggéré une vitesse de propagation légèrement plus rapide pour la période 1978-2003 que pour la période 1952-1977 (Gilbert, 2004). Cette légère accélération de la circulation profonde aurait dû se traduire par une augmentation de la teneur en oxygène, ce qui n'est



**Figure 2. Série temporelle de la température de l'eau (carrés gris) et du taux de saturation en oxygène (cercles noirs) à 300 m et plus de profondeur au large de Rimouski.** Adapté de Gilbert *et al.*, (2005) et incluant une mise à jour pour les années 2004 et 2005

pas conforme aux observations de la figure 2. Par ailleurs, selon les travaux de modélisation effectués par Benoit *et al.* (2006), les teneurs en oxygène à la tête du chenal Laurentien seraient relativement peu sensibles à la vitesse d'advection des eaux profondes et dépendraient plutôt du coefficient de diffusivité verticale.

Les deux autres processus (2, 3) énumérés plus haut ont pour dénominateur commun l'augmentation du flux vertical de carbone organique vers le fond marin et, conséquemment, une plus forte demande en oxygène. Plourde et Therriault (2004) ont montré que du milieu des années 1980 jusqu'au milieu des années 1990, des hivers plus rigoureux ont entraîné la formation d'une couche mélangée de surface plus épaisse qu'au cours des décennies précédentes. Cette



**Figure 3. Taux de saturation en oxygène mesuré près du fond aux positions des traits de chalut de la mission d'évaluation des poissons de fond en 2004 (sud et nord du golfe) et en 2005 (nord du golfe seulement)**



longue suite d'hivers froids fait partie de la variabilité climatique naturelle (Drinkwater et Gilbert, 2004) et fut caractérisée par des températures estivales de l'eau plus froides que la normale entre 30 m et 100 m de profondeur (Gilbert et Pettigrew, 1997). En se basant sur le constat que plus la couche mélangée de surface est épaisse à la fin de l'hiver, plus la quantité totale de nitrates disponibles pour la floraison phytoplanctonique printanière est importante, Plourde et Therriault (2004) ont suggéré que dans de telles conditions, la production primaire serait plus élevée et dominée par la croissance des diatomées qui sont des cellules phytoplanctoniques relativement grosses. Des floraisons massives de diatomées entraîneraient donc une sédimentation plus grande de matière organique, augmentant ainsi la demande en oxygène des eaux profondes et du sédiment. Ce mécanisme naturel de transport accru du carbone organique vers les eaux profondes s'appliquerait à la grandeur du golfe et possiblement même à la partie du chenal Laurentien située au sud de Terre-Neuve (figure 1).

Par ailleurs, en plus des processus naturels ayant des répercussions sur les teneurs en oxygène des eaux profondes de l'EMSL, divers facteurs anthropiques peuvent augmenter les flux verticaux de matières organiques d'origine terrigène (allochtone) et/ou marine (autochtone) qui caractérisent le processus d'eutrophisation côtière (Nixon, 1995). La croissance démographique humaine, la déforestation, l'érosion des sols, les rejets d'eaux usées industrielles et municipales non traitées, l'épandage de fumiers et l'utilisation accrue de fertilisants minéraux en agriculture sont autant de facteurs ayant pu contribuer à une augmentation du flux vertical de matière organique dans l'EMSL et le golfe au fil des derniers siècles et décennies. Certains de ces facteurs anthropiques ont notamment pu favoriser une augmentation de la productivité primaire des eaux de surface de l'EMSL et du golfe en accroissant les flux de nitrates et de phosphates provenant du bassin versant du Saint-Laurent. Plusieurs exemples de situations estuariennes à travers le monde ont clairement démontré de telles augmentations de flux de nutriments au cours du siècle dernier, avec une accélération notoire du phénomène depuis le début des années 1960 (Cloern, 2001).

Dans l'EMSL, Thibodeau *et al.* (2006) ont montré qu'en deux endroits où des carottes de sédiment furent prélevées, le flux de carbone organique semble s'être accéléré au cours des dernières décennies. De plus, ces deux carottes de sédiments ont permis de détecter l'apparition soudaine, aux alentours de 1960, de deux espèces de foraminifères benthiques (*Brizalina*

*subaenariensis* et *Bulimina exilis*), spécialement adaptées à des conditions environnementales pauvres en oxygène et riches en matière organique. Ces deux espèces étaient rarissimes avant 1960, vraisemblablement en raison d'un flux de matière organique plus faible et de teneurs en oxygène plus élevées. Enfin, notons qu'à l'un des deux endroits de carottage, le rapport isotopique C13/C12 de la matière organique sédimentaire suggère que la fraction d'origine terrigène (Lucotte *et al.*, 1991) a augmenté au détriment de la fraction marine jusqu'à environ 1960, puis cette tendance s'est inversée lorsque la fraction marine s'est mise à augmenter. Au second site de carottage, le même changement de tendance serait survenu autour de 1980 et la fraction marine de la matière organique est également en croissance (Thibodeau *et al.* 2006). Serait-il possible que l'augmentation récente de la fraction de matière organique marine accumulée dans les sédiments soit liée à une augmentation des flux de nitrates et de phosphates dans le fleuve Saint-Laurent et les autres tributaires de l'EMSL? Les augmentations considérables de ventes d'engrais azotés et phosphatés, depuis les années 1960, soutiennent cette hypothèse (figure 4). Toutefois, les programmes de monitoring à long terme des nitrates et des phosphates dans le fleuve n'ont pu détecter ce signal, car ceux-ci n'ont commencé qu'au début des années 1990, après la période de plus forte augmentation des ventes d'engrais. Depuis le milieu des années 1980, les ventes d'engrais phosphatés ont diminué tandis que les ventes d'engrais azotés

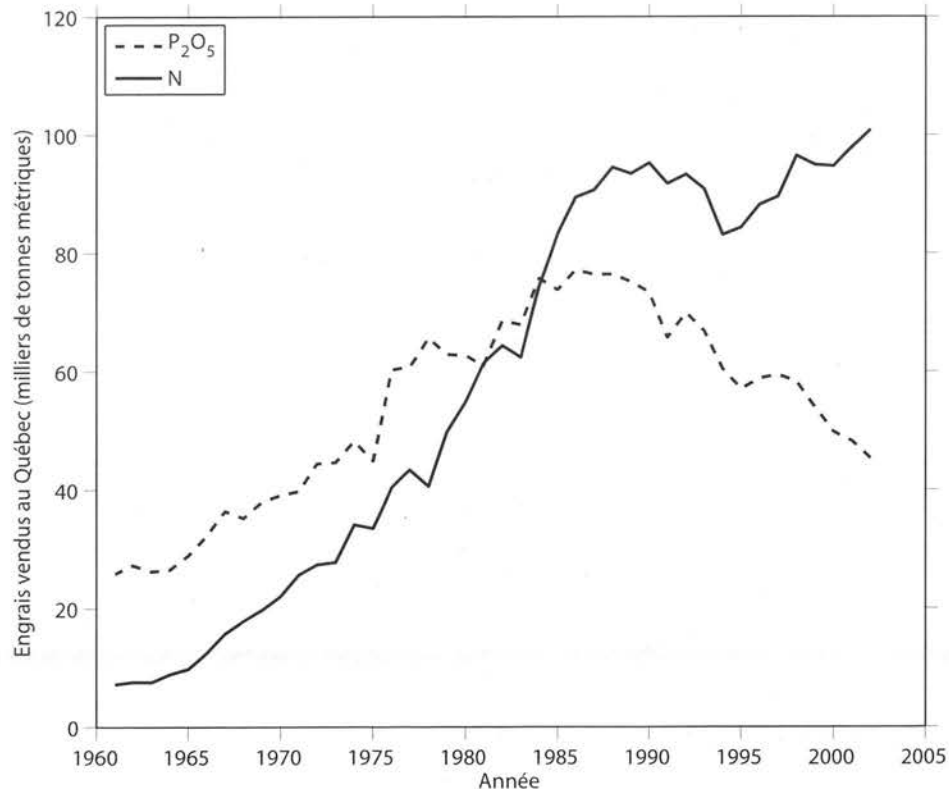


Figure 4. Ventes d'engrais phosphatés et azotés au Québec, de 1961 à 2002. Les ventes sont compilées de juillet à juin, sauf pour l'année 2002 où elles ont été compilées d'août à juillet. Source des données: Agriculture et Agroalimentaire Canada.

ont continué de progresser (figure 4). Il est possible que ces tendances opposées dans les ventes d'engrais azotés et phosphatés puissent entraîner une augmentation du rapport de nutriments N/P dans les eaux du fleuve Saint-Laurent, ce qui pourrait avoir des conséquences qui restent à déterminer sur la composition spécifique du phytoplancton dans l'EMSL (Rabalais, 2004).

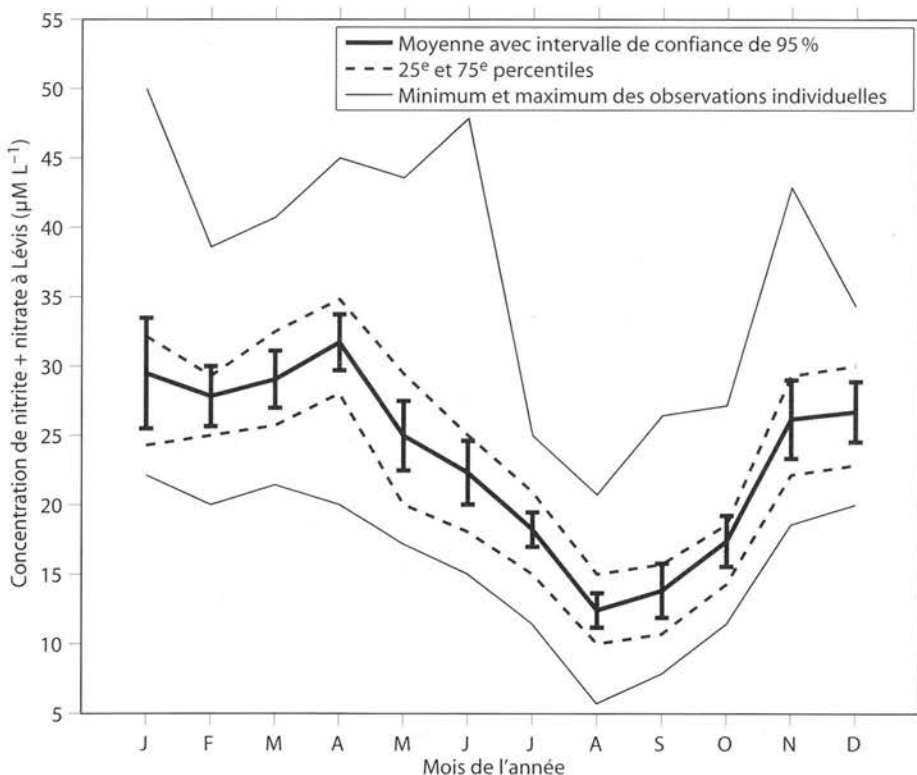
### Flux de nitrates du fleuve Saint-Laurent

Le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) a entrepris en 1990 un programme systématique de suivi des paramètres biologiques, physiques et chimiques de la qualité de l'eau à la station de pompage d'eau municipale de Lauzon. Parallèlement, Environnement Canada entamait en 1995 un programme complémentaire de mesures biologiques, chimiques et physiques de la qualité de l'eau à la station de pompage d'eau municipale de Lévis (figure 1). Nous ne présentons ici que les données de nitrates ( $\text{NO}_x = \text{NO}_2 + \text{NO}_3$ ) issues de ces deux programmes de suivi environnemental (figures 5 et 6). Le cycle annuel moyen de la concentration de nitrates à Lévis, pour la période de 1995 à 2005, montre des moyennes mensuelles avoisinant 30 micromoles par litre de janvier à avril, puis chutant de moitié à 15 micromoles par litre au mois d'août (figure 5). Les valeurs extrêmes de concentration sont asymétriques par rapport à la moyenne, les maximums étant généralement plus distants de la moyenne que les minimums. Cela s'explique principalement par les événements de pluies

abondantes qui ont pour effet de transporter des quantités importantes de nitrates et de phosphates des terres agricoles, pelouses, etc., vers les cours d'eau qui se déversent ultimement dans le fleuve Saint-Laurent, puis dans l'EMSL.

Les concentrations de nitrates observées à Québec (figure 5) sont approximativement trois fois plus élevées que dans la couche de surface (0 à 10 m) de l'EMSL (Brickman et Petrie, 2003), mais cela ne veut pas forcément dire que le flux de nitrates provenant du fleuve Saint-Laurent soit la principale source de nitrates pour les eaux de surface de l'EMSL. Au début de l'été 1975 (fin juin — début juillet), Greisman et Ingram (1977) ont mesuré les concentrations de nitrates du lac Saint-Pierre jusqu'à Pointe-des-Monts (extrémité est de l'EMSL). La distribution superficielle des nitrates, combinée à un modèle de mélange considérant en première approximation les nitrates comme un traceur conservateur, a mené ces auteurs à conclure que le flux de nitrates du fleuve Saint-Laurent à Québec représentait environ 20 % du flux total de nitrates dans les eaux de surface de l'EMSL. Savenkoff *et al.* (2001) ont, quant à eux, utilisé une méthode de modélisation inverse pour conclure que pendant la saison estivale, 18 % du flux de nitrates pénétrant dans la couche de surface de l'EMSL provenait du fleuve Saint-Laurent, ce qui est très proche de l'estimation de Greisman et Ingram (1977) pour la même saison. Environ 80 % du flux de nitrate injecté dans la couche de surface de l'EMSL pendant l'été proviendrait du mélange vertical intense et des remontées d'eaux dans la région de Tadoussac.

Notons toutefois que la concentration en nitrates du fleuve étant maximale en avril (figure 5), mois pendant lequel le débit du Saint-Laurent est généralement lui aussi à son maximum (Gilbert *et al.*, 2004), le flux de nitrates à Québec en avril est typiquement quatre fois plus élevé qu'au mois d'août. Il semble donc fort probable qu'au printemps, le flux de nitrates provenant du fleuve Saint-Laurent puisse représenter une fraction beaucoup plus importante du flux de nitrates vers la couche de surface de l'EMSL que ce qu'ont révélé les deux études estivales citées plus haut. Cette fraction pourrait même parfois surpasser 50 % à un moment ou l'autre de la période printanière, de sorte que le flux de nitrates du fleuve Saint-Laurent représenterait entre 15 et 50 % du flux total de nitrates vers les eaux de surface de l'EMSL, selon les mois de l'année. De tels pourcentages ne sont pas négligeables et peuvent contribuer de façon significative à la productivité primaire soit dans l'EMSL, soit plus en aval, dans la gyre d'Anticosti ou le sud du golfe du Saint-Laurent.



**Figure 5. Cycle annuel de la concentration de nitrates (en micromoles par litre) à la station de monitoring d'Environnement Canada, située à la prise d'eau municipale de Lévis (données de mars 1995 à juillet 2005)**

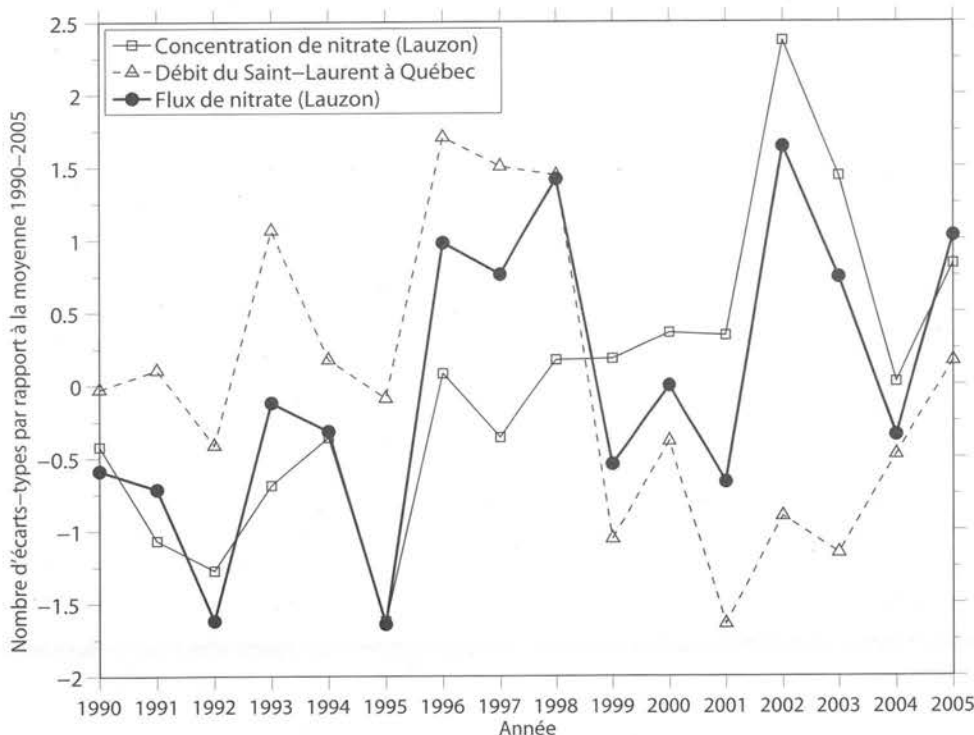
Le flux de nitrates du fleuve a-t-il augmenté au fil des années? Pour tenter de répondre à cette question, la plus longue série de données fiables provient du programme de suivi environnemental du MDDEP à la station de pompage d'eau municipale de Lauzon (figure 1). La figure 6 indique que depuis 1990, il semble y avoir eu une légère augmentation du flux de nitrates à Lauzon, lequel fut calculé ainsi:

1. pour chaque mois de chacune des 16 années, la concentration mensuelle moyenne de nitrates a été multipliée par le débit mensuel moyen du fleuve à Québec (Bourgault et Koutitonsky, 1999) obtenu sur le site internet de l'Observatoire du Saint-Laurent ([www.osl.gc.ca](http://www.osl.gc.ca));
2. pour chacun des 12 mois de l'année, le flux de nitrates mensuel moyen pour la période de 1990 à 2005 a alors été calculé;
3. pour chaque mois de chacune des 16 années, l'écart entre le flux de nitrates observé et le flux de nitrates mensuel moyen 1990-2005 a ensuite été calculé;
4. pour chaque année, la moyenne des écarts mensuels par rapport à la période 1990-2005 fut calculée et, finalement,
5. la série interannuelle ainsi obtenue a été transformée en variable normale  $N(0,1)$ .

Après avoir vérifié au niveau de signification  $\alpha = 0,05$  que la série temporelle du flux de nitrates à Lauzon obéit à une distribution normale (test de Kolmogorov-Smirnov) et que ses données successives sont indépendantes l'une de l'autre (test de corrélation sérielle, Zar, 1999), nous concluons

que la tendance à la hausse du flux de nitrates observée à la figure 6 est marginalement significative au niveau  $p = 0,044$  (une chance sur 23 d'être due au hasard). Les quelques prochaines années de collecte de données de nitrates s'avéreront cruciales pour confirmer ou infirmer si cette tendance à la hausse du flux de nitrates est bien réelle. Cependant, une telle conclusion nous semble plausible compte tenu des nombreuses perturbations anthropiques apportées au cycle de l'azote dans le bassin du Saint-Laurent (Painchaud, 1999; Ministère de l'Environnement, 2003). Selon les travaux de modélisation de Howarth *et al.* (1996), le flux de nitrates actuel dans le bassin du Saint-Laurent serait entre 1,8 et 5,4 fois plus élevé qu'avant l'occupation du territoire par les Européens. Toujours selon Howarth *et al.* (1996), la déposition atmosphérique de NOx anthropique, provenant surtout de la combustion de carburants fossiles et contribuant aux pluies acides, serait aussi importante que l'utilisation des engrais agricoles comme facteur anthropique perturbateur du cycle de l'azote dans le bassin versant du Saint-Laurent. Cette situation contraste fortement avec le bassin versant du fleuve Mississippi où les fertilisants agricoles jouent un rôle trois fois plus important que la déposition atmosphérique de NOx dans la perturbation anthropique du cycle de l'azote (Howarth *et al.*, 1996).

Afin d'améliorer la qualité des eaux marines côtières américaines, des plans de réduction des flux de nitrates et de phosphates sont en vigueur depuis 1987 pour la baie de Chesapeake (Boesch *et al.*, 2001), et depuis 2001 pour le bassin versant du Mississippi (*Mississippi River/Gulf of Mexico Watershed Nutrient Task Force*, 2001). Des plans similaires existent également en Europe depuis plus de 15 ans (Conley *et al.*, 2002). Au Québec, des interventions d'assainissement et des mesures réglementaires ont été mises en place afin de réduire les apports de phosphore dans l'eau et ainsi contrôler l'eutrophisation en eau douce, milieu où le phosphore est le nutriment limitant la productivité primaire. Or, il s'avère que de tels efforts de réduction du phosphore, lorsque non accompagnés de mesures simultanées de réduction des nitrates, peuvent contribuer à aggraver le problème d'eutrophisation dans les eaux estuariennes situées plus en aval (Paerl *et al.*, 2004). Les futurs plans d'amélioration de la qualité de l'eau douce du fleuve devraient donc non seulement viser à réduire l'eutrophisation locale par les phosphates, mais



**Figure 6. Concentrations moyennes annuelles de nitrates ( $\text{NO}_2 + \text{NO}_3$ ) mesurées à la station de monitoring du MDDEP située à la prise d'eau municipale de Lauzon. Le flux de nitrates est obtenu en multipliant le débit du fleuve Saint-Laurent par la concentration de nitrates. Toutes les données ont été normalisées pour la période de 1990 à 2005 (moyenne = 0, écart-type = 1).**



devraient également viser une diminution des nitrates afin de réduire l'eutrophisation distante par les nitrates au niveau de l'EMSL ou du golfe du Saint-Laurent (Paerl *et al.*, 2004).

### Impacts écologiques de l'hypoxie

La teneur en oxygène dissous est une variable importante pour les communautés aquatiques. Le métabolisme des invertébrés et des poissons requiert la présence d'oxygène, même si le métabolisme anaérobie peut être utilisé pour de courtes périodes de déficit en oxygène. L'hypoxie peut compromettre la capacité de nage, de digestion, de croissance et de reproduction des animaux aquatiques (Wu, 2002). Leur survie même peut être compromise, avec comme résultat que l'hypoxie sévère (à moins de 30 % de saturation en oxygène) cause des mortalités massives ou des émigrations de certains poissons ou invertébrés, des changements dans les communautés en favorisant les espèces plus tolérantes, ainsi qu'une baisse de biodiversité et de productivité des écosystèmes (Diaz et Rosenberg, 1995; Wu, 2002). L'hypoxie peut même influencer l'abondance et la distribution des tortues et mammifères marins, qu'on pourrait croire insensibles puisqu'ils ne puisent pas leur oxygène dans l'eau, en modifiant l'abondance ou la distribution de leurs proies (Craig *et al.*, 2001).

Des études réalisées sur la morue à l'Institut Maurice-Lamontagne ont montré que son seuil léthal (CL05, niveau d'oxygène dissous correspondant à 5 % de mortalité sur quatre jours) est de 28 % de saturation (Plante *et al.*, 1998). De plus, le taux de croissance de la morue est réduit lorsque la teneur en oxygène dissous est inférieure à 70 % (Chabot et Dutil, 1999). Ces résultats indiquent que la morue devrait partiellement éviter les zones du Saint-Laurent où il y a moins de 70 % d'oxygène dissous et être absente des zones à moins de 30 % de saturation, sauf pour de possibles courtes excursions. Une comparaison statistique (Perry et Smith, 1994, 20 000 itérations) de la distribution de la morue dans le nord du golfe en fonction de la teneur en oxygène dissous en août 2004 confirme d'ailleurs ces prédictions (figure 7). La ligne représentant la distribution de la morue est sous la ligne montrant la disponibilité des différents niveaux d'oxygène dans le golfe, et la distance maximale entre ces lignes est trop grande pour être due au hasard ( $p = 0,0006$ ). Comme prévu et conformément aux observations antérieures de D'Amours (1993), il n'y a pratiquement pas de morue dans le golfe dans les zones à moins de 30 % de saturation. C'est autour de 65 % de saturation que la pente de la ligne « morue » devient

plus abrupte que celle de la ligne correspondant à la disponibilité de l'oxygène dans le golfe. Cela indique que la morue privilégie les eaux à plus de 65 % d'oxygène dissous, très près de la prédiction de 70 %.

Les relevés de recherche du ministère des Pêches et Océans (MPO) suggèrent que des espèces comme le flétan du Groenland (turbot) et la crevette nordique sont plus tolérantes à l'hypoxie que la morue, car elles sont présentes en grand nombre dans les chenaux profonds, incluant l'estuaire et la tête des chenaux Esquiman et Anticosti (figures 1 et 3). Les résultats présentés à la figure 7 confirment ceci : non seulement ces espèces n'évitent pas les zones hypoxiques, mais plus de 80 % de leur biomasse se trouve dans les zones à moins de 40 % de saturation. Même si ces deux espèces n'ont pas encore été étudiées en laboratoire, cette analyse suggère que leur seuil léthal CL05 se situe à moins de 25 % de saturation. Non seulement le turbot et la crevette nordique n'évitent pas les zones hypoxiques, mais la méthode de Perry et Smith (1994) indique une association positive entre turbots et crevettes et de faibles teneurs en oxygène dissous ( $p < 0,00005$ ). Il est peu probable que de faibles teneurs en oxygène dissous soient favorables à ces espèces, bien qu'une réduction de la prédation par des espèces moins tolérantes comme la morue pourrait constituer un avantage. D'autres caractéristiques des têtes de chenaux pourraient être en cause, par exemple des sources de nourriture plus abondantes ou encore le patron de circulation profonde vers la tête des chenaux qui favoriserait l'accumulation de proies (Simard *et al.*, 1986), la rétention larvaire et l'établissement des juvéniles.

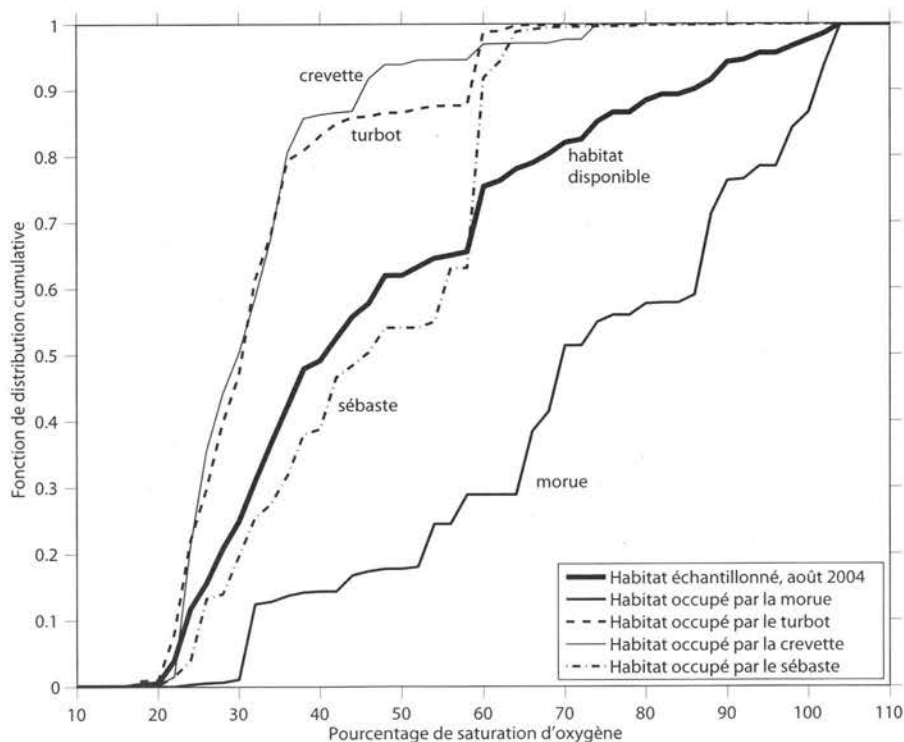


Figure 7. Courbes de distribution cumulative permettant de comparer les conditions ambiantes d'oxygène échantillonnées près du fond, en août 2004, avec les conditions occupées par diverses espèces halieutiques



**Figure 8.** Photo du fond marin prise à 390 m de profondeur, le 21 août 2006, entre l'île d'Anticosti et la péninsule gaspésienne (49.266°N, 64.268°W). Nous y voyons deux espèces de plume de mer, des trous de vers polychètes, et des traces d'invertébrés benthiques. Échelle spatiale : une distance de 10 cm sépare les bandes blanches.

La figure 8 représente le fond marin typique, entre l'île d'Anticosti et la péninsule gaspésienne, avec des cnidaires (deux espèces de plume de mer), des trous de vers et des traces d'activité faunique à la surface du sédiment. En ce qui concerne l'hypothèse de la nourriture plus abondante, nos travaux en mer d'août 2005 indiquent que le ver polychète *Myriochele* a augmenté significativement en abondance de près de huit fois depuis les années 1980 (passant d'une moyenne de 4,8 individus/m<sup>2</sup> à 40 ind./m<sup>2</sup>) dans le secteur de l'EMSL, où l'on trouve de faibles concentrations d'oxygène. Ce polychète est considéré comme une espèce associée à des milieux à fort enrichissement en matière organique. De plus, cette espèce est la première d'une succession de trois espèces de polychètes qui est caractéristique d'un habitat marin passant de l'hypoxie à des événements d'anoxie (Lee *et al.*, 2006).

Il en va de même pour une autre espèce de polychète, *Ampharete*, qui selon nos données préliminaires d'août 2005 serait passée en moyenne de 41 ind./m<sup>2</sup>, en 1980, au large de Rimouski à plus de 114 ind./m<sup>2</sup>, en 2005 (au large de Trois-Pistoles, l'augmentation étant de 1,06 à 53,3 ind./m<sup>2</sup>). De plus, cette espèce semble être la proie favorite de la plie arctique (*Liopsetta glacialis*) selon Atkinson et Percy (1992). Il a également été observé dans l'estuaire de la Rance (France) que quatre espèces de poissons de fond (dont un type de plie) étaient en compétition pour s'alimenter sur des vers *Ampharete* (Mao, 1986). L'augmentation d'abondance de ces espèces pourrait en partie expliquer l'attrait de certains poissons de fond pour ce secteur. Par contre, d'autres groupes taxonomiques semblent avoir diminué en abondance dans l'EMSL, en août 2005, comparativement aux années 1980, tels les échinodermes et les cnidaires. Il est donc important

d'étudier l'influence des changements dans les caractéristiques des communautés d'invertébrés benthiques sur les communautés de poissons de fond.

Le sébaste est la dernière espèce représentée sur la figure 7 et il constitue un exemple d'espèce dont la distribution n'est pas influencée par l'oxygène. La ligne « sébaste » ne se distingue pas significativement de la ligne représentant la disponibilité des différents niveaux d'oxygène dissous dans le golfe, indiquant à tout le moins qu'en août 2004, le sébaste utilisait l'habitat indifféremment de la disponibilité en oxygène ( $p = 0,48$ ).

### Travaux futurs

Nos connaissances sur l'étendue spatiale et temporelle de l'hypoxie dans l'estuaire maritime du Saint-Laurent ont progressé de façon importante au cours des deux dernières années. Nous n'en sommes toutefois qu'au début de nos travaux afin de mieux comprendre les causes ainsi que les impacts biogéochimiques et écologiques de cette situation. Dans le cas d'espèces halieutiques comme la crevette nordique, le crabe des neiges, le turbot et le sébaste par exemple, nous ignorons leur seuil létal de même que la gamme de teneurs en oxygène qui ont un impact négatif sur leur digestion, leur croissance, leur capacité de nage et leur reproduction. Il faudrait aussi mieux déterminer l'importance des organismes benthiques dans le fonctionnement de l'écosystème (bioturbation, dégradation de la matière organique, source de nourriture pour d'autres espèces, etc.). Est-ce que la diminution de la biodiversité benthique affecte négativement le fonctionnement de l'écosystème? Il reste encore beaucoup d'incertitudes concernant l'importance relative des flux de matière organique d'origine terrigène et marine dans les changements d'oxygène observés depuis un siècle dans les eaux profondes de l'EMSL, où une certaine hétérogénéité spatiale existe en raison de la présence d'importants panaches de rivière (Saguenay, Betsiamites, Manicouagan, Outardes). Les changements climatiques liés à l'augmentation des gaz à effet de serre feront-ils diminuer davantage la fraction d'eau du courant du Labrador qui entre dans le chenal Laurentien? Quels sont les facteurs responsables des faibles teneurs en oxygène observées à la tête des chenaux Anticosti et Esquiman? Le développement et la reproduction du zooplancton sont-ils influencés par l'hypoxie? En particulier, est-ce que le krill et autres proies des baleines de la région de Tadoussac – Escoumins sont affectés par le manque d'oxygène, ce qui risquerait de nuire à l'industrie récréotouristique d'observation des baleines? Le rapport azote/phosphore (N/P) est-il en train d'augmenter dans les eaux du fleuve Saint-Laurent? Et si tel est le cas, quelles en sont les conséquences sur la composition des espèces phytoplanctoniques dominantes de l'EMSL? Voilà quelques-unes des questions auxquelles plusieurs chercheurs universitaires et gouvernementaux comptent s'attaquer au cours des prochaines années.

## Remerciements

Nous remercions Jean Painchaud et Jean-Claude Therriault pour leurs nombreuses suggestions qui ont aidé à clarifier le texte. ◀

## Références

- ATKINSON, E.G. and J.A. PERCY, 1992. Diet comparison among demersal marine fish from the Canadian Arctic. *Polar Biol.*, 11: 567-573.
- BENOIT, P., Y. GRATTON and A. MUCCI, 2006. Modeling of dissolved oxygen levels in the bottom waters of the Lower St. Lawrence Estuary: Coupling of benthic and pelagic processes. *Marine Chemistry*, 102: 13-32.
- BOURGAULT, D. and V.G. KOUTITONSKY, 1999. Real-time monitoring of the freshwater discharge at the head of the St. Lawrence Estuary. *Atmosphere-Ocean*, 37: 203-220.
- BOESCH, D.F., R.B. BRINSFIELD and R.E. MAGNIEN, 2001. Chesapeake Bay eutrophication: scientific understanding, ecosystem restoration, and challenges for agriculture. *J. Environ. Qual.*, 30: 303-320.
- BRICKMAN, D. and B. PETRIE, 2003. Nitrate, silicate and phosphate atlas for the Gulf of St. Lawrence. *Can. Tech. Rep. Hydrogr. Ocean Sci.*, 231: xi + 152 p.
- CHABOT, D. and J.-D. DUTIL 1999. Reduced growth of Atlantic cod in non-lethal hypoxic conditions. *J. Fish Biology*, 55: 472-491.
- CLOERN, J.E., 2001. Our evolving conceptual model of the coastal eutrophication problem. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 210: 223-253.
- CONLEY, D.J., S. MARKAGER, J. ANDERSEN, T. ELLERMANN and L.M. SVENDSEN, 2002. Coastal eutrophication and the Danish national aquatic monitoring and assessment program. *Estuaries*, 25: 848-861.
- CRAIG, J.K., L.B. CROWDER, C.D. GRAY, C.J. MCDANIEL, T.A. HENWOOD and J.G. HANIFEN, 2001. Ecological effects of hypoxia on fish, sea turtles, and marine mammals in the northwestern Gulf of Mexico. p. 269-292, In «Coastal hypoxia: consequences for living resources and ecosystems» (N.N. Rabalais and R.E. Turner, editors) Coastal and Estuarine Studies # 58, American Geophysical Union, Washington D.C., USA.
- D'AMOURS, D., 1993. The distribution of cod (*Gadus morhua*) in relation to temperature and oxygen levels in the Gulf of St. Lawrence. *Fish. Oceanogr.*, 2: 24-29.
- DIAZ, R.J. and R. ROSENBERG, 1995. Marine benthic hypoxia: A review of its ecological effects and the behavioural responses of benthic macrofauna. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 33: 245-303.
- DRINKWATER, K.F. and D. GILBERT, 2004. Hydrographic variability in the waters of the Gulf of St. Lawrence, the Scotian Shelf and the eastern Gulf of Maine (NAFO Subarea 4) during 1991-2000. *J. Northw. Atl. Fish. Sci.*, 34: 85-101.
- DUGAL, L.-P., 1934. Observations sur le chlore total et l'oxygène dissous de l'estuaire du Saint-Laurent, saisons 1932-1933. *Le Naturaliste canadien*, 61: 165-181.
- GILBERT, D. and B. PETTIGREW, 1997. Interannual variability (1948-1994) of the CIL core temperature in the Gulf of St. Lawrence. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 54 (Suppl. 1): 57-67.
- GILBERT, D., B. SUNDBY, C. GOBEIL, A. MUCCI and G.-H. TREMBLAY, 2005. A seventy-two-year record of diminishing deep-water oxygen in the St. Lawrence estuary: The northwest Atlantic connection. *Limnol. Oceanogr.*, 50: 1654-1666.
- GILBERT, D., P.S. GALBRAITH, C. LAFLEUR and B. PETTIGREW, 2004. Physical Oceanographic Conditions in the Gulf of St. Lawrence in 2003. Canadian Science Advisory Secretariat Research Document 2004/061, 63 p.
- GILBERT, D., 2004. Propagation of temperature signals from the northwest Atlantic continental shelf edge into the Laurentian Channel. *ICES CM 2004/N:07*, 12 p.
- GREISMAN, P. and G. INGRAM, 1977. Nutrient distribution in the St. Lawrence Estuary. *J. Fish. Res. Board Can.*, 34: 2117-2123.
- HOWARTH, R.W., G. BILLEN, D. SWANEY, A. TOWNSEND, N. JAWORSKI, K. LAJTHA, J.A. DOWNING, R. ELMGREN, N. CARACO, T. JORDAN, F. BERENDSE, J. FRENEY, V. KUDEYAROV, P. MURDOCH and Z. ZHAO-LIANG, 1996. Regional nitrogen budgets and riverine inputs of N and P for the drainages to the North Atlantic Ocean: natural and human influences. *Biogeochemistry*, 35: 75-139.
- LEE, H.W., J.H. BAILEY-BROCK and M.M. MCGURR, 2006. Temporal changes in the polychaete infaunal community surrounding a Hawaiian mariculture operation. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 307: 175-185.
- LUCOTTE, M., C. HILLAIRE-MARCEL and P. LOUCHOUARN, 1991. First-order organic carbon budget in the St. Lawrence Lower Estuary from <sup>13</sup>C data. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 32: 297-312.
- MAO, P.L., 1986. Feeding relationships between the benthic infauna and the dominant benthic fish of the Rance Estuary (France). *J. Mar. Biol. Ass. UK.*, 66: 391-401.
- MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT, 2003. Synthèse des informations environnementales disponibles en matière agricole au Québec. Direction des politiques du secteur agricole, ministère de l'Environnement, Québec, Environdoq ENV/2003/0025, 143 p.
- MISSISSIPPI RIVER/GULF OF MEXICO WATERSHED NUTRIENT TASK FORCE. 2001. Action plan for reducing, mitigating, and controlling hypoxia in the northern Gulf of Mexico. Washington, DC.
- NIXON, S.W., 1995. Coastal marine eutrophication: a definition, social causes and future concerns. *Ophelia*, 41: 199-219.
- PAERL, H.W., L.M. VALDES, A.R. JOYNER, M.F. PIEHLER and M.E. LEBO, 2004. Solving problems resulting from solutions: Evolution of a dual nutrient management strategy for the eutrophying Neuse River Estuary, North Carolina. *Environ. Sci. Technol.*, 38: 3068-3073.
- PAINCHAUD, J., 1999. La production porcine et la culture du maïs. Impacts potentiels sur la qualité de l'eau. *Le Naturaliste canadien*, 123(1): 41-46.
- PERRY, R.I. and S.J. SMITH, 1994. Identifying habitat associations of marine fishes using survey data: an application to the NW Atlantic. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 51: 589-602.
- PLANTE, S., D. CHABOT and J.-D. DUTIL, 1998. Hypoxia tolerance in Atlantic cod. *J. Fish Biology*, 53: 1342-1356.
- PLOURDE, J. and J.-C. THERRIAULT, 2004. Climate variability and vertical advection of nitrates in the Gulf of St. Lawrence, Canada. *Mar. Ecol. Progr. Series*, 279: 33-43.
- RABALAIS, N.N., 2004. Eutrophication. In *The Sea*, Volume 13, edited by Allan R. Robinson, James McCarthy, and Brian J. Rothschild, Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, p. 819-865.
- SAVENKOFF, C., A.F. VÉZINA, P.C. SMITH and 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.
- SIMARD, Y., J.-C. THERRIAULT and R. de LADURANTAYE, 1986. Aggregation of euphausiids along a coastal shelf in an upwelling environment. *Mar. Ecol. Progr. Series*, 32: 203-215.
- THIBODEAU, B., A. DE VERNAL and A. MUCCI, 2006. Recent eutrophication and consequent hypoxia in the bottom waters of the Lower St. Lawrence Estuary: Micropaleontological and geochemical evidence. *Marine Geology*, 231: 37-50.
- UNIVERSITÉ LAVAL, 1934. Station biologique du Saint-Laurent à Trois-Pistoles, deuxième rapport 1932-1933. Station biologique du Saint-Laurent à Trois-Pistoles, Université Laval, Québec, 66 p.
- UNIVERSITÉ LAVAL, 1936. Station biologique du Saint-Laurent à Trois-Pistoles, troisième rapport 1934-1935. Station biologique du Saint-Laurent à Trois-Pistoles, Université Laval, Québec, 91 p.
- WU, R.S.S., 2002. Hypoxia: from molecular responses to ecosystem responses. *Marine Pollution Bulletin*, 45: 35-45.
- ZAR, J.H., 1999. *Biostatistical analysis*. 4th ed., Prentice-Hall, Upper Saddle River, N.J. 929 p.



# Les parcs nationaux du Québec: herpétofaune, intégrité écologique et conservation

Patrick Galois, Martin Ouellet et Christian Fortin

## Résumé

Le Québec compte actuellement 22 parcs nationaux qui couvrent une superficie totale de 6 404 km<sup>2</sup>. La popularité croissante de ces parcs rend la conciliation des mandats de conservation et de récréation de plus en plus conflictuelle. L'intégrité écologique de ces aires protégées est également menacée par des pressions anthropiques périphériques, phénomène accentué par la faible superficie de la majorité des parcs. Le maintien de corridors entre les parcs et les autres aires protégées ainsi que l'intégration des effets anticipés liés aux changements climatiques constituent de nouveaux défis. Ces enjeux de conservation sont abordés en utilisant principalement les amphibiens et les reptiles comme exemples. Nous nous référons à la littérature scientifique et à nos récents travaux de recherche réalisés dans des parcs nationaux du sud du Québec, soit ceux du Mont-Mégantic, du Mont-Saint-Bruno et d'Oka, pour illustrer comment les amphibiens et les reptiles peuvent représenter des espèces sentinelles de l'environnement. Ainsi, l'utilisation de l'herpétofaune gagnerait à être valorisée afin qu'elle joue son plein rôle, avec d'autres indicateurs, dans le programme de suivi de l'intégrité écologique des parcs nationaux du Québec.

## Rôle des parcs nationaux et représentativité

Les parcs québécois ont été créés, entre autres, afin de représenter la diversité de la faune, de la flore et des paysages du Québec. Les 22 parcs nationaux actuels sont répartis à travers la province et couvrent une superficie totale de 6 404 km<sup>2</sup>. Ils présentent une grande variabilité en étendue, allant de 0,62 km<sup>2</sup> (Miguasha) à 1 510 km<sup>2</sup> (Mont-Tremblant). Différents critères (espèces rares, géologie, paysage naturel ou anthropique, potentiel récréatif) et différentes contraintes ont modulé l'établissement de ces parcs. Ils ont été établis le plus souvent sans connaissance exhaustive de la diversité et de la dynamique de leurs écosystèmes. Ainsi, aujourd'hui, le réseau d'aires protégées du Québec est loin de couvrir toute la richesse en espèces et en habitats de la province, particulièrement dans le sud (Sarakinis *et al.*, 2001). C'est pourtant dans cette région que la biodiversité et le nombre d'espèces à statut précaire sont le plus élevés et subissent les menaces les plus fortes. Cette situation n'est pas unique au Québec et est observée à l'échelle canadienne (Rivard *et al.*, 2000; Deguise and Kerr, 2006), nord-américaine (Scott *et al.*, 2001) et mondiale (Rodrigues *et al.*, 2004). Avec moins de 5,8 % du territoire québécois protégé (Bouchard, 2005), voire autour de seulement 3 % selon la méthode de calcul, les parcs nationaux constituent un chaînon des plus importants dans le

contexte actuel de perte d'habitat, en particulier dans le sud du Québec. D'ailleurs, leur mandat de conservation est prioritaire depuis 2001 à la suite de la modification de la *Loi sur les parcs*.

## Les amphibiens et les reptiles comme sentinelles de l'environnement

La mise en place progressive de programmes de suivi de l'intégrité écologique des parcs nationaux depuis 2003 implique la réalisation d'un bilan initial qui servira de point de référence dans le futur (Graillon, 2004). Une première étape consiste à rassembler l'information disponible sur les écosystèmes présents, à la compléter et à identifier les menaces internes et externes. À cet égard, les amphibiens et les reptiles ont été en général négligés. Les connaissances de base sur leur présence, leur répartition et leur abondance sont souvent inexistantes. Pourtant, les amphibiens sont reconnus comme sentinelles de l'environnement, car ils sont d'excellents indicateurs de l'état de santé des milieux (ex.: Ouellet *et al.*, 1997; Davic et Welsh, 2004). Même si leur diversité est moindre dans le nord du Québec, ils ont l'avantage, comme groupe, de présenter une large répartition avec certaines espèces dont l'aire de distribution s'étend jusque dans la zone du pergélisol, ainsi que dans des endroits géographiquement isolés comme le parc national d'Anticosti (Ouellet *et al.*, 2006). De plus, un grand nombre d'amphibiens et de reptiles sont en situation précaire au Québec et subissent des déclinés importants à travers le monde (Gibbons *et al.*, 2000; Houlihan *et al.*, 2000). Une étude récente indique d'ailleurs que 32,5 % des 5 743 espèces d'amphibiens présentement connues sont menacées d'extinction à travers le monde et que ce groupe animal décline plus rapidement que les oiseaux et les mammifères (Stuart *et al.*, 2004). C'est donc dans ce contexte que nous avons entrepris, il y a quelques années, un projet de recherche visant à recueillir des données sur les amphibiens et les reptiles des collines montérégienues (Ouellet *et al.*, 2005a), ce qui nous a conduits, entre autres, dans des parcs nationaux.

*Patrick Galois est docteur en biologie et chercheur spécialisé en herpétologie pour Amphibia-Nature. Martin Ouellet est médecin vétérinaire, herpétologiste et chercheur en environnement pour Amphibia-Nature. Christian Fortin est biologiste spécialisé en écologie animale pour FORAMEC.*

Différentes méthodes et analyses doivent être prises en compte dans l'utilisation de l'herpétofaune comme bio-indicateur. Ainsi, la route d'écoute des anoues constitue actuellement dans certains parcs l'un des indicateurs dans le programme de suivi de l'intégrité écologique. Cette méthode présente plusieurs limites rendant difficile la détection des fluctuations de population, notamment en raison de fortes variations naturelles de l'intensité des chants (Bonin *et al.*, 1997; Ouellet et Galois, 2006). Le choix des stations, les conditions météorologiques, l'heure de la journée, la période de reproduction, les sources sonores anthropiques, la subjectivité dans l'attribution des cotes d'abondance selon l'observateur et l'espèce sont d'autres facteurs qui rendent difficile l'interprétation des résultats. Des données complémentaires sont nécessaires, notamment sur la répartition, la dynamique, l'état de santé (maladies infectieuses, malformations) et la génétique des populations. Elles sont aussi complétées par la collecte d'informations sur les habitats essentiels et l'identification des menaces.

### Perte et modification d'habitat

Les différences observées aujourd'hui dans la composition des communautés végétales et animales dans une aire donnée reposent sur la biogéographie (ex.: climat, voies de dispersion lors des retraites glaciaires) et la disponibilité en habitats adéquats, mais découlent aussi de l'évolution et de perturbations passées et présentes. Par exemple, une étude portant sur la diversité actuelle des mammifères dans 36 parcs à travers le Canada, par rapport à celle de l'époque précédant la colonisation européenne, indique une perte d'espèces au Québec pour les parcs nationaux des Grands-Jardins, de la Jacques-Cartier et du Mont-Tremblant (Gurd et Nudds, 1999). Une partie de cette perte s'explique notamment par les modifications importantes des habitats lors du passage du paysage forestier au paysage agricole. Ce phénomène de perte et de modification de l'habitat s'est accentué au cours des dernières décennies (Bélanger et Grenier, 2002; Kerr et Cihlar, 2004), associé à des pertes d'espèces, par exemple dans des parcs canadiens fédéraux (Rivard *et al.*, 2000) et dans d'autres aires protégées (Ouellet *et al.*, 2004, 2005a).

Les trois parcs nationaux que nous avons le plus étudiés, soit ceux du Mont-Mégantic (figure 1), du Mont-Saint-Bruno (figure 2) et d'Oka (figure 3), illustrent ces différentes tendances dans le sud du Québec (tableau 1) (Ouellet et Galois, 2004, 2005, 2006). Les parcs du Mont-Saint-Bruno et d'Oka, situés dans la partie du Québec où la biodiversité est la plus riche, présentent une surface protégée très faible et sont soumis à des pressions pourtant plus fortes en périphérie (figure 4). Les impacts anthropiques sur les écosystèmes sont également plus intenses à l'intérieur de ces parcs très fréquentés. Leur surface dédiée à la préservation, incluant la préservation

extrême, ne représente qu'au mieux 65,8 % (parc national du Mont-Saint-Bruno) de leur aire totale. Quant au parc du Mont-Mégantic, le plus étendu des trois, il est à l'écart des grands centres urbains et subit moins de pressions internes. Le maintien à long terme de la biodiversité de ces sites représente donc des défis très variables.

### Une question de taille

La théorie de la biogéographie des îles (MacArthur et Wilson, 1963) illustre l'importance de la superficie d'une aire protégée pour la conservation à long terme des espèces. Cette théorie stipule, entre autres, que plus une île est petite et plus elle est isolée, moins elle supportera d'espèces. Dans une étude portant sur 28 îles du parc national du Canada des Îles-de-la-Baie-Georgienne, le nombre d'espèces de vertébrés terrestres présents était expliqué en grande partie par la surface de l'île (Schmiegelow et Nudds, 1987). Une étude



Figure 1. Paysage naturel en périphérie du parc national du Mont-Mégantic



Figure 2. Matrice agricole et urbaine autour du parc national du Mont-Saint-Bruno

plus récente portant sur l'herpétofaune des îles des Grands Lacs démontre également que les plus grandes îles abritent plus d'espèces (Hecnar *et al.*, 2002). Dans ces deux études, la capacité de dispersion des espèces est un autre facteur qui module la présence des espèces sur les îles en fonction de leur éloignement du continent, notamment pour l'herpétofaune. D'autres études indiquent que plus la dimension et la diversité d'un écosystème sont grandes, plus les chances de maintien à long terme de la biodiversité et de l'intégrité écologique de cet écosystème sont élevées (Fahrig, 1997; Findlay et Houlahan, 1997). La taille réduite d'une population et son isolement sont aussi des facteurs augmentant le risque d'extinction en raison de la perte de diversité génétique et la réduction de son adaptabilité (Reed et Frankham, 2003). Elle est alors plus susceptible de disparaître à la suite d'un événement catastrophique ou d'une épidémie (Frankham, 1995).

Le parc national d'Oka abrite une riche diversité floristique et faunique, mais en raison de l'absence de prédateurs naturels en nombre suffisant, la population de castors est en expansion depuis plusieurs années (figure 5). Certains éléments de l'écosystème et des infrastructures sont affectés, en particulier l'érablière argentée, un des habitats que la création du parc visait à protéger. Le castor modifie de façon importante son milieu, notamment le milieu aquatique dont dépend un grand nombre d'espèces d'amphibiens et de reptiles (Ouellet et Galois, 2006). Des mesures de gestion du castor ont donc été planifiées en tenant compte de l'herpétofaune et d'autres groupes comme l'avifaune et la flore (Fortin *et al.*, 2006). Cet exemple illustre l'importance de la superficie d'un parc en particulier lorsque certaines espèces peuvent avoir un impact marqué sur leur habitat.

### Menaces à l'intérieur des parcs

Au-delà des attraits naturels, la localisation géographique des parcs influence certainement leur fréquentation, notamment par la proximité de centres urbains. Ainsi, les parcs du Mont-Saint-Bruno et d'Oka ont reçu plus de 400 000 visiteurs en 2005 alors que le parc du Mont-Mégantic en a reçu dix fois moins au cours de cette même année. Les impacts d'une telle fréquentation sur une aire plus réduite seront donc plus sévères et les risques de dégradation ou de non-respect des règles plus élevés (Pomerantz *et al.*, 1988). Permettre l'accès du public au patrimoine naturel est normal et souhaitable. Cependant, l'accessibilité doit prendre en compte la capacité de support du milieu et sa tolérance aux perturbations. Des décisions telles que la fermeture de secteurs au public et une restriction du nombre de visiteurs sont alors des moyens à considérer sérieusement (Pomerantz *et al.*, 1988).

Une augmentation de la fréquentation s'accompagne généralement du développement des infrastructures (hébergement, piste cyclable, route, stationnement) pour accueillir les visiteurs plus nombreux (Rivard *et al.*, 2000; Sépaq, 2006). Le parc national d'Oka a reçu jusqu'à un million de visiteurs par an jusqu'en 1990, attirés en grande partie par sa plage naturelle de sept kilomètres. Une large route asphaltée, le chemin des Collines, traverse le parc d'est en ouest. Sa construction visait à désengorger la route 344 menant au village d'Oka. Nous constatons aujourd'hui qu'elle constitue une source importante de mortalité animale (figure 6), notamment pour certaines espèces herpétofauniques (Ouellet et Galois, 2006). Par exemple, au moins quatre des cinq espèces de couleuvres inventoriées dans le parc jusqu'à présent sont victimes de la route, dont la couleuvre d'eau, une espèce à statut précaire (figure 7). Un large stationnement a aussi été aménagé en bordure de la plage. Ce secteur, très fréquenté l'été, ne bénéficie actuellement d'aucune zone de préservation à accès restreint. Ce type d'habitat est



Figure 3. Le parc national d'Oka: la colline du Calvaire vue de l'embouchure de la rivière aux Serpents



Figure 4. La carrière et le centre de ski, voisins immédiats du parc national du Mont-Saint-Bruno



Tableau 1. Caractérisation des parcs nationaux du Mont-Mégantic, du Mont-Saint-Bruno et d'Oka<sup>a</sup>.

Caractéristique / Parc national	Mont-Mégantic	Mont-Saint-Bruno	Oka
Année de création	1994	1985	1990
Coordonnées géographiques (NAD 83)	45° 27' N, 71° 09' O	45° 33' N, 73° 19' O	45° 31' N, 74° 07' O
Altitude de la base/altitude maximale (m)	430 / 1105	30 / 208	25 / 170
Superficie (km <sup>2</sup> )	55	7,9	23,7
Aire de préservation <sup>b</sup> (km <sup>2</sup> )	19,4	4,9	5,9
Aire de préservation extrême <sup>c</sup> (km <sup>2</sup> )	0	0,3	0,1
Nombre de visiteurs par année	40 000	> 400 000	> 500 000
Réseau de sentiers pédestres (km)	50	29	22
Réseau de piste cyclable (km)	6	7,7	11,9
Réseau de ski de fond et raquette (km)	57	42	68
Réseau routier asphalté ouvert au public (km)	6	3,5	13 (+ 15 en gravier)
Nombre d'emplacements de camping	13	0	891
Nombre de refuges et/ou chalets (capacité en personnes)	10 (66)	9 <sup>d</sup>	1 (48)
Attraits principaux	Observatoire astronomique	Lacs	Plage, Calvaire d'Oka
Activités périphériques	Agriculture, foresterie, pâturage, villégiature	Agriculture intensive, carrière, centre de ski, champ de tir, développement urbain	Agriculture, développement urbain, nautisme, pomiculture

<sup>a</sup> Source : Sépaq (2006).

<sup>b</sup> Secteur à activité contrôlée et avec limitation des modifications du milieu naturel.

<sup>c</sup> Secteur dont l'accès est interdit au public et qui ne supporte aucun aménagement en raison de la fragilité des milieux.

<sup>d</sup> Habitations privées.

pourtant propice à de nombreuses espèces, notamment aux tortues pour la ponte (Ouellet et Galois, 2006).

Les routes ont un impact majeur sur les écosystèmes (Forman et Alexander, 1998) et elles sont reconnues comme un facteur de mortalité important des amphibiens et des

reptiles (Ashley et Robinson, 1996; Gibbs et Shriver, 2002). Elles sont utilisées par l'herpétofaune lors de déplacements saisonniers ou réguliers. Elles attirent les couleuvres par leurs caractéristiques thermiques et les tortues par leurs abords aménagés en gravier, propices à la ponte. Elles constituent également des barrières physiques pour certaines espèces à faible mobilité ou nécessitant une continuité d'habitat (Fahrig *et al.*, 1995; Forman et Alexander, 1998; Gibbs, 1998). Une première campagne de sensibilisation sur la traversée des routes du parc national d'Oka par les tortues a été réalisée en 2005 à l'aide de panneaux de signalisation placés dans les secteurs sensibles. D'autres mesures devront être envisagées afin de réduire l'impact de ces infrastructures.

### Menaces à l'extérieur des parcs

Certains parcs nationaux sont de plus en plus isolés en raison de la perte d'habitats naturels sur leur périphérie. De plus, toute modification du milieu sur le pourtour engendre généralement de nouvelles sources de perturbation (UQCN, 2005). La diversité en espèces se modifie en faveur d'espèces exotiques et d'espèces indigènes généralistes moins vulnérables au dérangement et elle décline globalement (Rivard *et al.*, 2000). Par exemple, la réserve de la biosphère du mont Saint-Hilaire a perdu



Figure 5. La saine gestion du castor au parc national d'Oka ou comment tenir compte des aspects positifs des activités du castor sur l'habitat de l'herpétofaune



Figure 6. La route des Collines : source de mortalité routière pour les amphibiens et les reptiles dans le parc national d'Oka



Figure 7. La couleuvre d'eau (*Nerodia sipedon*), une espèce à statut précaire au parc national d'Oka

quatre espèces d'amphibiens au cours des 40 dernières années en relation principalement avec la modification des habitats sur son pourtour (Ouellet *et al.*, 2005a). À proximité, le mont Saint-Bruno, comme le mont Saint-Hilaire, a vu disparaître la rainette faux-grillon de l'Ouest (*Pseudacris triseriata*) dans sa proche périphérie à la suite de la perte d'habitats au profit du développement urbain et de l'agriculture intensive. Un noyau persiste sur la montagne en périphérie du parc, sur un champ de tir du ministère de la Défense nationale (Fortin *et al.*, 2005), mais l'avenir de cette population est incertain en raison de son isolement. Afin d'assurer la pérennité de ces populations, le maintien et la restauration d'une zone tampon aussi large que possible et permettant de les désenclaver doivent être priorités.

La salamandre à deux lignes (*Eurycea bislineata*) pourrait elle aussi devenir enclavée dans le parc national

d'Oka. Ce dernier abrite le tronçon aval de plusieurs ruisseaux qui traversent des milieux agricoles et des milieux résidentiels avant de rejoindre le lac des Deux-Montagnes. Ces cours d'eau sont altérés le long de leur parcours et la bande riveraine est absente ou réduite sur certains tronçons. Un projet d'exploitation minière de niobium pourrait également affecter le cours amont de l'un d'eux, le ruisseau Rousse, notamment par le réchauffement de l'eau (BAPE, 2005). La population de salamandres pourrait donc être morcelée en petites pochettes et même disparaître de certains secteurs. La restauration des bandes riveraines est donc primordiale (Naiman *et al.*, 1993; Burbrink *et al.*, 1998; Maisonneuve et Rioux, 2001), mais la qualité de l'habitat périphérique doit également être maintenue afin d'assurer la survie de ces salamandres (Willson et Dorcas, 2003). D'autres espèces du parc fréquentant ces ruisseaux et utilisant les plans d'eau qui y sont reliés pourraient également être affectées, car elles sont susceptibles d'être exposées à des contaminants.

### De nouveaux parcs et de nouveaux liens

Il peut sembler paradoxal de s'inquiéter de la protection de la biodiversité au sein de parcs, dont la sauvegarde des milieux naturels est un mandat prioritaire. Les parcs se sont dotés de plan d'orientations en conservation (Charest et Mondou, 2005) et mettent en place des programmes de suivi de l'intégrité écologique (Graillon, 2004). Des projets de création de six autres parcs situés sur la Côte-Nord et dans le Grand-Nord sont actuellement en cours et pourraient ajouter plus de 25 525 km<sup>2</sup> au réseau. Il s'agit de nouvelles encourageantes, mais il faut constater que ces derniers projets se situent dans le nord du Québec. La biodiversité la plus riche et la plus menacée du sud du Québec ne sera pas mieux protégée par ces ajouts. L'agrandissement des parcs existants et la création de nouveaux parcs dans le Québec méridional permettraient de pallier ce déficit de protection (figure 8).

En raison de la fragmentation actuelle des habitats, l'établissement de zones protégées plus vastes ne peut se faire qu'à travers un réseau d'aires naturelles en terres publiques et privées (Scott *et al.*, 2001; Galois et Ouellet, 2005; Deguise et Kerr, 2006). À ces aires doivent s'ajouter la préservation et la création de corridors les reliant afin de permettre les échanges entre les populations. Cette approche est déjà appliquée avec la création de tables d'harmonisation impliquant des acteurs régionaux dans la gestion des parcs nationaux et favorisant la coordination des efforts de conservation. Différents projets de corridors de conservation en Montérégie (ex.: Bastien *et al.*, 2002) ou le Corridor appalachien sont d'autres exemples d'actions concertées de préservation à une échelle régionale.



Figure 8. Le marécage des Scots en bordure du parc national du Mont-Mégantic, un site exceptionnel qui mérite d'être protégé intégralement.

### Quand le climat s'en mêle

À ces défis s'ajoutent les changements climatiques qui doivent être pris en considération dans la planification et la gestion de ce réseau d'aires protégées (Hannah *et al.*, 2002). Déjà, certaines tendances des impacts de ces variations climatiques se dessinent (Root *et al.*, 2003). Ces aires devront fournir les espaces et la diversité d'habitats nécessaires afin que les espèces puissent s'adapter à ces changements. La dynamique des populations de la plupart des amphibiens repose sur la reproduction en milieu aquatique. L'hydropériode des milieux humides est un élément clé dans le succès de reproduction et de recrutement des populations (Semlitsch, 2002) et elle sera affectée par les changements anticipés de la pluviométrie et de l'évaporation. La dynamique de ces populations repose également sur la présence d'un réseau de milieux humides et d'habitats terrestres de qualité les reliant (Snodgrass *et al.*, 2000; Marsh et Trenham, 2001). Comme pour bien d'autres espèces, le maintien de la biodiversité au sein des parcs dépendra de la présence et de la qualité des habitats en périphérie. La translocation ne pourra compenser toutes les pertes d'espèces et présente le sérieux problème du risque de dispersion des maladies (Griffith *et al.*, 1993; Ouellet *et al.*, 2005b). Il faut également ajouter les effets liés à l'introduction et à la propagation des espèces exotiques. Par exemple, la tortue à oreilles rouges (*Trachemys scripta elegans*), une espèce exotique commercialisée, est relâchée en nature et régulièrement observée, notamment dans certains parcs (Ouellet *et al.*, 2005a). Elle peut alors entrer en compétition avec les espèces indigènes (Cadi et Joly, 2004) et pourrait être à l'origine de l'introduction de nouvelles souches bactériennes ou de maladies dans le milieu d'introduction (Galois et Ouellet, 2006).

### La récréation au détriment de la conservation ?

La popularité des parcs est croissante, avec 9 % d'augmentation de la fréquentation en 2004-2005 (Sépaq, 2006). La conciliation des mandats de préservation et de récréation est de plus en plus conflictuelle et doit également prendre en considération les activités périphériques. Dans le contexte actuel de perte d'habitats, en particulier dans le sud du Québec, et des changements climatiques, il est incontestable que les parcs nationaux seront amenés à jouer un rôle crucial dans la conservation de la biodiversité (figure 9). Des choix décisifs doivent être faits et certains compromis adoptés par le passé ne sont plus possibles aujourd'hui si nous voulons préserver cet héritage naturel unique. L'exemple extrême du parc du Mont-Royal est éloquent. Il reçoit plus de trois millions de visiteurs chaque année sur une surface de 1,88 km<sup>2</sup>. Ce parc est totalement isolé et ne compte plus que quatre espèces d'amphibiens et de reptiles (Ouellet *et al.*,



Figure 9. Les espèces à statut précaire se trouvent parfois dans des lieux inattendus à l'intérieur des parcs : ici la chapelle du Calvaire d'Oka (1742), fréquentée notamment par la couleuvre à collier et la couleuvre tachetée.



2004). Au moins quatre autres espèces herpétofauniques y ont disparu au cours du XXe siècle, dont deux au cours de la dernière décennie. Au moins une dizaine d'autres espèces étaient potentiellement présentes au début des années 1900. Les populations actuelles de salamandres cendrées (*Plethodon cinereus*) se caractérisent par une perte significative de diversité génétique par rapport à celles du parc national du Mont-Mégantic (Noël *et al.*, 2007). Bien que la situation n'en soit pas encore à ce point dans les parcs nationaux, cet exemple peut certainement nous inciter à la réflexion, en particulier pour les parcs nationaux du Mont-Saint-Bruno et d'Oka qui subissent des pressions urbaines grandissantes. Cette réflexion est déjà amorcée, comme l'illustre le débat récent entourant le parc national du Mont-Orford.

## Conclusion

D'un côté pratique, cette revue de littérature et nos travaux confirment que l'herpétofaune constitue un des bons outils pour le suivi de l'intégrité écologique et des changements dans les écosystèmes. Cependant, afin d'obtenir des informations significatives, différents types de données doivent être collectés parallèlement sur l'état des populations et leurs habitats dans les parcs et leur périphérie. Nous sommes confiants qu'il est encore possible d'assurer le maintien de la majorité des espèces herpétofauniques dans les parcs québécois en mettant en place les mesures appropriées, afin de ne pas léguer aux générations futures des îlots de nature appauvrie.

## Remerciements

Nous souhaitons remercier Patrick Graillon, Marie-Claude Gratton et Donald Rodrigue pour leur enthousiasme et leur support tout au long de nos recherches. Nous remercions également Céline Leheurteux et deux réviseurs externes pour leurs commentaires sur la version préliminaire de cet article. Cette étude a été réalisée grâce au soutien financier et logistique et au personnel des parcs nationaux du Mont-Mégantic, du Mont-Saint-Bruno et d'Oka, et d'Amphibia-Nature.

Pour toute information ou pour nous communiquer des observations sur les amphibiens et les reptiles au Québec, veuillez consulter le site suivant :

[www.amphibia-nature.org](http://www.amphibia-nature.org)

## Références

- ASHLEY, E.P. and J.T. ROBINSON, 1996. Road mortality of amphibians, reptiles and other wildlife on the Long Point causeway, Lake Erie, Ontario. *Canadian Field-Naturalist*, 110: 403-412.
- BAPE, 2005. Les effets potentiels du projet d'exploitation d'une mine et d'une usine de niobium à Oka sur les eaux de surface et les eaux souterraines ainsi que sur leurs utilisations. Bureau d'audiences publiques sur l'environnement, rapport d'enquête 208, Québec, Québec, 93 p.
- BASTIEN, Y., A. LAVOIE, M.-A. GUERTIN, L. DESROCHERS, C. GAGLIARDI, B. HAMEL, M. OUELLET et P. GALOIS, 2002. Projet de protection des habitats forestiers d'intérêt et d'établissement de corridors forestiers dans la municipalité régionale de comté (MRC) de la Vallée-du-Richelieu : proposition de nouveaux modes d'intervention. Centre de la nature du mont Saint-Hilaire, Mont-Saint-Hilaire, Québec, 125 p. + 3 annexes.
- BÉLANGER, L. and M. Grenier, 2002. Agriculture intensification and forest fragmentation in the St. Lawrence valley, Québec, Canada. *Landscape Ecology*, 17: 495-507.
- BONIN, J., J.-L. DESGRANGES, J. RODRIGUE, and M. OUELLET, 1997. Anuran species richness in agricultural landscapes of Québec: foreseeing long-term results of road call surveys. In: Green, D.M. (Editor). *Amphibians in decline: Canadian studies of a global problem*. Herpetological Conservation, Vol. 1. Society for the Study of Amphibians and Reptiles, Saint Louis, Missouri, pp. 141-148.
- BOUCHARD, A., 2005. Aires protégées : où en est le Québec ? *Quatre-Temps*, 29, (3): 14-18.
- BURBRINK, F.T., C.A. PHILLIPS, and E.J. HESKE, 1998. A riparian zone in southern Illinois as a potential dispersal corridor for reptiles and amphibians. *Biological Conservation*, 86: 107-115.
- CADI, A. and P. JOLY, 2004. Impact of the introduction of the red-eared slider (*Trachemys scripta elegans*) on survival rates of the European pond turtle (*Emys orbicularis*). *Biodiversity and Conservation*, 13: 2511-2518.
- CHAREST, R. et D. MONDOU, 2005. Les parcs nationaux québécois : une mission à deux volets. *Le Naturaliste canadien*, 129, (2): 73-77.
- DAVIC, R.D. and H.H. WELSH, Jr., 2004. On the ecological roles of salamanders. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 35: 405-434.
- DEGUISE, I.E. and J.T. KERR, 2006. Protected areas and prospects for endangered species conservation in Canada. *Conservation Biology*, 20: 48-55.
- FAHRIG, L., 1997. Relative effects of habitat loss and fragmentation on population extinction. *Journal of Wildlife Management*, 61: 603-610.
- FAHRIG, L., J.H. PEDLAR, S.E. POPE, P.D. TAYLOR, and J.F. WEGNER, 1995. Effect of road traffic on amphibian density. *Biological Conservation*, 73: 177-182.
- FINDLAY, C.S. and J. HOULAHAN, 1997. Anthropogenic correlates of species richness in southeastern Ontario wetlands. *Conservation Biology*, 11: 1000-1009.
- FORMAN, R.T.T. and L.E. ALEXANDER, 1998. Roads and their major ecological effects. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 29: 207-231.
- FORTIN, C., D. BOUCHARD, F. MORNEAU, P. GALOIS et M. OUELLET, 2005. Étude de suivi environnemental des secteurs d'entraînement du ministère de la Défense nationale. Inventaires des ressources naturelles. Rapport consolidé préparé pour le ministère de la Défense nationale, 5e Groupe de Soutien de Secteur/Conservation des ressources. FORAMEC, Québec, Québec, 104 p. + 6 annexes.
- FORTIN, C., M. LIZOTTE, P. GALOIS et M. OUELLET, 2006. Évaluation du territoire occupé par le castor au parc national d'Oka. Rapport consolidé présenté au parc national d'Oka. FORAMEC, Québec, Québec, 47 p. + 3 annexes.
- FRANKHAM, R., 1995. Conservation genetics. *Annual Review of Genetics*, 29: 305-327.
- GALOIS, P. et M. OUELLET, 2005. Le Grand Bois de Saint-Grégoire, un refuge pour l'herpétofaune dans la plaine montréalaise. *Le Naturaliste canadien*, 129, (2): 37-43.
- GALOIS, P. and M. OUELLET, 2006. Health and disease in Canadian reptile populations. In: Seburn, C.N.L. and C.A. Bishop (Editors). *Ecology, conservation and status of reptiles in Canada*. Herpetological Conservation, Vol. 2. Society for the Study of Amphibians and Reptiles, Saint Louis, Missouri, pp. 131-168.
- GIBBONS, J.W., D.E. SCOTT, T.J. RYAN, K.A. BUHLMANN, T.D. TUBERVILLE, B.S. METTS, J.L. GREENE, T. MILLS, Y. LEIDEN, S. POPPY, and C.T. WINNE, 2000. The global decline of reptiles, déjà vu amphibians. *BioScience*, 50: 653-666.
- GIBBS, J.P., 1998. Amphibian movements in response to forest edges, roads, and streambeds in southern New England. *Journal of Wildlife Management*, 62: 584-589.

- GIBBS, J.P. and W.G. Shriver, 2002. Estimating the effects of road mortality on turtle populations. *Conservation Biology*, 16: 1647-1652.
- GRAILLON, P., 2004. Le programme de suivi de l'intégrité écologique et du développement durable au parc national du Mont-Mégantic. *Le Naturaliste canadien*, 128, (1): 118-120.
- GRIFFITH, B., J.M. SCOTT, J.W. CARPENTER, and C. REED, 1993. Animal translocations and potential disease transmission. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, 24: 231-236.
- GURD, D.B. and T.D. NUDDS, 1999. Insular biogeography of mammals in Canadian parks: a re-analysis. *Journal of Biogeography*, 26: 973-982.
- HANNAH, L., G.F. MIDGLEY, T. LOVEJOY, W.J. BOND, M. BUSH, J.C. LOVETT, D. SCOTT, and F.I. WOODWARDS, 2002. Conservation of biodiversity in a changing climate. *Conservation Biology*, 16: 264-268.
- HECNAR, S.J., G.S. CASPER, R.W. RUSSELL, D.R. HECNAR, and J.N. ROBINSON, 2002. Nested species assemblages of amphibians and reptiles on islands in the Laurentian Great Lakes. *Journal of Biogeography*, 29: 475-489.
- HOULAHAN, J.E., C.S. FINDLAY, B.R. SCHMIDT, A.H. MEYER, and S.L. KUZMIN, 2000. Quantitative evidence for global amphibian population declines. *Nature*, 404: 752-755.
- KERR, J.T. and J. CILHAR, 2004. Patterns and causes of species endangerment in Canada. *Ecological Applications*, 14: 743-753.
- MACARTHUR, R.H. and E.O. WILSON, 1963. An equilibrium theory of insular zoogeography. *Evolution*, 17: 373-387.
- MAISONNEUVE, C. and S. RIOUX, 2001. Importance of riparian habitats for small mammal and herpetofaunal communities in agricultural landscapes of southern Québec. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 83: 165-175.
- MARSH, D.M. and P.C. TRENHAM, 2001. Metapopulation dynamics and amphibian conservation. *Conservation Biology*, 15: 40-49.
- NAIMAN, R.J., H. DÉCAMPS, and M. POLLOCK, 1993. The role of riparian corridors in maintaining regional biodiversity. *Ecological Applications*, 3: 209-212.
- NOËL, S., M. OUELLET, P. GALOIS, and F.-J. LAPOINTE, 2007. Impact of urban fragmentation on the genetic structure of the eastern red-backed salamander. *Conservation Genetics*. (Sous presse).
- OUELLET, M., J. BONIN, J. RODRIGUE, J.-L. DESGRANGES, and S. LAIR, 1997. Hindlimb deformities (ectromelia, ectrodactyly) in free-living anurans from agricultural habitats. *Journal of Wildlife Diseases*, 33: 95-104.
- OUELLET, M. et P. GALOIS, 2004. Inventaire herpétofaunique du parc national du Mont-Saint-Bruno. Rapport réalisé pour le parc national du Mont-Saint-Bruno, Saint-Bruno-de-Montarville, Québec, 19 p.
- OUELLET, M. et P. GALOIS, 2005. Inventaire des amphibiens et des reptiles dans le secteur du parc national du Mont-Mégantic: synthèse des années 2003 et 2004. Rapport scientifique réalisé pour le parc national du Mont-Mégantic, Notre-Dame-des-Bois, Québec, 25 p.
- OUELLET, M. et P. GALOIS, 2006. Bilan des connaissances et plan de conservation des amphibiens et des reptiles au parc national d'Oka. Rapport scientifique réalisé pour le parc national d'Oka. *Amphibia-Nature*, Montréal, Québec, 63 p.
- OUELLET, M., P. GALOIS, C. FORTIN et J. OUELLET, 2006. Historique et inventaire des amphibiens et des reptiles de l'île d'Anticosti et du parc national d'Anticosti. Rapport scientifique réalisé pour le parc national d'Anticosti. *Amphibia-Nature*, Montréal, Québec. En préparation.
- OUELLET, M., P. GALOIS et R. PÉTEL, 2004. Inventaire des amphibiens et des reptiles sur le mont Royal au cours de l'année 2004. Rapport scientifique réalisé pour la Direction des sports, des parcs et des espaces verts de la Ville de Montréal, Montréal, Québec, 34 p.
- OUELLET, M., P. GALOIS, R. PÉTEL et C. FORTIN, 2005a. Les amphibiens et les reptiles des collines montréalaises: enjeux et conservation. *Le Naturaliste canadien*, 129, (1): 42-49.
- OUELLET, M., I. MIKALIAN, B.D. PAULI, J. RODRIGUE, and D.M. GREEN, 2005b. Historical evidence of widespread chytrid infection in North American amphibian populations. *Conservation Biology*, 19: 1431-1440.
- POMERANTZ, G.A., D.J. DECKER, G.R. GOFF, and K.G. PURDY, 1988. Assessing impact of recreation on wildlife: a classification scheme. *Wildlife Society Bulletin*, 16: 58-62.
- REED, D.H. and R. FRANKHAM, 2003. Correlation between fitness and genetic diversity. *Conservation Biology*, 17: 230-237.
- RIVARD, D.H., J. POITEVIN, D. PLASSE, M. CARLETON, and D.J. CURRIE, 2000. Changing species richness and composition in Canadian national parks. *Conservation Biology*, 14: 1099-1109.
- RODRIGUES, A.S.L. et al., 2004. Effectiveness of the global protected area network in representing species diversity. *Nature*, 428: 640-643.
- ROOT, T.L., J.T. PRICE, K.R. HALL, S.H. SCHNEIDER, C. ROSENZWEIG, and J.A. POUNDS, 2003. Fingerprints of global warming on wild animals and plants. *Nature*, 421: 57-60.
- SARAKINOS, H., A.O. NICHOLLS, A. TUBERT, A. AGGARWAL, C.R. MARGULES, and S. SARKAR, 2001. Area prioritization for biodiversity conservation in Québec on the basis of species distributions: a preliminary analysis. *Biodiversity and Conservation*, 10: 1419-1472.
- SCHMIEGELOW, F.K.A. and T.D. NUDDS, 1987. Island biogeography of vertebrates in Georgian Bay Islands National Park. *Canadian Journal of Zoology*, 65: 3041-3043.
- SCOTT, J.M., F.W. DAVIS, R.G. MCGHIE, R.G. WRIGHT, C. GROVES, and J. ESTES, 2001. Nature reserves: do they capture the full range of America's biological diversity? *Ecological Applications*, 11: 999-1007.
- SEMLITSCH, R.D., 2002. Critical elements for biologically based recovery plans of aquatic-breeding amphibians. *Conservation Biology*, 16: 619-629.
- SÉPAQ, 2006. Société des établissements de plein air du Québec. <http://www.sepaq.com>
- SNODGRASS, J.W., M.J. KOMOROSKI, A.L. BRYAN, Jr., and J. BURGER, 2000. Relationships among isolated wetland size, hydroperiod, and amphibian species richness: implications for wetland regulations. *Conservation Biology*, 14: 414-419.
- STUART, S.N., J.S. CHANSON, N.A. COX, B.E. YOUNG, A.S.L. RODRIGUES, D.L. FISCHMAN, and R.W. WALLER, 2004. Status and trends of amphibian declines and extinctions worldwide. *Science*, 306: 1783-1786.
- UQCN, 2005. Importance et impacts des pressions périphériques sur le maintien de l'intégrité écologique des aires protégées du Québec: six études de cas. Union québécoise pour la conservation de la nature, Québec, Québec, 69 p. + 6 documents en annexes.
- WILLSON, J.D. and M.E. DORCAS, 2003. Effects of habitat disturbance on stream salamanders: implications for buffer zones and watershed management. *Conservation Biology*, 17: 763-771.

## Tourisme et biodiversité

Marianne Kugler

Au moment d'écrire ces lignes, l'été tire à sa fin. Les projets de voyage sont parfois devenus des réalités, d'autres sont restés autant de rêves à réaliser.

Le tourisme d'aujourd'hui n'est pas celui du temps des premiers congés payés, institués en 1946 au Québec et dix ans avant en France.

<http://www.travail.gouv.qc.ca/actualite/conventioncollectiveplus/congesannuelspayes.pdf>

[http://www.linternaute.com/histoire/motcle/2973/a/1/1/conges\\_payes.shtml](http://www.linternaute.com/histoire/motcle/2973/a/1/1/conges_payes.shtml)

Si l'avènement du tourisme de masse a été un bienfait pour la santé des travailleurs et pour l'économie des communautés, qu'en est-il pour le milieu naturel ? Les aménagements touristiques se sont multipliés et n'ont pas toujours respecté le milieu : paysages ou habitats fauniques. Les touristes eux-mêmes, brusquement ou peu à peu, ont causé bien des déséquilibres.

Dans cet ordre d'idées, vous trouverez, à l'adresse ci-dessous, une réflexion sur les conséquences du tsunami de Noël 2004. Les littoraux urbanisés à outrance, souvent pour accroître la villégiature, sont une réalité aux conséquences négatives dans de nombreuses régions du monde.

[http://www.cafe-geo.net/article.php3?id\\_article=580](http://www.cafe-geo.net/article.php3?id_article=580)

Le tourisme, en se spécialisant, peut-il être moins dommageable ? La biodiversité est affectée, à la baisse, par les mouvements de population et l'accroissement du tourisme : des espèces envahissantes déménagent à l'insu du transporteur, des espèces fragiles ou en voie de disparition sont de plus en plus fragilisées.

« L'Union mondiale pour la nature reconnaît sept facteurs majeurs contribuant à la perte de la biodiversité : la perte et la fragmentation de l'habitat ; la prolifération des espèces envahissantes ; la pollution ; le changement climatique mondial ; la désertification ; la croissance démographique ; la surconsommation ; et l'utilisation non durable des ressources naturelles. Nombre de ces facteurs sont dus aux activités humaines. »

<http://www.un.org/french/pubs/chronique/2005/numero3/0305p53.html>

Ce texte est extrait d'un document publié sur le site des Nations Unies. Des sept facteurs cités, chacun peut être une conséquence d'un accroissement du tourisme. Et je ne donne ici que quelques exemples : fragmenter l'habitat par

la construction d'infrastructures touristiques, polluer par un accroissement saisonnier de la population dans un environnement dont les équipements ne peuvent supporter la surcharge, transporter des espèces qui en dehors de leur habitat deviendront envahissantes, surconsommer avec comme résultante l'accroissement des déchets, aménager pour accélérer la consommation de ressources non renouvelables ou se renouvelant lentement, etc.

<http://www.un.org/french/pubs/chronique/2005/numero3/0305p53.html>

Un guide de planification stratégique de la biodiversité dans une perspective de développement durable existe sur internet. Ce texte de 74 pages a été publié par le programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) en 2000. Deux des auteurs sont des Québécois, Jacques Prescott et Benoît Gauthier et le troisième Jonas Nagahuedi Mbongou Sogi est de la République démocratique du Congo. Le contenu de ce guide va bien au-delà de propositions d'encadrement de l'écotourisme.

<http://www.iepf.org/docs/publication/biodiversite.pdf>

Il existe un tourisme écologique ou écotourisme. Concept créé en 1983, il signifiait au début « voyage de découvertes dans un milieu préservé ». Le concept a évolué. Il a même eu son année internationale, en 2002, à l'initiative des Nations Unies. Les retombées des travaux effectués à cette occasion sont disponibles sur le site ci-dessous.

<http://www.world-tourism.org/sustainable/fr/ecotourisme/menu>

Pour suivre le développement de ce concept d'écotourisme, je vous donne ci-dessous deux adresses URL : celle de Wikipedia, pour des informations générales et celle du Centre Pompidou à Paris. Sur ce dernier site, en suivant les onglets recherche documentaire, bibliographies, l'écotourisme, vous trouverez une bibliographie en format PDF fort intéressante. Dans l'introduction, les auteurs de ce travail soulignent que « l'écotourisme représente aujourd'hui un moyen de valoriser la biodiversité. », mais ils mentionnent aussi que le concept a parfois dérapé et que, pour certains voyageurs, le seul fait de placer un hôtel dans un milieu naturel est faire acte de tourisme écologique. Ce « lavage vert » permet quelques abus...

*Marianne Kugler est professeure au Département d'information et de communication de l'Université Laval.*



Comme le mentionne le site de Wikipedia, les écotouristes sont majoritairement des Américains, plus de cinq millions de personnes par année, ensuite des Européens et les classes riches de certains pays du Sud. Pour certains pays, l'écotourisme est le secteur moteur de l'économie nationale. Le site propose une série de liens français et internationaux.

<http://fr.wikipedia.org/wiki/Écotourisme>

<http://www.bpi.fr>

Au Québec, de nombreuses organisations visent ce créneau touristique en vogue. Elles se sont regroupées en association et ont leur propre site. Ce dernier est équipé d'un moteur de recherche qui vous permet de trouver votre fournisseur pour une activité donnée dans la partie du Québec qui vous convient.

<http://www.aventure-ecotourisme.qc.ca/>

Maintenant, comment savoir si l'organisation que vous choisissez, ou vous-même agissez en bon touriste pour le milieu? Il y a un code de conduite international qui s'appelle en français le code sans trace et qui tient en sept préceptes: prévoir et planifier, voyager et camper sur des surfaces durables, gérer adéquatement les déchets, laisser intact ce qu'on trouve, minimiser l'impact des feux, respecter la vie sauvage et respecter les autres usagers.

Il y a sur Internet de nombreux guides spécialisés, dont celui du touriste responsable dans le désert. Je sais, ce n'est pas tous les ans qu'on peut penser à une virée dans ces terres hostiles. Mais pour moi, c'est un rêve encore inassouvi. Publié sous l'égide du PNUE, en version française et anglaise, le titre exact du guide, un document de 48 pages téléchargeable en format PDF, est «Tourisme et désert: guide pratique pour gérer les impacts environnementaux et sociaux du tourisme dans les déserts»

<http://www.unep.fr/pc/tourism/documents/Tourism%20and%20Deserts-A%20Practical%20Guide/desertguideweb25.5.06.pdf>

Pour terminer cette chronique, je m'en voudrais de ne pas signaler le site du réseau de veille en tourisme sous la responsabilité de la chaire en tourisme de l'École des sciences de la gestion de l'UQAM. Ce site n'a pas de section écotourisme sous la rubrique thèmes de veille. Cependant, sous l'onglet «sous surveillance», se trouve une rubrique tourisme durable. Est-ce signe que pour les chercheurs en tourisme, l'écotourisme n'a pas atteint sa maturité et n'est donc pas digne d'intérêt? Dans ce cas, faut-il s'inquiéter pour la biodiversité au Québec?

<http://www.veilletourisme.ca/fr/accueil.aspx>

À la fin septembre, les éditeurs n'avaient pas encore sorti les nombreuses publications qu'ils réservent pour la période des Fêtes. Notre récolte de nouveautés est donc réduite, mais de grande qualité. D'abord deux gros volumes : *Le grand livre des champignons du Québec et de l'est du Canada*, un livre de référence incontournable pour les mycologues d'ici, et *L'herbier du jardin*, reproduction d'un véritable herbier, un travail d'artiste inspiré par le goût de la botanique et l'amour des plantes. Ensuite, une nouvelle édition revue, augmentée et embellie de photos superbes de *Beautés et richesses des fonds marins du Saint-Laurent*. À cela s'ajoute un envoi inattendu : celui des Presses de l'Université de Floride qui nous font parvenir deux volumes en anglais consacrés aux orchidées présentes sur la côte Pacifique et les Rocheuses, d'une part, dans les provinces Atlantiques et la région des Grands Lacs, d'autre part.

### Le grand livre des champignons du Québec et de l'est du Canada

Conçu tant pour les mycologues amateurs que pour les mycologues plus expérimentés, ce guide d'identification présente plus de 1 000 espèces de champignons et autant de photos couleur en milieu naturel. Il offre au départ une clé visuelle des principaux genres, propose un tableau de classification et des renseignements concernant la cueillette, la consommation et la conservation. Pour chaque espèce, il indique les caractères macroscopiques (chapeau, lamelles, pied, couleur, saveur de la chair, etc.) et microscopiques (spores, cystides, etc.), en plus de mentionner l'habitat, la période d'occurrence et l'abondance.

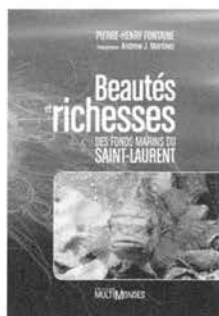
MCNEIL Raymond, 2006, *Le grand livre des champignons du Québec et de l'est du Canada*, Éditions Michel Quintin, Waterloo, 575 pages.



### Beautés et richesses des fonds marins du Saint-Laurent

Ce livre nous permet de découvrir une faune arctique extraordinaire sur les sites de plongée des Escoumins et nous montre, sous la direction du biologiste Pierre-Henry Fontaine, la richesse des fonds marins du Saint-Laurent. Les photos couleur remarquables du spécialiste de photographie sous-marine, Andrew J. Martinez, nous présentent quelque 240 espèces suivant une classification rigoureuse, dans cet ouvrage qui allie heureusement la science et l'art de la photo sous-marine.

FONTAINE Pierre-Henry, avec photographies de MARTINEZ Andrew J., 2006, *Beautés et richesses des fonds sous-marins du Saint-Laurent*, Fondation de la Faune du Québec, Éditions MultiMondes, Québec, 261 pages.



### L'herbier du jardin

À travers ses planches où se côtoient 300 plantes, le coquelicot et le bleuet, les feuilles d'automne et les racines, la courgette et le potiron, la cerises et la pomme, l'auteur, un naturaliste autodidacte, nous communique son émerveillement pour les plantes, son goût pour la botanique et ses talents d'artiste. Un cahier de culture complète la présentation très soignée des planches.

BREUVART Jean-Luc, 2006, *L'herbier du jardin*, Les Éditions de l'Homme, Montréal, 243 pages.



### Wild Orchids of the Canadian Maritimes and Northern Great Lakes Region

C'est le guide indispensable pour découvrir les quelque 60 espèces indigènes d'orchidées que l'on trouve dans les champs et les forêts de l'Est canadien, du Québec ou sur les rives des Grands Lacs. Chaque espèce est accompagnée de plusieurs photos illustrant les diverses formes ou couleurs que peut revêtir la plante, ainsi que d'indications détaillées concernant l'habitat et la floraison. Le tout dans une présentation très soignée.

BROWN Paul Martin, 2006, *Wild Orchids of the Canadian Maritimes and Northern Great Lakes Region*, University Press of Florida, Gainesville, USA, 313 pages.



### Wild Orchids of the Pacific Northwest and Canadian Rockies

Ce livre, conçu de la même façon que le précédent, couvre les 47 espèces d'orchidées que l'on peut trouver entre l'Oregon et l'Alaska en y incluant l'Ouest canadien avec un traitement spécial pour certaines régions comme l'île de Vancouver.

BROWN Paul Martin, 2006, *Wild Orchids of the Pacific Northwest and Canadian Rockies*, University Press of Florida Gainesville, USA, 287 pages.



## Les rapports techniques de Canards Illimités : une nouvelle ressource

Lancée en 2005, cette série de rapports donne des informations scientifiques et techniques issues de projets de Canards Illimités Canada (CIC), bureau du Québec. Le but de ces rapports est de diffuser des résultats d'études s'adressant à un public restreint ou de ceux qui sont trop volumineux pour paraître comme article dans une revue scientifique. D'ordinaire, seuls les spécialistes demandent ces rapports techniques. C'est pourquoi les rapports sont diffusés surtout en format électronique PDF lisible ou imprimable avec l'utilitaire gratuit *Adobe Acrobat Reader*. En général, ces rapports ne sont publiés que dans une seule langue. Certains rapports peuvent être publiés en français et en anglais.

Voici la liste des titres parus jusqu'à maintenant.

- Développement d'une méthode de classification automatisée des milieux humides et des milieux riverains en forêt boréale, par M.N. Breton, M. Darveau et J. Beaulieu. 2005. Rapport technique N° Q2005-1, Canards Illimités – Québec. 25 p.
- Projet pilote de conservation des milieux humides et riverains dans un territoire où niche le Garrot d'Islande, par M.N. Breton et M. Darveau. 2005. Rapport technique N° Q2005-2, Canards Illimités – Québec. 63 p.
- Où sont les gros arbres d'intérêt faunique? Répartition des arbres par essences, âges, diamètres, qualité de stations et sous-domaines bioclimatiques dans les peuplements forestiers naturels du Québec, par D. Julien et M. Darveau. 2005. Rapport technique N° Q2005-3, Canards Illimités – Québec. 130 p.
- Analyse de la prise en compte des hydrosystèmes de la forêt boréale par la Stratégie québécoise sur les aires protégées, par L.V. Lemelin et M. Darveau. 2005. Rapport technique N° Q2005-4, Canards Illimités – Québec. 71 p.
- La conservation des habitats: un actif pour une propriété agricole, par A. Avery et M.H. Audet-Grenier. 2005. Rapport technique N° Q2005-5, Canards Illimités – Québec. 91 p.
- Analyse de la prise en compte des hydrosystèmes par la Stratégie québécoise sur les aires protégées dans la province naturelle des Laurentides méridionales, par A.A. Roy, M. Darveau et L.V. Lemelin. 2006. Rapport technique N° Q2006-1, Canards Illimités – Québec. 26 p.
- Quebec Metropolitan Community: Wetland Mapping Methodology Report, par J. Kirby et J. Beaulieu, 2006. Technical Report N° Q2006-2, Ducks Unlimited – Québec. 35 p.



On peut se procurer ces rapports dans la section « publications » du site Internet de Canards Illimités : [www.canardquebec.ca](http://www.canardquebec.ca). Pour information : (418) 623-1650.

Canards Illimités Canada est une organisation qui a pour mission de conserver les milieux humides et les habitats qui s'y rattachent au bénéfice de la sauvagine nord-américaine et de promouvoir un environnement sain pour la faune et les humains.





évaluations environnementales  
 études d'impacts  
 restauration de sites  
 gestion environnementale  
 architecture de paysage

**environnement**



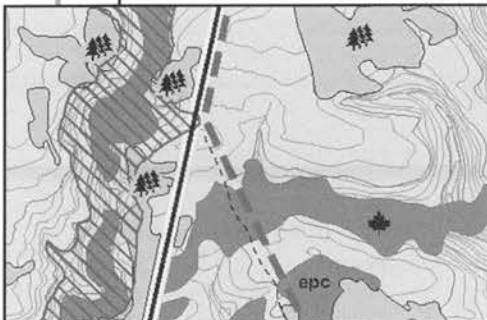
botanique  
 écologie végétale  
 espèces rares  
 milieux humides  
 aménagement

**végétation**



**géomatique**

cartographie thématique  
 télédétection  
 systèmes d'information géographique  
 analyse spatiale



**faune**

oiseaux  
 amphibiens et reptiles  
 mammifères  
 moules d'eau douce  
 espèces rares  
 gestion du castor



### **M. André Martin nommé président-directeur général de la Fondation de la faune du Québec**

Québec, le 20 septembre 2006 – Le Conseil des ministres a procédé hier à la nomination de M. André Martin au poste de président-directeur général de la Fondation de la faune du Québec.

L'expérience et les compétences de M. Martin constituent des atouts de taille pour permettre à la Fondation de poursuivre sa mission de protection et de mise en valeur de la faune québécoise et de ses habitats.

M. Martin est titulaire d'un baccalauréat en administration des affaires de l'École des Hautes études commerciales. Il a oeuvré dans les secteurs privé et public, principalement dans les domaines des communications et du marketing.

M. Martin, qui préside depuis 2005 son entreprise de communication, a successivement occupé, de 1991 à 1999, les postes de chef de produit et de directeur du marketing à la Société des établissements de plein air du Québec. Par la suite, de 1999 à 2002, il a agi à titre de directeur du marketing et des ventes au quotidien *Le Soleil*; de 2003 à 2005, il était gestionnaire des communications et du marketing à Canards Illimités du Canada.



### **Remise de la Bourse Forêt-Faune et de la Bourse Habitat faunique**

Le 28 septembre dernier, le ministre des Ressources naturelles et de la Faune, M. Pierre Corbeil, a procédé à la remise de la Bourse Forêt-Faune 2006, en présence du président-directeur général de la Fondation, M André Martin et du président-directeur général de l'Ordre des ingénieurs forestiers du Québec, M Pierre Mathieu, ing. f.

La bourse a été remise à M. Sylvain Ménard pour son projet de maîtrise consistant à caractériser les milieux humides d'un vaste territoire (530 000 km<sup>2</sup>) de la forêt boréale. À partir des cartes écoforestières et de différents traitements géomatiques, le projet permettra d'identifier et de classer 11 types d'habitats humides.

La cérémonie avait lieu dans le cadre du 85<sup>e</sup> congrès annuel de l'Ordre des ingénieurs forestiers du Québec qui se tenait à l'Hôtel Chéribourg de Magog, du 27 au 29 septembre dernier.

Cette bourse, une initiative conjointe de la Fondation de la faune du Québec et de l'Ordre des ingénieurs forestiers du Québec, s'adresse aux étudiants inscrits à temps plein à un programme d'études graduées d'une université du Québec. Elle a pour objectif d'inciter des diplômés universitaires à s'engager dans une recherche portant sur l'aménagement durable des forêts du Québec et la conservation de leurs habitats fauniques.

D'autre part, c'est dans le cadre du congrès de l'Association des biologistes du Québec, tenu à Shawinigan, que M. Martin a remis à M. Marc Pépino la Bourse Habitat faunique d'une valeur de 10 000 \$. Cette bourse d'études supérieures est remise en collaboration avec l'Association des biologistes du Québec afin de stimuler la recherche en matière d'habitats fauniques. La remise avait lieu le 26 octobre dernier.

Le récipiendaire de la Bourse Habitat faunique 2006, M. Marc Pépino, a une formation d'ingénieur et il prépare un doctorat en sciences de l'environnement à l'Université du Québec à Trois-Rivières. La thèse pour laquelle M. Pépino a reçu la Bourse Habitat faunique porte sur la sélection de l'habitat de reproduction et les mouvements de l'omble de fontaine dans les cours d'eau du parc national de la Jacques-Cartier et sur les mécanismes menant aux sites de fraie. Son projet se réalise dans les cours d'eau traversés par la Route 175.

Cette bourse est une initiative conjointe de la Fondation de la faune et de l'Association des biologistes du Québec. Tout comme la Bourse Forêt-Faune, elle est offerte aux étudiants inscrits à temps plein à un programme d'études graduées d'une université québécoise. Ses objectifs sont d'inciter des diplômés universitaires à s'engager dans une recherche portant sur la protection, l'amélioration ou la restauration des habitats fauniques du Québec.



Fondation de la faune du Québec

## 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 LE DÉVELOPPEMENT DURABLE DE CES AIRES PROTÉGÉES.  
PRÉSERVONS ENSEMBLE NOTRE PLUS BEAU PATRIMOINE NATUREL !



# Saviez-vous que...

## Une 37<sup>e</sup> année de stage pour les jeunes

La Société Provancher n'a-t-elle pas comme devise *J'aime, je protège, j'instruis* ?

Depuis sa fondation, la Société n'a cessé de faire de l'éducation. Au tout début, les efforts se sont concentrés auprès de toute la population pour contrer le braconnage et la destruction massive de certaines espèces animales. Cette action avait pris la forme de projections et de conférences afin de sensibiliser le public à l'importance de la conservation.

Par la suite, c'est vers les jeunes que la Société se tourna en organisant des sessions de formation au cours des étés 1966 et 1967. Ce projet n'ayant pas été renouvelé, je me suis donné comme mission de continuer, à échelle réduite, cette sensibilisation des jeunes à la nature. C'est ainsi qu'en 1971, j'entreprenais un premier stage avec une dizaine de mes élèves du cours d'écologie du Collège Saint-Charles-Garnier. Cette activité est devenue une tradition puisque, en mai 2007, s'ouvrira ma 37<sup>e</sup> session. Initier les jeunes à la connaissance de la nature, à sa conservation et à son interprétation demeure mes objectifs premiers.

L'île aux Basques est un endroit privilégié pour réaliser un tel projet. Le milieu a été peu perturbé par l'humain, ce qui en fait une partie de sa richesse. Le grand nombre d'espèces de plantes et d'oiseaux permet des observations intéressantes. L'aspect historique n'est pas à dédaigner avec la présence de vestiges laissés par les Basques au XV<sup>e</sup> siècle.

Parmi les principales activités réalisées, mentionnons l'inventaire des oiseaux aquatiques présents en même temps autour de l'île, l'étude des algues cueillies à marée basse, la découverte de la vie intertidale, la recherche des diverses formes de vie dans l'étang, etc. Toutes ces observations font l'objet d'une consignation illustrée dans un journal de stage. Le volume 128, numéro 1, du *Naturaliste canadien* (p. 121-128), relate en détail la tenue de l'un de ces stages.

Cette action éducative est rendue possible grâce à l'appui de la Société Provancher qui facilite l'utilisation des infrastructures et à la collaboration du gardien de l'île.

Source : Jean-Claude Caron



JEAN-CLAUDE CARON



JEAN-CLAUDE CARON



JEAN-CLAUDE CARON



JEAN-CLAUDE CARON

## LE NATUROPHAGE



Carleton et lotus indien

## Trentième année pour le Naturophage

*Le Naturophage* est un journal distribué gratuitement aux jeunes membres familiaux de la Société Provancher. Le terme « naturophage » ou « mangeur de nature » exprime bien l'esprit de cette petite revue, car elle contient de nombreux renseignements sur les sciences naturelles. Sa mission est de susciter la curiosité chez les jeunes envers la nature.

L'artisan et responsable de ce journal est André St-Hilaire, trésorier de la Société Provancher. Le dernier numéro, soit celui d'octobre et novembre 2006, marquait le 30<sup>e</sup> anniversaire de la publication du journal. C'est tout un exploit pour André St-Hilaire et nous devons le féliciter pour son enthousiasme et sa persévérance.

Durant les premières années, ce journal s'adressait aux membres des Jeunes Naturalistes. Par la suite, il fut dédié aux jeunes de la Société Provancher.

Source : Société Provancher

### De la grande visite

Le 13 juin 2006, des visiteurs inhabituels ont effectué un arrêt à l'île aux Basques. Il s'agissait de sept rameurs basques (dont une femme) originaires du nord de l'Espagne et d'un Micmac de Terre-Neuve. Partis de Québec le 5 juin 2006 à bord d'une embarcation portant le nom de *Beothuk*, ils étaient en mer pour un long périple devant les mener jusqu'à Red Bay au Labrador. Leur objectif était de visiter les anciens campements où les Basques s'étaient installés aux XVI<sup>e</sup> et XVII<sup>e</sup> siècles pour chasser la baleine. L'embarcation, une *txalupa*, est une réplique d'une baleinière basque du XVI<sup>e</sup> siècle. Elle est construite en chêne et a une longueur de huit mètres. Ressemblant à une grosse chaloupe de sauvetage, elle n'a ni pont ni cabine et est propulsée à la rame. Selon le vent, deux voiles peuvent être montées. L'équipage était vêtu de costumes d'époque et s'alimentait du même genre de nourriture que leurs ancêtres.



À l'île aux Basques, ils ont été accueillis par le gardien de l'île, Jean-Pierre Rioux. Après une visite commentée des anciens fours où était fondue la graisse de baleine, ils ont repris la mer en direction des autres sites basques répartis le long de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent. L'équipe a atteint Red Bay le 15 juillet, après un périple de 41 jours.

L'association basque Albaola a préparé ce projet en collaboration avec Parcs Canada, à l'instigation de l'équipe d'archéologie sous-marine du gouvernement du Canada qui avait été impliquée dans les fouilles du San Juan, baleinier basque qui avait sombré en 1565 à Red Bay.

Pour en savoir plus sur cette expédition hors du commun, consultez les sites Internet suivants :

Agence Parcs Canada

[http://www.pc.gc.ca/APPS/CP-NR/release\\_f.asp?id=1005&andor1=nr](http://www.pc.gc.ca/APPS/CP-NR/release_f.asp?id=1005&andor1=nr)

[http://www.pc.gc.ca/APPS/CP-NR/release\\_f.asp?bgid=838&andor1=bg](http://www.pc.gc.ca/APPS/CP-NR/release_f.asp?bgid=838&andor1=bg)

Association Albaola : <http://www.albaola.com/index.php?idioma=fr>

Source : Société Provancher et Agence Parcs Canada

### Circulation du poisson... CÉDEZ LE PASSAGE !

Les ruisseaux, les rivières, les lacs, les estuaires, les eaux côtières et le Saint-Laurent offrent aux poissons une grande variété d'habitats où ils peuvent se réfugier, s'alimenter et se reproduire. Il est important de conserver ces habitats pour maintenir les populations de poissons et soutenir de façon durable leur exploitation par la pêche. Le public est conscient de l'impact que des gros travaux tels que le dragage ou la construction de routes peuvent avoir sur l'habitat du poisson, mais peu de gens savent que les petits ouvrages peuvent aussi avoir des effets négatifs s'ils empêchent les poissons de se déplacer d'un milieu à un autre.

Afin de sensibiliser le public à ce sujet, Pêches et Océans Canada a produit une nouvelle publication sur l'importance de maintenir le passage du poisson dans nos cours d'eau. Ce dépliant décrit les impacts potentiels des petits ouvrages qui entravent les déplacements du poisson.

Les principaux messages sont les suivants :

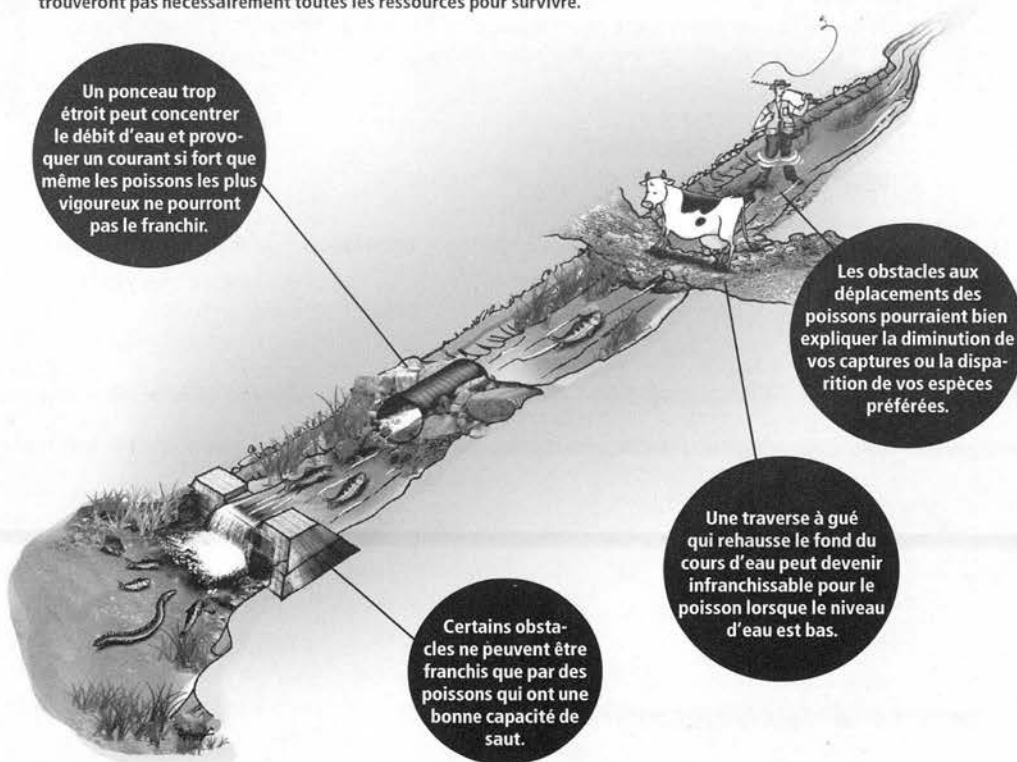
- Les poissons doivent pouvoir circuler librement d'un habitat à un autre;
- Les obstacles qui entravent la libre circulation du poisson peuvent avoir des impacts importants sur les populations et les espèces;
- On doit se renseigner avant d'intervenir dans un cours d'eau.

L'information dans cette publication est maintenant disponible sur le site Internet de Pêches et Océans Canada :

[www.qc.dfo.ca/habitat/fr/depliant/index.htm](http://www.qc.dfo.ca/habitat/fr/depliant/index.htm)

Source : Viviane Haeblerlé,  
conseillère principale  
Direction des communications,  
Pêches et Océans Canada

La multiplication des obstacles sur un même cours d'eau entraîne une fragmentation de l'habitat. Les poissons seront isolés dans des segments de cours d'eau où ils ne trouveront pas nécessairement toutes les ressources pour survivre.



## Décès de Raymond Cayouette

Monsieur Raymond Cayouette, membre actif de la Société Provancher depuis plus de 60 ans, est décédé le 13 juin 2006, à l'âge de 90 ans. Travailleur infatigable, il a notamment contribué au livre *L'Île aux Basques* publié par la Société Provancher en 1997 et il était réviseur linguistique pour *Le Naturaliste canadien* jusqu'en 2003. Voici le résumé de son impressionnante carrière, présenté par Michel Robert de l'Association québécoise des groupes d'ornithologues (AQGO), lors de la remise du prix Charles-Eusèbe-Dionne à Raymond Cayouette, en septembre 2005

Raymond Cayouette, aujourd'hui âgé de 89 ans, a travaillé au Jardin zoologique de Québec pendant plus de 40 ans. On doit souligner sa contribution exceptionnelle à la Société zoologique de Québec où il fut très actif, notamment à titre de rédacteur et de réviseur des *Carnets de zoologie*. Il lança le premier Recensement des oiseaux de Noël à Québec, le 21 décembre 1943. En compagnie de trois compagnons aujourd'hui décédés (Rolland Dumais, Louis-Amédée Lord et Jacques Normandin), il fonda le Club des ornithologues de Québec en 1955 et fut le rédacteur du *Bulletin ornithologique*, le bulletin trimestriel du club, de 1956 à 1975. Au cours de sa carrière, il fut l'auteur de plusieurs centaines d'articles de vulgarisation dans diverses publications dont *Le Naturaliste canadien*, la *Revue canadienne de biologie*, *Le Jeune naturaliste* (qui deviendra plus tard *Québec Science*), *Les Carnets de zoologie* et *Le Bulletin ornithologique*, en plus de faire paraître des notes scientifiques dans des revues comme *The Auk* et le *Canadian Field-Naturalist*.



**Raymond Cayouette admirant le bronze *Le Chercheur*, lors de la remise du prix Charles-Eusèbe-Dionne, en septembre 2005**

(Photo Alain Hogue, [www.oiseaux.ca](http://www.oiseaux.ca))

Raymond Cayouette est également l'auteur d'un article sur les débuts de l'observation des oiseaux au Québec paru dans *l'Atlas des oiseaux nicheurs du Québec*. Il a aussi écrit deux livres fort importants dans l'histoire de l'ornithologie québécoise : *Les Oiseaux du Québec*, vendu à près de 25 000 exemplaires, et *Nichoirs d'oiseaux*, vendu à près de 35 000 exemplaires. *Les Oiseaux du Québec* fut le premier ouvrage consacré à l'ensemble des oiseaux du Québec après la publication du livre de Charles-Eusèbe Dionne en 1906. M. Cayouette a également collaboré, à titre de conseiller scientifique, aux causeries sur les oiseaux tenues par Pierre Morency sur les ondes de Radio-Canada de 1977 à 1991. Il a toujours été un homme de terrain accompli, qui a par exemple bagué plusieurs milliers de passereaux de 1940 à 1985, notamment au Jardin zoologique et à sa résidence de Charlesbourg où il a déjà capturé plus de 1 000 Gros-becs errants au cours d'un seul hiver.

En somme, Raymond Cayouette est un pionnier de l'ornithologie québécoise et plusieurs ornithologues de la province se sont inspirés du travail remarquable qu'il a accompli au cours de sa vie. L'AQGO le remercie sincèrement pour cette œuvre considérable. Le prix qui a été remis à M. Cayouette est une sculpture en bronze de Marc Martel. Artiste polyvalent, Marc Martel a produit au cours de la dernière décennie plusieurs bronzes patinés représentant des oiseaux. Celui que l'AQGO a remis à M. Cayouette le 17 septembre dernier se nomme *Le Chercheur*.

(Source : QuébecOiseaux, hiver 2006; <http://www.aqgo.qc.ca/prixced.htm>)

## Inventaires à l'île aux Basques

Un suivi des mammifères, des amphibiens et des reptiles à l'île aux Basques a été amorcé au cours de l'été 2006 par Christian Fortin et Martin Ouellet. Les résultats de leurs travaux seront publiés ultérieurement dans le *Naturaliste canadien*. Christian Fortin est à la recherche de toute observation sur la présence d'amphibiens ou de reptiles à l'île aux Basques.

Antérieurement à 2006, aucune mention d'amphibiens ou de reptiles sur l'île n'avait été rapportée à la Société Provancher. L'isolement de l'île dans un milieu maritime semblait expliquer l'absence de ces espèces. Cependant, la majorité des visiteurs à l'île ignorent cette absence présumée et certains pourraient avoir négligé de rapporter leurs observations.

Christian Fortin serait heureux de communiquer avec eux. Vous pouvez le contacter au numéro de téléphone 418-692-4828, par courriel à [christian.fortin@foramec.qc.ca](mailto:christian.fortin@foramec.qc.ca) ou en complétant un signalement en ligne sur [www.amphibia-nature.org](http://www.amphibia-nature.org).

Source : la Société Provancher



## Une information exceptionnelle sur les milieux humides du sud du Québec

Souvent considérés comme des espaces « perdus », « inutiles » et parfois même « nuisibles », les milieux humides ont régulièrement fait place aux fortes pressions de développement de tous genres. Dans certaines régions du Québec, on estime les pertes à plus de 70 %. La méconnaissance des biens et des services qu'ils fournissent gratuitement à la collectivité, une approche au cas par cas s'appuyant souvent sur l'unique base de la biodiversité, une dénaturation fréquente de l'esprit du développement durable, et une tendance à la priorisation qui exclut les plus petits milieux humides, sont autant d'éléments qui expliquent cette situation.

Malheureusement, les pertes cumulatives de milieux humides peuvent parfois entraîner des conséquences coûteuses : inondations, dégradation de la qualité de l'eau, accroissement des sécheresses qui exacerbent les problèmes de qualité d'eau, pertes d'habitats et d'usages, etc. Autant de répercussions qui, en plus des aménagements qu'il faut souvent faire pour remplacer artificiellement les rôles que jouaient naturellement ces écosystèmes, nécessitent régulièrement des interventions financières de l'État.

Face à ces constats, Canards Illimités Canada (CIC) a signé une entente de partenariat avec différents ministères (MDDEP, MRNF, MAMR, MPO, EC) en vue de développer une vision concertée de conservation des milieux humides. Cette entente est donc à l'origine de la démarche des *Plans de conservation des milieux humides* lancée récemment par CIC pour trois régions administratives : Chaudière–Appalaches, Montérégie et Centre-du-Québec. À terme, soit d'ici le début de 2009, la démarche vise à couvrir l'ensemble du Québec.

Comme première étape de ce qui se veut un vaste chantier en faveur de la conservation de ces écosystèmes, des portraits régionaux de la situation des milieux humides de plus d'un hectare sont disponibles gratuitement sur [www.canardsquebec.ca](http://www.canardsquebec.ca). Ils se présentent, pour chaque région administrative complétée, sous la forme d'une présentation visuelle interactive accompagnée de textes plus détaillés. Un fichier numérique (*shapefile*) est également disponible à des fins de géomatique. CIC entend travailler de concert avec ses partenaires et tous les intervenants sur le terrain afin de faire progresser cette démarche vers un éventuel plan d'action touchant tous les aspects de la conservation de ces précieux écosystèmes. Des produits fort instructifs, à consulter sans faute pour bien saisir l'importance de ces écosystèmes qui constituent un enjeu majeur de la gestion de l'eau !

Source : Piere Dulude, biologiste,  
Canards Illimités Canada



De gauche à droite, Bernard Filion, directeur du Québec de Canards Illimités Canada, Claude Béchar, ministre du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec (MDDEP) et Louis Aubry, directeur du Développement et de l'Aménagement de la faune du Québec (MRNF), lors du lancement officiel des Plans de conservation des milieux humides pour trois régions administratives du Québec : Chaudière–Appalaches, Montérégie et Centre-du-Québec

## Projet sur la biodiversité

La Société Provancher a amorcé une étude en vue de déterminer les paramètres d'un éventuel programme de suivi de la biodiversité sur les territoires protégés par les membres du Réseau des milieux naturels protégés (RMN). À l'instar de la Société Provancher, plusieurs organismes protègent ou gèrent des territoires naturels. La majorité d'entre eux sont membres du Réseau des milieux naturels protégés et peuvent compter sur de nombreux bénévoles pour la gestion de leur site, les activités éducatives ou les inventaires de la faune et de la flore. Lors d'une réunion du RMN, l'idée de mettre sur pied un suivi de la biodiversité sur les territoires protégés par ses membres a alors germé.

La Société Provancher a accepté le mandat d'élaborer un tel projet. Celui-ci comprend deux phases, la première étant d'identifier les paramètres du programme de suivi. Ceux-ci seront déterminés en tenant compte des ressources limitées que possèdent les organismes. Le suivi envisagé devra donc être fait par des bénévoles et non du personnel rémunéré. De plus, les données devront être standardisées et pouvoir être intégrées facilement à d'autres banques de données sur la biodiversité. Au cours de la deuxième phase, qui pourrait débiter au cours de l'été 2007, des projets pilotes auront lieu sur quelques territoires.

Le financement de la première phase provient du RMN, de la Fondation de la faune du Québec, du ministère des Ressources naturelles et de la Faune, du Fonds d'action québécois pour le développement durable et du Service canadien de la faune. Plusieurs autres organismes, dont l'Institut québécois pour la biodiversité, fourniront une aide précieuse par leurs avis sur le développement du programme. La biologiste Anne Bérubé a été embauchée pour réaliser la phase un du projet.

Source : Société Provancher

**Des affiches pour sensibiliser les pêcheurs à la protection du chevalier cuivré**

Au début de l'été 2006, des affiches portant sur la protection du chevalier cuivré ont été installées sur les rives des rivières Richelieu, Yamaska, Noire et des Mille Îles. Produites par le ministère des Ressources naturelles et de la Faune (MRNF) en collaboration avec Pêches et Océans Canada, les affiches visent à rappeler aux amateurs de pêche sportive l'importance de préserver cette espèce de poisson menacée de disparition, qui n'existe nulle part ailleurs qu'au Québec.

Afin de protéger le chevalier cuivré, il est interdit de prendre et de garder non seulement cette espèce, mais également tous les chevaliers et les meuniers (ces derniers pouvant facilement être confondus avec des chevaliers) dans plusieurs plans d'eau du sud-ouest du Québec.

Tous les chevaliers et meuniers pris accidentellement doivent obligatoirement être remis à l'eau. Les affiches récemment installées donnent d'ailleurs de précieux conseils sur la méthode préconisée pour remettre à l'eau un poisson sans le blesser. Elles présentent également une illustration des principales caractéristiques physiques permettant de reconnaître chevaliers et meuniers, de même qu'une illustration des caractéristiques de la carpe, une espèce qui leur est très semblable mais dont la capture est permise. La carpe se distingue notamment par la présence de barbillons de chaque côté de sa bouche.

Le chevalier cuivré, qui occupe un territoire restreint au sud-ouest du Québec, est une espèce menacée dont la population est estimée à quelques milliers d'individus tout au plus. Il se nourrit exclusivement de mollusques. Le déclin de cette espèce peut être attribué à plusieurs facteurs, dont la modification et la détérioration de son habitat.

Des mesures de protection et de sensibilisation, dont la création d'un refuge faunique (Pierre-Étienne-Fortin) dans les rapides de Chambly et l'aménagement d'une passe migratoire (Vianney-Legendre) dans la rivière Richelieu, ont été instaurées à la suite de la mise en œuvre de trois plans de rétablissement, par le MRNF et ses partenaires, dont Pêches et Océans Canada.

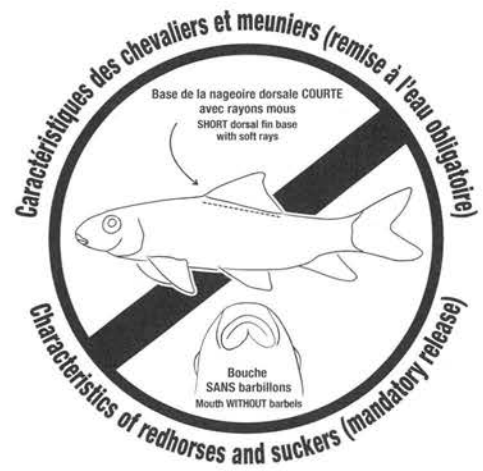
Source: Viviane Haeberlé, conseillère principale  
Direction des communications,  
Pêches et Océans Canada



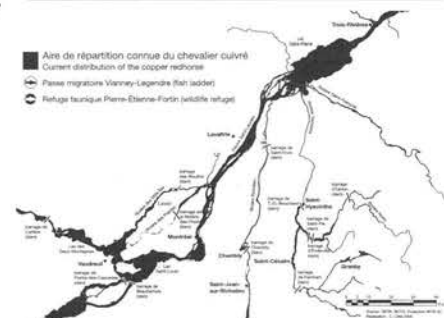
**ATTENTION!**  
Protégez le chevalier cuivré, une espèce menacée et unique au Québec.  
Protect the copper redhorse, a threatened species unique to Québec.

Il est **INTERDIT** de prendre et de garder tous les chevaliers et les meuniers (Règlement de pêche du Québec). Toutefois, la carpe, souvent confondue avec ces espèces, peut être gardée. Assurez-vous de l'identifier correctement.

It is **FORBIDDEN** to catch and keep all redhorses and suckers (Québec Fishery Regulations). However, the common carp, often confused with these species, can be kept. Be sure to identify it correctly.



Aire de répartition connue du chevalier cuivré  
Current distribution of the copper redhorse



**COMMENT REMETTRE UN POISSON À L'EAU SANS LE BLESSE**  
 • Manipulez le poisson délicatement en le tenant sous l'eau; évitez de toucher ses yeux ou ses branchies.  
 • Gardez vos mains mouillées et retirez doucement l'hameçon, ou coupez l'avançon.  
 • Réanimez le poisson en le tenant sous l'eau par la queue. Remuez-le doucement dans un mouvement de va-et-vient.  
 • Relâchez-le doucement.

**HOW TO RELEASE A FISH WITHOUT HARMING IT**  
 • Handle the fish gently, holding it under water; avoid touching its eyes or gills.  
 • Keep your hands wet and gently remove the hook or cut the leader.  
 • Revive fish by holding it under water by the tail. Move it gently back and forth.  
 • Release it gently.

**SOS BRACONNAGE  
SOS POACHING  
1 800 463-2191**



Cette affiche a été réalisée par la Fédération québécoise de la faune pour le ministère des Ressources naturelles et de la Faune et Pêches et Océans Canada. Les agents de la faune du MRNF l'ont installée aux abords des habitats connus du chevalier cuivré, au début de l'été 2006.

## Nouvelle espèce envahissante signalée aux Îles-de-la-Madeleine

Une nouvelle espèce envahissante a été signalée aux Îles-de-la-Madeleine pendant l'été 2006. Il s'agit d'un tunicier, le botrylle étoilé, trouvé dans la lagune de Havre-aux-Maisons, à la marina de Havre-Aubert et au quai de Cap-aux-Meules. Cet animal ressemble à un petit sac gonflé. Il vit en colonie et se fixe aux structures solides (roches, algues, quais, structures aquacoles, bateaux) pour former des taches, puis des masses en forme de stalactites (minces plaques suspendues). La présence de botrylles a aussi été signalée dans les Maritimes.



PÊCHES ET OCÉANS CANADAYS, PIREIRA

**Spécimens de botrylle étoilé trouvés sur la quille d'un bateau au quai du Cap-Vert, aux Îles-de-la-Madeleine**

Un comité local regroupant Pêches et Océans Canada et le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec a été formé pour établir un plan d'action de lutte contre cet envahisseur.

Pendant l'été, des plongeurs ont parcouru les points stratégiques des Îles-de-la-Madeleine pour identifier les baies et les lagunes touchées. Une autre équipe a sensibilisé les plaisanciers, pêcheurs et aquaculteurs aux comportements à adopter pour protéger les plans d'eau et les installations qui ne sont pas encore affectés. Par exemple, les personnes qui circulent d'un plan d'eau à un autre ont été appelées à faire preuve de vigilance. Elles ont été invitées à nettoyer leur matériel (cordages, ancre, etc.) et la coque de leur bateau à l'eau douce ou au vinaigre, de même qu'à s'assurer de bien vider l'eau de la cale et des puisards. Les pêcheurs ont également été invités à nettoyer leur bateau loin d'un plan d'eau. En effet, lorsque les structures du botrylle étoilé sont endommagées, il peut libérer ses larves, ce qui favorise sa prolifération.

À l'automne, dans le but de détecter la présence de botrylles étoilés, les quais flottants et les bateaux de pêche en hivernage ont été vérifiés par Pêches et Océans Canada. Quelques spécimens ont été trouvés sur les quais flottants de la marina du Havre-Aubert, ainsi que sur un bateau dans la lagune de Havre-aux-Maisons.

Pour le moment, il existe très peu de données sur cette espèce, que ce soit sur ses impacts sur l'écosystème et les activités humaines ou encore, sur les moyens de la contrôler. Les scientifiques tentent d'en savoir plus sur le botrylle et ses modes de reproduction dans le but de limiter la propagation de l'espèce.

Source : Karina Laberge,  
Conseillère en communications  
Pêches et Océans Canada

## Traversée à l'île aux Basques

Bonne nouvelle pour les usagers de l'île aux Basques. La Société Provancher a pris possession de son bateau, lequel est fraîchement sorti des installations du chantier Cloutier Maritime inc., de Rimouski. Dès le printemps 2007, la traversée des passagers entre Trois-Pistoles et l'île aux Basques sera assurée par cette nouvelle embarcation de 10 m, entièrement construite en aluminium. La mise en service de ce bateau permettra à la Société Provancher de maintenir ses activités d'écotourisme à l'île, de visites guidées et de location de chalets aux membres.



D'une capacité de 12 passagers, ce bateau offrira un meilleur confort grâce, notamment, à son pont couvert et à un système de bâches pouvant être tirées en cas de mauvais temps. L'acquisition de ce bateau a été rendue possible grâce aux dons des membres de la Société Provancher et aux contributions financières du ministère des Affaires municipales et des Régions, du Centre local de développement des Basques et de Tourisme Bas-Saint-Laurent.

Source : Société Provancher

## Lièvres abondants à l'île aux Basques

Au cours des dernières années, le lièvre, les petits mammifères et les couvées d'eider étaient peu abondants sur l'île aux Basques. La présence de renards roux avait, en effet, créé une forte pression de prédation sur ces espèces. Au printemps 2006, le renard était absent de l'île et une remontée spectaculaire de la population de lièvre a été constatée par plusieurs visiteurs. De nombreux campagnols ont aussi profité de l'absence du renard, risquant même des sorties en plein jour. À la fin de juin, les couvées d'eider étaient nombreuses sur le pourtour de l'île. Cette espèce, nichant au sol, pourrait avoir subi moins de perte par prédation.



La présence du renard varie selon les années. Il accède à l'île en profitant du pont de glace qui se forme au cours de l'hiver. Lorsque le lièvre abonde sur l'île, il peut s'y installer pour quelques années, souvent jusqu'à la raréfaction de ses proies. Rappelons qu'en avril 2005, le conseil d'administration de la Société Provancher a adopté une politique relative à la présence du renard sur l'île qui va dans le sens de laisser agir la nature, donc sans aucune intervention humaine.

Source : Société Provancher



# Le Naturaliste canadien

## Directives aux auteurs

(2006.10.10)

*Le Naturaliste canadien* est une revue de diffusion des connaissances dans les domaines des sciences naturelles ou de l'environnement. Les articles sont destinés à un large public, scientifiques ou amateurs de la nature. Il est aussi 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*:

- 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 en 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 (SI) prévaut sur le système impérial. Toutefois, si l'auteur désire conserver le système impérial, il devra ajouter les 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.ardoise@sympatico.ca  
ou par courrier postal, sur CD (ou disquettes), avec copie papier à:

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

- L'auteur ou l'auteur principal 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 principal 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 un certain nombre de directives touchant la présentation et la saisie des manuscrits. Nous ne vous indiquons ici que les directives d'ordre pratique qui nous paraissent les plus importantes.

Les dictionnaires usuels sont régulièrement consultés de même que le *Grand dictionnaire terminologique* de l'Office québécois de la langue française (OQLF) et *Noms et lieux du Québec* de la Commission de toponymie. Pour trancher certaines questions litigieuses, on se référera au *Multidictionnaire de la langue française* de Marie-Éva de Villers (Québec/Amérique).

---

### Résumé 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, les titres de publications.
- Le gras: seulement pour les titres, 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*, *Plectrophanax 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 illustrations (§ 8)

- Les tableaux, figures, graphiques ou photos doivent être transmis en *fichiers autonomes*, même s'ils sont inclus dans le texte. Chaque illustration doit être accompagnée d'une légende.
- Les graphiques créés par *Excel* ou *Lotus 1-2-3* doivent être accompagnés des 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.

\* Illustration: graphiques, cartes géographiques, photos, dessins, etc.

- L'épaisseur des filets des graphiques (*Excel, Lotus 1-2-3, etc.*) ne doit pas être inférieure à 0,25 pts. 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, p. 5)

- 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 est écrit en caractères plus petits et devrait 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 photos, des graphiques, des cartes, et les accompagner de légendes explicatives (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 a déjà été saisi sur micro-ordinateur. Lors de la transmission par courrier postal, mentionner sur le CD le titre de l'article, le nom de l'auteur, la date et, dans certains cas, 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, une copie papier – où ils seront indiqués au surligneur – 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 Mettre les mots étrangers et les titres des publications en italique.
- 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*, *Plectrophanax nivalis*).
- 3.5 Saisir les titres, les surtitres, sous-titres et intertitres en majuscules et en minuscules *et non* en majuscules seulement 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 l'organisme lui-même.
- 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 « bas de page » paraîtront à la fin de l'article. L'appel de note<sup>21</sup> 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

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 (contrairement à une habitude qui semble se développer de mettre 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, utiliser les espaces insécables de même que pour les nombres :  
12 % 20 \$ 3 m<sup>2</sup> 50 km/h 33 ha 1 500  
10 000 40 000 \$

## 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 peut 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 voyelles fusionnées

Les voyelles æ et œ doivent être liées : cœur, œil, nœud, œuf, œdème, vitæ, etc.

## 8. Les tableaux, figures et illustrations

8.1 Les tableaux, graphiques, dessins et photos doivent être fournis en fichiers distincts du texte. Si le manuscrit est un fichier *Word*, et que des graphiques *Excel* et des photos numérisées y sont insérés, le manuscrit devra être accompagné de chacun des fichiers *Excel* et des fichiers de chaque photo insérée dans le document *Word*.

Dans le corps du texte, on doit indiquer, le numéro de l'illustration [ex. : (figure 1); (tableau 2)] de façon à ce qu'on puisse la placer le plus près possible de sa mention lors de la mise en page.

L'épaisseur des filets des graphiques réalisés avec des tableurs (*Excel*, *Lotus 1-2-3*, etc.) ne doit pas être inférieure à 0,25 pts. Les presses utilisées pour imprimer *Le Naturaliste canadien* sont souvent incapables d'imprimer des filets plus minces que 0,25 pts. 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. L'auteur doit s'assurer que les graphiques qu'il envoie sont identiques à ceux de son manuscrit original.

- 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 Les illustrations doivent être accompagnées de légendes de même que les photos pour lesquelles chaque *crédit photo* sera indiqué; elles doivent être numérotées. Pour les photos, indiquer le cadrage souhaité s'il y a lieu.

- 8.4 Lors de l'envoi de photos ou de diapositives à faire numériser, indiquer le haut et la droite des illustrations par une flèche (↑) (→) pour en déterminer l'orientation, afin d'éviter toute confusion.
- 8.5 Pour les cartes géographiques, toujours en mentionner la source; indiquer la signification des symboles et l'échelle, si ces renseignements ne sont pas inclus; les numéroter et indiquer la position souhaitée dans le texte, si nécessaire [ex. : (figure 2)].
- 8.6 Indiquer le nom de tout logiciel spécialisé peu courant.

## 9. Références bibliographiques

Dans le corps du texte, indiquer les références ainsi : (Corbeil et Archambault, 1992; Simon, 1995); (Guénette *et al.*); (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 de journaux et de revues.

Dans les deux cas, 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 écrites en majuscules. S'il y a plusieurs auteurs, les initiales des auteurs suivants précèdent leur nom dont elles sont séparées par un point, la conjonction « et » précédant les initiales et le nom du dernier auteur, ou « and » lorsque l'article est en langue anglaise (voir exemples). Ne pas utiliser les majuscules « forcées » (*cap. lock*) pour les noms des auteurs. Ne pas séparer les initiales par une espace : Froelich, H.A. and 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;
- **le titre du livre ou de la revue** dont est tiré l'article, suivi d'une virgule;
- **le nom de l'éditeur**, suivi d'une virgule, le nom de la ville où le livre est édité, suivi d'une virgule, le nombre de pages que comporte le livre suivi d'un point ou, dans le cas d'un article, la mention des pages correspondant à l'article cité, précédée de deux points (:) et suivie d'un point.
- 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 ainsi qu'aux mots « *In* » et « *Dans* ».

Exemples :

- Corbeil, J.-C., B. Boivin, G. Simard and P. Gauvin, 1955. 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.
- Simon, A., 1995. La nature. Les Presses de l'Université Laval, Québec, 156 p.
- 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.
- Boivin, B., 1992. Les Cypéracées de l'est du Canada. *Provan-cheria* n° 20, 230 p.



- Boivin, B., 1980. Survey of canadian herbaria. *Provancheria* n° 10, 187 p.
- Huot, M., 1995. Une espèce unique au Québec: le suceur cuivré. *Le Naturaliste canadien*, 119 (2), p. 37-40.
- Froelich, H.A. and D.H. McNabb, 1984. Minimizing soil compaction in Pacific Northwest forest. In Stone, E.L. (Ed.), *Forest Soils and Treatment Impacts*. Department of Forestry, Wildlife and Fisheries, University of Tennessee, Knoxville, TN, pp. 159-192.
- Skolwing, H., 1987. Traffic accidents with moose and roe deer in Sweden. Report of research, development and measures. In *Actes du colloque Routes et faune sauvage*, 5-7 juin 1985, Strasbourg, p. 317-24.
- Fassler, C.R. 1997. The American mussel crisis: effects on the world pearl industry. In Cummings, K.S., A.C. Buchanan, C.A. Mayer, and T.J. Naimo, eds. *Conservation and management of freshwater mussels II: initiatives for the future*. Pages 265-277. Proceedings of a UMRCC symposium, 16-18 October 1995, St-Louis, Missouri. Upper Mississippi River Conservation Committee, Rock Island, Illinois.

Envoyer les textes, graphiques et illustrations directement à l'éditeur :

de préférence par courriel à : ed.ardoise@sympatico.ca

ou par courrier postal (avec CD et copie papier) à :

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

Pour davantage d'information,

sur le contenu ou le fond, communiquer avec  
Michel Crête: 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

Aujourd'hui, la plupart des appareils photo sont munis de contrôles automatiques et, règle générale, ils donnent de bons résultats pourvu, bien sûr, que le photographe ait la main stable.

### L'appareil photo traditionnel

Pour un appareil photo à cartouches de films, la photo sur papier ou la diapositive produite doit être numérisée (« 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 dpi pour les photos sur papier de 100 x 150 mm (4 x 6 po.);
- à une résolution minimale de 2400 dpi pour les diapositives.

### L'appareil photo numérique

Quant à l'appareil à photo numérique, la photo obtenue est un document informatique, de même nature qu'une diapo numérisée. À vrai dire, l'appareil photo numérique agit comme un miniscanneur portatif muni d'une lentille, qui projette l'image de l'objet visé sur une plaque électronique. Celle-ci transforme les rayons lumineux de l'image en millions de signaux numériques, les « pixels ». C'est le nombre de ces pixels qui détermine la résolution de l'image.

Le nombre maximal de pixels que peut fournir un appareil photo est une des principales marques de sa qualité, car il détermine la résolution maximale que l'appareil peut donner à une image. Cela dit, le photographe peut contrôler la résolution des photos qu'il veut obtenir en spécifiant le nombre de pixels à attribuer aux photos. Mais attention, cet ajustement ne fait pas partie des contrôles automatiques de l'appareil. Le photographe doit les spécifier manuellement avant la prise de photos.

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 soit utilisable pour la prise de photos. Chaque appareil a sa façon d'effectuer cet ajustement, habituellement décrit dans le *Guide de l'utilisateur*. Chercher, par exemple, *Qualité d'image* sous l'index du Guide.

## LE MOT DU PRÉSIDENT

### Élucubrations d'un insomniaque

Sous une forme humoristique, Michel Lepage s'interroge sur notre participation citoyenne à la réduction des gaz à effet de serre.

*par Michel Lepage*

### Résultats du sondage sur le degré de satisfaction des lecteurs du *Naturaliste canadien*

Le sondage réalisé auprès de 450 lecteurs a permis de constater que ceux-ci appréciaient la qualité du *Naturaliste canadien*, et notamment la diversité des sujets traités. Ce sondage a aussi montré la faible pénétration de la revue chez les moins de 45 ans.

*par Michel Cantin*

## NOS GRANDS NATURALISTES

### La contribution entomologique et taxinomique de l'abbé Léon Provancher

Avec les moyens limités de l'époque et malgré un isolement relatif, l'abbé Provancher a contribué de façon remarquable au développement des sciences naturelles au Québec en jetant les bases de la recherche en entomologie, en conchyliologie et en botanique et en établissant les premiers contacts avec la communauté scientifique internationale.

*par Mélanie Desmeules*

## BOTANIQUE

### La protection des plantes vasculaires à statut précaire du Saint-Laurent

Une priorité devrait être accordée à la protection de ces plantes vasculaires du fleuve et du golfe qui représentent 69 % des plantes d'intérêt du Québec. L'article comprend une liste complète des plantes vasculaires d'intérêt présentes dans cette zone avec, pour chacune d'elles, le nombre de populations protégées et non protégées et leur statut de précarité suivant les normes québécoises et canadiennes.

*par Jean Deshayé, Jean-Luc DesGranges et Benoît Jobin*

### Deux nouvelles stations de dryade de Drummond (*Dryas drummondii*) sur la Côte-Nord (Québec)

La découverte de la présence de la dryade sur des résidus miniers au Lac Jeannine permet d'étendre vers le Nord l'aire de répartition de cette espèce et de lui attribuer un nouveau type d'habitat.

*par Normand Cossette et Marcel Blondeau*

## ORNITHOLOGIE

### La science citoyenne à la rescousse d'une espèce en déclin: Observations sur l'hirondelle noire en 1972 par Pierre Ducas

Les observations d'un passionné d'ornithologie, Pierre Ducas, constituent une base précieuse de renseignements sur une espèce dont le déclin intrigue les spécialistes. Ces données sont analysées par un groupe de partenaires auquel a participé la Société Provancher.

*par Jacinthe Tardif et Marcel Darveau*

## HERPÉTOLOGIE

### Consulter le public pour obtenir des mentions de tortues rares

L'appel fait au public par l'intermédiaire des journaux a bien fonctionné: sur les 370 mentions rapportées, au moins 47 mentions valides de tortues désignées menacées ou vulnérables ont pu être enregistrées, ce qui montre l'utilité du recours au public dans cette démarche.

3

*par Jean-François Desroches et Isabelle Picard*

## GESTION DE LA FAUNE

### Inventaire et structure de population du bœuf musqué (*Ovibos moschatus*) au sud-ouest de la baie d'Ungava (août 2003)

Depuis son introduction à des fins d'élevage en 1967, la population de bœufs musqués a connu une remarquable extension au Québec. Après l'abandon de la tentative d'élevage, 56 individus étaient relâchés dans la nature dans les années 1970. Les observations récentes évaluent maintenant la population à plus de 1 400 individus avec un développement variable suivant les secteurs considérés, mais la densité de population ne pose aucun problème pour le maintien de l'habitat.

*par Donald Jean, Stéphane Rivard et Marc Bélanger*

5

### Sur la piste du couguar (*Puma concolor*) au Québec, 1955-2005: analyse des rapports d'observation

L'étude systématique des observations rapportées par les témoins permet d'affirmer que le couguar est bel et bien présent au Québec. Si on connaît mal ses habitudes de vie, il semble que l'animal s'est montré plutôt indifférent à la présence humaine et n'a pas manifesté d'attitudes agressives lors de ces rencontres fortuites.

*par Hélène Jolicœur, Annie Paquet et Jean Lapointe*

7

## SCIENCES DE LA MER

### Mais qu'est-ce que Pêches et Océans Canada peut bien faire sur les lacs et les rivières du Québec?

Réponse: la *Loi sur les pêches* donne le mandat à l'organisme fédéral de gérer l'habitat du poisson y compris en eaux douces, et par là, de protéger la pêche.

*par Jean Piuze*

16

## ENVIRONNEMENT

### Méthode intégrée d'inventaire, d'évaluation et de suivi des milieux humides

Cette méthode d'évaluation par facteurs biophysiques fonctionnels (FBF) permet d'établir rapidement la valeur écologique des milieux humides d'un territoire. Les résultats obtenus se prêtent notamment à une utilisation dans le cadre de programmes ou de politiques de conservation et de mise en valeur des milieux naturels. Ils peuvent également être intégrés directement au schéma ou au plan d'aménagement d'un territoire.

*par Gaston Lacroix, Kim Huggins, Valérie Tremblay et Mathieu Pronovost*

28

### Introduction de débris ligneux dans des habitats qui en sont dépourvus: Effets sur la biodiversité

Ces expériences originales, menées sur trois sites différents, visent à mesurer l'effet sur la biodiversité de l'apport de morceaux de bois de formes et d'origines variées et à mieux connaître les effets du recyclage du bois mort.

*par Benoît Limoges*

33

## LES ROUTES DE L'INTERNET

### Le protocole de Kyoto et le plan d'action de Montréal

*par Marianne Kugler*

## LES LIVRES

### SAVIEZ-VOUS QUE...

42

49

59

62

70

94

96

101



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 : \_\_\_\_\_  
prov.

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  
4740, boul. Wilfrid-Hamel, bureau 130  
Québec QC G1P 2J9



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.



LA SOCIÉTÉ  
PROVANCHER  
D'HISTOIRE  
NATURELLE  
DU CANADA

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



*Taxidea taxus*

Capture d'un blaireau au Québec p. 45



*Anguilla rostrata*

L'anguille au Québec, une situation préoccupante p. 58



L'effet de phytohormones sur la multiplication végétative de la matteuccie fougère-à-l'autruche p. 15



*Matteuccia struthiopteris*



Régime alimentaire de la nyctale de Tengmalm en Minganie durant la nidification p. 28