

# le naturaliste canadien

Volume 143, numéro 2  
Été 2019

SOCIÉTÉ PROVANCHER

Revue de diffusion des connaissances en sciences naturelles et en environnement



## **Au sommaire**

- ***UNE PLANTE RARE QUI PARASITE LE CHÊNE ROUGE***
- ***DE NOUVELLES MENTIONS POUR TROIS COLÉOPTÈRES***
- ***LE GRADIENT LONGITUDINAL DE LA VÉGÉTATION EN FORÊT BORÉALE***
- ***UNE MALADIE QUI MENACE LE NOYER CENDRÉ***
- ***DES VERS DE TERRE SUR L'ÎLE AUX BASQUES***



Société  
Provancher

100<sup>e</sup> anniversaire

# 100 ANS D'ENGAGEMENT POUR LA NATURE

LA SOCIÉTÉ PROVANCHER



Photographie  
Annie Macfhay©

**Protection et gestion de milieux naturels.** La Société Provancher possède plusieurs propriétés dont elle assure la conservation à perpétuité et la mise en valeur. Ces territoires protégés apportent une contribution tangible à la sauvegarde des milieux naturels d'exception au Québec dont certains ont une portée historique.

**Accroître l'intérêt du public envers la conservation de la nature.** Plusieurs activités à caractère éducatif sont régulièrement organisées à la Réserve naturelle du Marais-Léon-Provancher et à l'île aux Basques. Qu'il s'agisse de panneaux d'interprétation, d'activités dirigées ou du musée de l'île aux Basques, ces outils permettent une meilleure sensibilisation aux richesses des milieux naturels et à l'importance de les protéger.

**Diffusion de connaissances.** La Société publie le périodique scientifique *Le Naturaliste canadien*, lequel diffuse, depuis 1868, des connaissances en français sur les thèmes de la nature et de l'environnement. Véritable pièce de notre patrimoine scientifique et fondée par l'abbé Léon Provancher, la revue est entièrement éditée par la Société Provancher.

**Acquisition de connaissances.** Des travaux sont également menés sur les territoires de la Société Provancher, en collaboration avec différents ministères et établissements universitaires. Nommons, entre autres, le contrôle des plantes envahissantes, le rétablissement des chauves-souris, l'amélioration de nos connaissances des étangs vernaux. En collaboration avec le Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec (CDPNQ), la Société Provancher contribue également à l'acquisition des données sur les espèces menacées ou vulnérables au Québec.

## Centenaire de la Société Provancher

La Société Provancher fête son centième anniversaire en 2019. Diverses activités sont organisées pour:

1. Reconnaître l'importance du maillage entre la Société et ses partenaires depuis 100 ans;
2. Sensibiliser le public et les instances régionales à l'importance de nos territoires protégés pour la conservation de la nature et à l'impact économique qu'ils apportent;
3. Sensibiliser le public à la beauté de la nature;
4. Souligner l'importante contribution des membres et des bénévoles de la Société au cours des 100 dernières années.

La Société Provancher invite les lecteurs du *Naturaliste canadien* à participer à ces activités dont plusieurs seront gratuites.

**Société Provancher**, CP 1335, Portneuf, QC  
GOA 2Y0; 418 554-8636 ; [info@provancher.org](mailto:info@provancher.org)

[www.provancher.org/centenaire-de-la-societe-1919-2019](http://www.provancher.org/centenaire-de-la-societe-1919-2019)

[www.facebook.com/societeprovancher](https://www.facebook.com/societeprovancher)

## LE MOT DU PRÉSIDENT

**Le passé est-il garant de l'avenir?**

*Daniel St-Onge*

## BOTANIQUE

**La répartition du conopholis d'Amérique (*Conopholis americana* [L.] Wallroth) au Québec**

Le conopholis d'Amérique est une plante qui parasite les racines du chêne rouge. Toutefois, là où il y a du chêne, il n'y a pas nécessairement du conopholis. Loin de là! Pourquoi? Les auteurs ont tenté d'expliquer la répartition et les mécanismes de dispersion de cette plante inusitée.

*Jean Deshayé, Tommy Landry, Réal Goudreau,  
Maïté Dubois et Marie-Josée Grimard*

## ENTOMOLOGIE

**Nouvelles mentions de trois espèces de Cleridae (Coleoptera) pour le Québec**

Les auteurs rapportent des premières mentions pour le Québec de trois espèces de coléoptères de la famille des Cleridae, des insectes prédateurs d'espèces xylophages qui, elles, sont présentes au Québec depuis un certain temps. Ces expansions d'aires de répartition pourraient découler des changements climatiques.

*Michel Lebel, Stéphane Dumont  
et Michel Racine*

## FORESTERIE

**La forêt boréale du Québec: influence du gradient longitudinal**

Les auteurs décrivent les caractéristiques physiographiques, climatiques et écologiques du domaine de la pessière noire pour un transect longitudinal de 1000 km, de l'Abitibi à la Basse-Côte-Nord. Les changements observés montrent l'importance de considérer le gradient longitudinal pour expliquer la répartition des formations végétales de la forêt boréale.

*Pierre-Luc Couillard, Serge Payette,  
Martin Lavoie et Jason Laflamme*

## INVERTÉBRÉS

**Premières mentions de vers de terre au parc naturel et historique de l'île aux Basques** 33

Contrairement à la croyance populaire, les vers de terre n'ont pas que des effets bénéfiques dans les écosystèmes qu'ils colonisent. En forêt, ils peuvent réduire la biodiversité et nuire à certains processus naturels. L'auteur rapporte une première mention de vers de terre au parc naturel et historique de l'île aux Basques. Quels seront les effets sur la faune et la flore de ce sanctuaire?

*Jean-David Moore*

## PATHOLOGIE FORESTIÈRE

**L'histoire d'un chancre menaçant d'exterminer le noyer cendré** 39

Le noyer cendré, feuillu noble de nos forêts, est menacé de disparition. C'est un chancre causé par un champignon qui est responsable du statut précaire de l'espèce. Les auteurs relatent l'histoire de cette maladie et décrivent les recherches effectuées au Canada pour protéger et rétablir cette essence.

*Danny Rioux, Philippe Tanguay, Kishan Sambaraju,  
Nicolas Nadeau-Thibodeau et Pierre DesRochers*

## LES LIVRES

49

## VIE DE LA SOCIÉTÉ

51

## SAVIEZ-VOUS QUE...

54

**En page couverture:** Pessière à lichens au nord de Havre-Saint-Pierre sur la Côte-Nord.

Photo: P.-L. Couillard

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

Qu'ils en soient tous remerciés.

## La Société Provancher remercie ses généreux bienfaiteurs Année 2019

### Grands bienfaiteurs (500 \$ et plus)

Roger Bélanger • Elisabeth Bossert • Michel Cantin • Guy Chouinard • Gervais Comeau • Madeleine Dubuc • Yves Lacasse • André Lussier • Daniel St-Onge • Jean Tremblay • Marcel Turgeon • Michel Wapler

### Amis (250 \$ à 499 \$)

Jean Bricault • Denis Côté • Bruno Drolet • Joël Godin • Richard Jones • Michel Lepage • Natalie Michaud • Serge Olivier • Paul Poirier • Christian Potvin • Raymond Arial GESTION SOLIFOR INC. • Jacques Villeneuve

### Bienfaiteurs (1 \$ à 249 \$)

Marguerite Ahern Normandeau • Réjean April • Claire Arsenault • Lucie Aubin • René Audet • Daniel Auger • Geneviève Auger • Réginald Auger • Daniel Banville • Jean-Guy Banville • Cyrille Barrette • Simon-Pierre Barrette • Serge Barrière • André Beaulieu • Francine Beaulieu • Michelle Bédard • Yvan Bédard • Jean-Pierre Bédard ÉTIQUETAGE BÉDARD • Christine Bélanger • Gilles Bélanger • Cynthia Bellavance • Suzanne Benoit • Michel Bergeron • Dominique Berteaux • Diane Bérubé • Martin Bilodeau • Damien Blais • Philippe Blais • Nadine Blanchin • Hélène Blondin • Derek Blouin-Perry • Suzanne Bonneau • Gwendoline Bonnet • Chloé Bonnette • Yvon Bouchard • Francis Boudreau • Jean Bouvra • Jean-Pierre Bourassa • Yvan Breault • Pierre Breton • Jean Denis Brisson • Danielle Cadrin • Pierre Campagna • Jocelyn Cantin • Benoit Caron • Martin Castonguay • Louise Champoux • Kim C. Charbonneau • Monique Charest • Richard Chartier • Réjean Chayer • Jean-Jacques Chevalier • Jocelyn Chouinard • André Clermont • Conrad Cloutier • Denis Cloutier • Christian Corbeil • Geneviève Corbeil • Lina Corriveau • Jean-Marc Cossette • Vicky Cossette • Denis Couillard • Rachelle Coupal • Réhaume Courtois • Pierre Couture • Michel Crête • Michel Dagenais • Violaine Damphousse • Philippe Dancause GROUPE DANCAUSE ET ASSOCIÉS • Luc De Passillé • Marthe De Serres • Josée Deguise • Conrad Delisle • Valérie Delisle-Gagnon • Andréanne Demers • Jacques Demers • Louise Desautels • Renée Desautels • Jean-Luc Desgranges • Josianne Desloges • Micheline Desmartis • Pierre Dorval • Yohann Dubois • Roger Duchesneau • Jacqueline Dumais • Michèle Dumont • Jacques Duquette • Jean-Denis Dutil • Louise Falcon • Céline Filteau • Guy Fitzgerald • Madeleine Fontaine • Michel Fordin • Pascale Forget • Louise Fortin • Elizabeth Fournier • Jean Fugère • Denis Fyfe • Gilles Gaboury • Chantal Gagné • Emmanuel Gagnon • Nicole Gagnon • Raynald Gagnon • Alexandre Gagnon-Kugler • Benoît Gauthier • Robert Gauthier • Alain Gauvin • Denis Germain • Jean-Roch Giguère • Claudette Girard • Michel Giroulx • Guy Gosselin • Jean Gosselin • Marie Gosselin • Sylvain Gosselin • Hélène Gouin • Marie Grenon • Michèle Grimard • Suzanne Grondin • Jean Hamann • François Hamel • Pascale Hamel • Eric Yves Harvey • Jean-Claude Houde • Jean Huot • Lucien Huot • Michel Huot • Romy Jacob-Racine • Mélanie Jalbert • Bert Klein • Marianne Kugler • Johane La Rochelle • Diane Laberge • Maud Laberge • Anne Lachance • Audrey Lachance • Sandra Lachance • Norbert Lacroix CLUB DES ORNITHOLOGUES DE QUÉBEC • Michel Laflamme • Anne-Marie Lafond • Judith Laforest • Langis Lagacé • Pierre Laliberté • Jean-Bastien Lambert • Gaëtan Langlois • Emilie Lapalme • Cécile Lapierre • Monique Lapointe • Maude Larsen • Marie Larue • Héroïse Le Goff • Chantal Leblanc • Lise Leclerc • Pierre Leduc • Yves Légaré • Marie-Hélène Legault • Jacques Lemieux • Bernadette Lepage • Daniel Lepage • Hélène Lévesque • Madeleine Lévesque • Joël Lightbound • Marie-Josée Linteau • Alain Lizotte • Jean-Marc Lord • Marc Ludvik • Michel Madden • Luc Major • Luc Maltais • Bernard Marenger • Kim Marineau BIODIVERSITÉ CONSEIL • Pierre-Martin Marotte • Mathieu Martin • Pierre Martineau • Guy Massicotte • Donna McEwen • Marthe B. Mercier • Isabelle Moisan • Jacques Mongeau • Pierre Morisset • Fabien Murdock • Denis Ouellet • Diane Ouellet • Jean-Pierre Ouellet • Jocelyne Ouellet • Manon Ouellet • Réginald Ouellet • Louise Pagé • Marc-André Paquet • Denis Paquette • Maxime Paradis • Sylvain Paradis • Diane Paré • Luc Paré • Eric Parent • Serge Parent • Robert Patenaude • Chantale Pelletier • Nicole Perreault • Sylvie Perron • Françoise Pflanzgraf • Denise Phaneuf • Lise Pilote • Berthier Plante • Céline Plante • Marc-André Poirier • Denis Potvin • François Potvin • Yvan Pouliot • Marie-Pierre Rainville • Pierre Rainville • Martine Raymond • Paul Rémillard • Michel Renaud • Claude Rheault • François Richard • Manon Richard • Pierre J.H. Richard • Joan Ross • Arlette Rouleau • J. Denis Roy • Odette Roy • Stéphane Roy • Émilie Saulnier-Talbot • Benoît Senécal • Annie Simard • Claude Simard • Gilbert Simard • Antoine St-Louis • François Tellier • Simon Théberge • Julie Touchette • Nicole Trudel • Marie-France Turcotte • Michel Varin • Lucie Vézina • Georges Viel



Société  
Provancher

#### Président

Daniel St-Onge

#### 1<sup>re</sup> Vice-présidente

Élisabeth Bossert

#### 2<sup>e</sup> Vice-président

Jean Tremblay

#### Secrétaire

Michel Lepage

#### Trésorière

Catherine Thomassin

#### Administrateurs

Lucie Aubin  
Jean-Guy Banville  
Christine Bélanger  
Michel Cantin  
Guy Chouinard  
Robert Patenaude

le naturaliste  
canadien

#### Bureau de direction

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

#### Équipe éditoriale

Denise Tousignant,  
rédactrice en chef  
Bruno Drolet,  
rédacteur en chef  
ad hoc

Yan Boucher  
François Brassard  
Marc-Antoine Couillard  
Mathieu Cusson  
Christian Hébert  
Patrick Lajeunesse  
Marc Mazerolle

Stéphanie Pellerin  
Martin-Hugues  
St-Laurent  
Junior Tremblay

#### Révision linguistique et technique

Daniel Banville  
Luc Bélanger  
Agathe Cimon  
Doris Cooper  
Andrew P. Coughlan  
Jean-Sébastien  
Michaud  
Pierre Pérint

#### Correction des épreuves

Pierre Pérint  
Camille Rousseau

#### Impression et reliure

Marquis Imprimeur inc.

COMMUNICATIONS  
Science-Impact  
impact

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

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

#### Droits d'auteur et droits de reproduction

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

Dépôt légal 2<sup>e</sup> trimestre 2019

Bibliothèque nationale du Québec

© La Société Provancher d'histoire naturelle du Canada 2019

Bibliothèque nationale du Canada

ISSN 0028-0798 (Imprimé)  
ISSN 1929-3208 (En ligne)

Imprimé sur du papier  
100% recyclé



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

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

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

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

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

Publication semestrielle

Toute correspondance doit être adressée à :

Société Provancher

c.p. 1335, Portneuf QC G0A 2Y0

Téléphone : 418 554-8636

Courriel : societeprovancher@provancher.org

Site Web : www.provancher.org



Société  
Provancher

## Le passé est-il garant de l'avenir ?

En 2018, nous avons fêté le 150<sup>e</sup> anniversaire du *Naturaliste canadien*. En 2019, c'est au tour de la Société Provancher de vivre ses 100 ans. Ce sont deux anniversaires exceptionnels pour une entreprise œuvrant dans le domaine des sciences naturelles.

La Société Provancher a profité de son centenaire pour faire un bilan de ses réalisations. Une première constatation est que sa longévité est le fruit de la vision d'avenir de ses fondateurs. On note aussi que ses bénévoles et les organismes auxquels elle s'est associée ont partagé ses valeurs et l'ont fait grandir au fil des ans.

C'est un fait indéniable que la Société Provancher a contribué activement à changer les mentalités au sujet de l'utilisation abusive des espèces. De plus, elle a fait naître un intérêt grandissant pour leur protection et l'utilisation durable des ressources. Elle y est parvenue en acquérant des territoires pour les protéger, en diffusant des informations scientifiques crédibles et cohérentes sur la faune et ses habitats et en sensibilisant le public — en particulier les jeunes — à l'importance de cette mission.

Aujourd'hui, compte tenu des menaces particulièrement sérieuses pour l'environnement, la Société Provancher entend poursuivre l'œuvre de ses fondateurs visionnaires. Pour y arriver, elle continuera d'agir selon quatre axes d'intervention majeurs : la protection et la gestion de milieux naturels, l'éducation et la diffusion des connaissances dans le domaine des sciences naturelles.

La pérennité de notre organisation repose en outre sur sa capacité d'adaptation aux changements non seulement environnementaux, bien sûr, mais aussi technologiques. Ainsi, comment gérer les technologies relatives à l'intelligence artificielle? Voilà tout un défi à relever! Il faut aussi savoir se prémunir contre les fausses nouvelles et la désinformation, comme les articles scientifiques douteux qui circulent ailleurs sur Internet. On comprend donc facilement l'importance d'une bonne communication scientifique : *Le Naturaliste canadien*, notre revue de diffusion des connaissances, devra continuer de s'y engager activement, notamment grâce à un rigoureux processus de révision par les pairs de tous les manuscrits d'articles qui lui sont soumis.

J'ignore si notre passé est entièrement garant de notre avenir, en raison notamment des nouveaux défis environnementaux auxquels notre planète est confrontée aujourd'hui. Je reste toutefois convaincu que nous et nos successeurs saurons puiser dans les réalisations antérieures de la Société pour en tirer les leçons nécessaires et entreprendre le prochain centenaire.

Bon 100<sup>e</sup> à la Société Provancher!

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

# La répartition du conopholis d'Amérique (*Conopholis americana* [L.] Wallroth) au Québec

Jean Deshaye, Tommy Landry, Réal Goudreau, Maïtée Dubois et Marie-Josée Grimard

## Résumé

Au Québec, le conopholis d'Amérique (*Conopholis americana* [L.] Wallr.) est une plante parasite des racines du chêne rouge (*Quercus rubra* L.). Désignée espèce vulnérable au Québec, cette plante est beaucoup plus rare que son hôte et se restreint à quelques versants de collines exposés au sud. À la suite de la découverte d'une population totalisant près de 2 000 tiges dans la région de Rawdon, 2 hypothèses ont été explorées pour tenter d'expliquer la répartition de l'espèce, soit : 1) des inventaires insuffisants, 2) la qualité de l'habitat. Selon les résultats obtenus, aucune de ces hypothèses n'apparaît satisfaisante. Des facteurs aléatoires, comme la dispersion par l'ours noir ou le cerf de Virginie, pourraient être en cause.

**MOTS-CLÉS :** plante vulnérable, habitat, Québec, répartition, zoochorie

## Abstract

In Québec (Canada), the American cancer-root (*Conopholis americana* [L.] Wallr.) is an obligate parasite that grows on the roots of red oak (*Quercus rubra* L.). Designated as vulnerable in the province, this plant is much rarer than its host and is restricted to a few south-facing rocky slopes. Following the discovery of a population of about 2,000 stems in the Rawdon area, 2 hypotheses were explored to try to explain the current known distribution of the species: 1) insufficient survey effort and 2) habitat quality. However, the results obtained did not clearly support either of these hypotheses. Random factors, such as dispersal by black bear and white-tailed deer, may be involved.

**KEYWORDS:** distribution, habitat, Québec, vulnerable plant species, zoochory

## Introduction

Le conopholis d'Amérique (*Conopholis americana* [L.] Wallr.) est une plante herbacée dicotylédone appartenant à la famille des Orobanchacées. Cette famille de plantes très diversifiée comprend majoritairement des parasites facultatifs ou obligatoires des racines d'autres plantes (Rodrigues et collab., 2011). Le conopholis d'Amérique est un parasite obligatoire (holoparasite) des racines des chênes de la section *Lobatae*, dont le seul représentant au Québec est le chêne rouge (*Quercus rubra* L.).

## Biologie et écologie

La biologie et l'écologie du conopholis ont été étudiées principalement par Baird et Riopel (1986a, 1986b), Haynes (1971), Musselman (1982) et Percival (1931). Le Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec (CDPNQ, 2013) propose une synthèse des connaissances acquises. Le conopholis est un parasite obligatoire et incapable de photosynthèse; la plante est dépourvue de chlorophylle et de racines et les feuilles sont réduites à des écailles (figure 1). La nutrition de la plante est entièrement assurée par la plante hôte au moyen d'un tubercule appelé haustorium à partir duquel les hampes florales se développent. Tout débute par la germination d'une graine dont les dimensions sont d'environ 1 mm de longueur par 0,5 mm d'épaisseur. La dormance de la graine est brisée par la perception de substances chimiques émises par une racine de chêne. La radicule émergeant de la graine de conopholis vient en contact avec la racine de l'hôte et pénètre les tissus jusqu'à



Figure 1. Hampes fructifères du conopholis d'Amérique, région de Rawdon.

Jean Deshaye est botaniste à la firme WSP. Tommy Landry, Réal Goudreau et Maïtée Dubois sont aussi biologistes chez WSP. Marie-Josée Grimard, biologiste, est conseillère en environnement chez Hydro-Québec.

jean.deshaye@wsp.com

la moelle (xylème) en s'immiscant entre les cellules. Seules les sections mycorhizées de racine de chêne peuvent être pénétrées, car il semblerait que la phase mycorhizée soit la seule période durant laquelle la racine n'est pas protégée par le périderme. Le chêne réagit en produisant des tannins qui se concentrent au point d'invasion. Dans quelques cas, la concentration de tannins réussit à enrayer la pénétration de la radicule et à la faire mourir.

La croissance du tubercule du conopholis débute lorsque le contact est établi entre les cellules du parasite et les éléments de vaisseaux de la moelle de la racine de l'hôte. Le tubercule comprend 2 parties fondamentales dotées chacune d'un cambium, soit une partie vasculaire interne intimement liée à la moelle de l'hôte et une partie corticale dans laquelle se développeront les bourgeons floraux. À l'amont du tubercule naissant, les cellules résiduelles de la radicule et de la graine se rétrécissent et meurent. Au fur et à mesure de leur croissance très synchronisée avec celle des tissus de l'hôte, les tubercules fusionnent jusqu'à atteindre des dimensions considérables (> 50 mm).

Le conopholis vit entre 9 et 10 ans et fleurit à partir de l'âge de 4 ans. Dans de bonnes conditions, un individu de conopholis peut produire, en moyenne, 4 hampes florales de 75 fleurs chacune. Les fleurs sont dépourvues de nectaires pouvant attirer d'éventuels pollinisateurs et les anthères sont en contact direct avec le stigmate. Baird et Riopel (1986a) ont remarqué que seulement 36 % des individus (tubercules avec hampes florales) étaient visibles, les autres demeurant dans le sol. Des plantes isolées du vent ou des insectes pollinisateurs par un sac de plastique ont produit 85 % de graines viables, comparativement à 87 % pour des plantes laissées à l'air libre. Ces observations suggèrent que le conopholis est probablement autogame (Gilbert, 1997; Rodrigues et collab., 2011). Une fois fécondée, chaque fleur produit une capsule contenant environ 480 graines. Un individu peut ainsi produire plus de 100 000 semences par année, mais seulement 55 % sont viables et 12 % germent. Finalement, le taux de survie et d'établissement sur les racines de chêne est inconnu, mais il se situerait entre 1,2 et 3 %, soit suffisamment pour maintenir la population (Baird et Riopel, 1986a). La dispersion des graines se fait sur quelques centimètres seulement, lors de la déhiscence des capsules. Une pluie forte peut cependant les entraîner sur une plus grande distance. Certaines espèces animales qui consomment les tiges du conopholis pourraient contribuer à sa dispersion, notamment l'ours noir (*Ursus americanus*) (Seibert et Pelton, 1994; Weaver, 2000), le cerf de Virginie (*Odocoileus virginianus*) (Baird et Riopel, 1986a; Johnson et collab., 1995) et possiblement d'autres espèces (Musselman, 1982). Baird et Riopel (1986a) ont observé un taux de viabilité de 48 % des graines de conopholis présentes dans les fèces du cerf de Virginie, mais ce taux est inconnu chez l'ours noir. Musselman et Mann (1978) ajoutent que les graines de conopholis apparaissent mûres alors que les capsules sont encore charnues, soit avant leur durcissement. Selon ces auteurs, l'arrivée à maturité des graines pendant que la plante est comestible en favoriserait la dispersion par les animaux.

## Répartition

Le conopholis est une plante des régions tempérées de l'est de l'Amérique du Nord. Il est présent dans tous les États de l'est des États-Unis, ainsi qu'au Manitoba, en Ontario, au Québec et en Nouvelle-Écosse, mais il est apparemment absent du Nouveau-Brunswick (Couillard et collab., 2012). Selon Rodrigues et collab. (2011), le conopholis d'Amérique est une plante qui peut être abondante localement, mais dont les populations sont rares et isolées presque partout, sauf peut-être au sud de son aire de répartition (Musselman et Mann, 1978). Selon NatureServe (2011 dans Couillard et collab., 2012), la situation du conopholis est considérée comme précaire en Nouvelle-Écosse et dans 5 des 28 États et le district fédéral américains où il se trouve.

Au Québec, le conopholis est une plante rare désignée espèce vulnérable (Tardif et collab., 2016b) depuis 2011, en vertu de la *Loi sur les espèces menacées ou vulnérables* (L.R.Q., c. E-12.01). La majorité des populations connues (figure 2) se situent en Outaouais, de part et d'autre de la rivière Gatineau. Vers l'est, on trouve quelques populations autour de Montréal, notamment à l'ouest et à l'est, sur les collines Montérégiennes. On en trouve aussi au nord, dans la région de Rawdon, sur les contreforts des Laurentides. Enfin, une population excentrique existe aussi à Sully, près de la frontière du Nouveau-Brunswick (Petitclerc et collab., 2007). La répartition actuelle du conopholis (figure 2) montre que l'espèce se trouve principalement dans les deux domaines bioclimatiques les plus méridionaux du Québec, soit l'érablière à caryer cordiforme et l'érablière à tilleul (Saucier et collab., 2009). Quelques populations débordent dans le domaine de l'érablière à bouleau jaune et une population atteint le domaine de la sapinière à bouleau jaune (figure 2, flèche à l'est). Selon le Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec (CDPNQ), une population (ou occurrence) correspond à une ou plusieurs observations d'importance et d'étendue variables et spatialement rapprochées. Deux populations distinctes sont séparées l'une de l'autre par 1 km ou plus d'habitat non propice ou apparemment inoccupé (Tardif et collab., 2016a; 2016b).

L'habitat du conopholis est habituellement représenté par des formations pures ou mélangées de chêne rouge sur des sites généralement exposés au sud, en pente douce ou modérée (8-30 %), sur roc, avec un sol plutôt mince et bien drainé (WSP, 2015). La répartition du chêne rouge débordement celle connue du conopholis (figure 2). D'ouest en est, l'espèce atteint le nord du lac Témiscamingue, la région de La Tuque le long du Saint-Maurice, le lac Saint-Jean, l'embouchure du Saguenay et le parc Forillon en Gaspésie. Il est possible de faire un parallèle avec une autre plante parasite dépourvue de chlorophylle, l'épifage de Virginie (*Epifagus virginiana*), présente au Québec et appartenant à la même famille. Cette espèce parasite les racines du hêtre à grandes feuilles (*Fagus grandifolia*), une espèce arborescente appartenant aussi à la famille du chêne, les Fagacées. L'épifage étant une plante annuelle, le lien avec les racines de l'hôte doit donc être rétabli chaque année. Malgré cela, et ce, contrairement au conopholis, l'épifage occupe pratiquement toute l'aire de répartition du hêtre (Marie-Victorin, 1964; Rousseau, 1974).

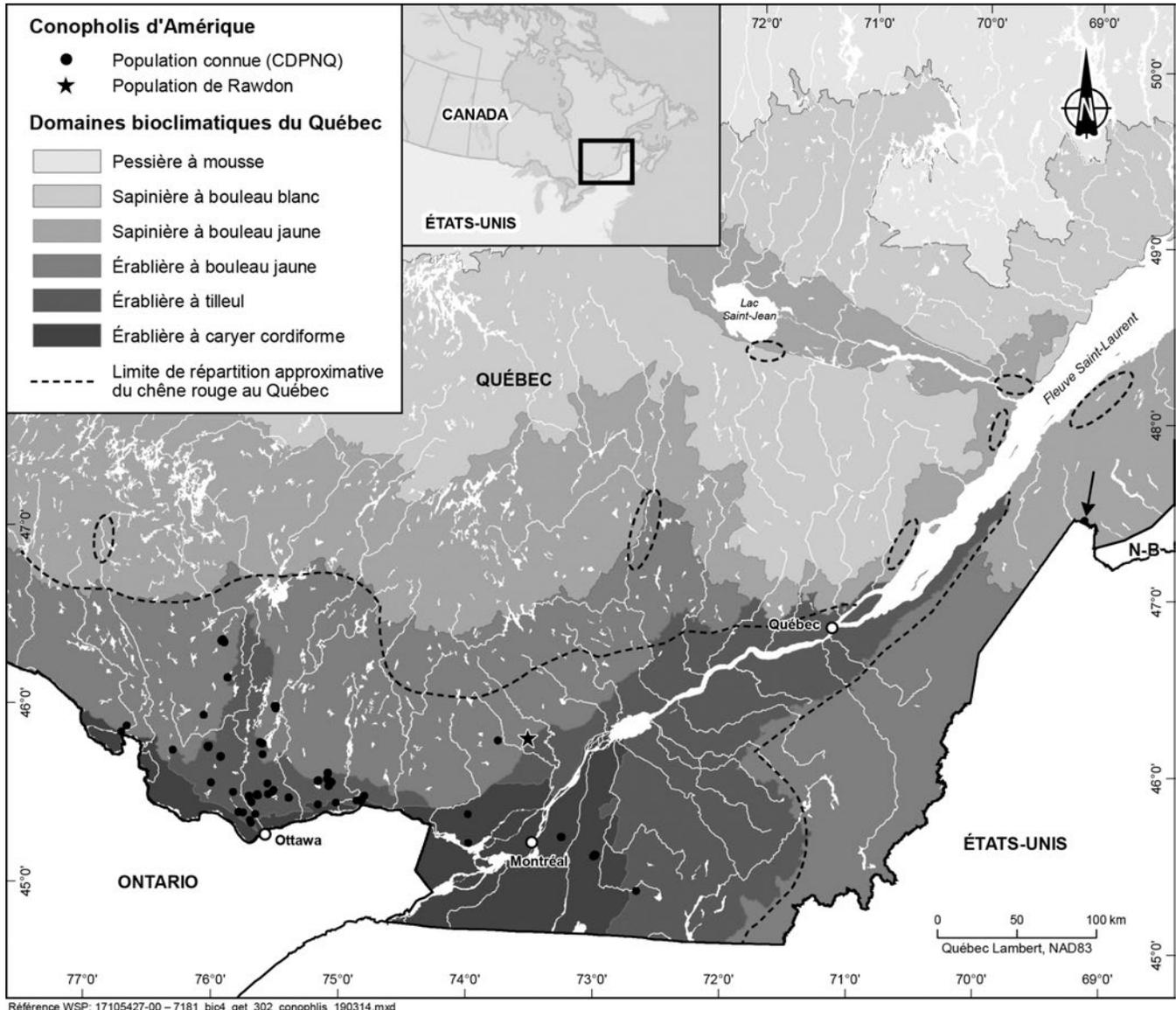


Figure 2. Répartition du conopholis d'Amérique au Québec. Le secteur étudié près de Rawdon est identifié par une étoile. Les domaines bioclimatiques sont tirés de Saucier et collab. (2009). Le trait pointillé indique la limite approximative de la répartition du chêne rouge au Québec (d'après Rousseau, 1974; N. Dignard [comm. pers.]; MFFP et spécimens d'herbiers [MT, QFA, QUE]).

Une population de conopholis a été trouvée en 2012 dans la région de Rawdon lors des travaux liés au projet de la ligne de transport d'énergie électrique à 735 kV de la Chamouchouane–Bout-de-l'Île (WSP, 2017). Des inventaires complémentaires effectués en 2012, 2013 et 2015 (figure 2) aux environs du tracé de la ligne projetée ont permis d'évaluer cette population à plus de 1 800 tiges et d'en caractériser l'habitat. En 2013, l'effectif total du conopholis au Québec était estimé à plus de 10 000 tiges (CDPNQ, 2013). Devant l'importance de cette population, à la limite actuellement connue de l'aire de répartition de l'espèce, 2 hypothèses ont été formulées pour tenter d'expliquer la rareté apparente de la plante, soit des inventaires insuffisants et la qualité de l'habitat.

**Première hypothèse : le conopholis d'Amérique a une répartition continue à l'intérieur de son aire de répartition, mais le nombre peu élevé de populations actuellement connues résulte d'inventaires insuffisants.**

À première vue, la découverte de la population de Rawdon constitue simplement un ajout aux connaissances sur cette espèce dans le processus continu de l'exploration du territoire. C'est du moins ce que suggère l'évolution du nombre de populations recensées au cours des ans. Au Québec, le premier spécimen de conopholis a été récolté en 1924 à Saint-Césaire, à l'est de Montréal (F. Leblanc, 21559, 1924-07-23, MT). En 1974, Rousseau (1974) mentionne l'existence de 5 populations pour

le Québec. Plus récemment, Petitclerc et collab. (2007) font état de 25 populations connues. Couillard et collab. (2012) élèvent ce nombre à 33 populations. En 2013, 36 populations sont rapportées par le CDPNQ, alors qu'en 2016, ce nombre passe à 44 (CDPNQ, 2013; Tardif et collab., 2016b). À ce jour, il existe 46 populations connues au Québec, incluant celle de Rawdon (J. Labrecque, comm. pers.). Les deux tiers de ces populations (30 sur 46) ont été trouvés depuis 1998. Comme ce nombre semble augmenter avec l'effort de recherche, d'autres occurrences devraient donc être trouvées simplement en explorant des peuplements de chênes au voisinage des populations connues.

### Méthodes

La vérification de cette hypothèse a consisté à explorer en périphérie de la population de Rawdon d'autres secteurs susceptibles d'abriter le conopholis. Pour ce faire, la zone d'étude retenue à cette fin correspond aux Basses collines du Parc-Bleu (unité C05041701) du Cadre écologique de référence du Québec (CERQ), tel que défini par Ducruc et collab. (1995). Cette portion des Laurentides méridionales couvre une superficie d'environ 40 km<sup>2</sup> et abrite la totalité de la population de conopholis de Rawdon. Les secteurs potentiels de la zone d'étude ont été identifiés en 3 étapes, d'après les caractéristiques écoforestières et physiques de l'habitat du conopholis et la photo-interprétation de la végétation (WSP, 2017). Telles que précisées dans Couillard et collab. (2012), les caractéristiques écoforestières comprennent le type de groupements d'essences, la nature des dépôts de surface, la pente, le drainage et le type écologique (la végétation potentielle). À partir de ces critères, des requêtes cartographiques ont été réalisées en utilisant le fichier numérique de la carte écoforestière du quatrième programme d'inventaire du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP, 2015). À l'aide du logiciel d'information géographique *ArcGis*, un modèle numérique de terrain a ensuite été réalisé en intégrant les caractéristiques physiques de pente et d'exposition correspondant aux observations faites sur le terrain en 2012, 2013 et 2015. La majorité des tiges de conopholis de la population de Rawdon sont présentes sur des pentes supérieures à 24% et dont l'exposition varie entre 158° et 202°, soit une orientation allant de SSE à SSO (WSP, 2017). Enfin, une photo-interprétation de la végétation forestière de la zone d'étude a permis de faire ressortir les peuplements où le chêne rouge présente un recouvrement supérieur à 25%. Des photographies numériques infrarouges à l'échelle 1/15 000 datant de 2008 et dotées d'une résolution de 30 cm au sol ont été utilisées. Cette étape a été réalisée à l'aide du logiciel de visualisation stéréoscopique *Purview* utilisé conjointement avec un stéréorestituteur de type *Planar*. L'information obtenue à la fin de ces 3 étapes a été numérisée avec le logiciel *ArcGis*. Un total de 6 secteurs présentant une combinaison favorable de peuplements écoforestiers, de pente, d'exposition et de recouvrement en chêne rouge dans la zone d'étude a ainsi été retenu pour inventaire. Les secteurs inventoriés en 2017 sont extérieurs au territoire inventorié de 2012 à 2015 et se distinguent du reste de la zone d'étude par une probabilité plus élevée d'y observer le conopholis.

### Résultats

Tous les peuplements de chêne rouge des 6 secteurs ont été attentivement explorés du 10 au 14 juillet 2017. Malgré ces efforts de recherche (environ 90 heures-personnes), seulement 2 petits clones de conopholis ont été recensés respectivement à l'est et à l'ouest de la population de Rawdon. Ces clones représentent un accroissement d'à peine 1% du nombre de tiges de la population de Rawdon. À quoi pourrait-on attribuer cette rareté ou absence apparente du conopholis dans les secteurs d'inventaire? Selon Charron (1986, dans CDPNQ, 2013), les populations de conopholis peuvent présenter d'une année à l'autre des fluctuations importantes de leurs effectifs visibles. Les raisons de ces fluctuations ne sont pas connues (CDPNQ, 2013). La rareté des observations de 2017 était peut-être liée à une année de faible abondance du conopholis. Pour s'en assurer, une partie de la population de Rawdon a été revisitée le 14 juillet 2017. Lors de cette visite, la sous-population était non seulement toujours présente, mais plus d'une centaine de tiges y ont été dénombrées en quelques minutes. De plus, une autre sous-population comprenant 23 tiges non recensée en 2015 a été observée juste au sud de la première. La rareté apparente du conopholis dans les secteurs d'inventaire semble donc avoir une autre origine, puisque le nombre d'individus observés dans la population de Rawdon en 2017 se compare à celui de 2015.

La structure spatiale de la population de Rawdon suggère une répartition de type contagieuse. Le noyau de cette population est en effet formé de 5 sous-populations relativement denses, étendues et rapprochées, qui regroupaient près de 1 500 tiges en 2015 (WSP, 2017). En s'éloignant de ce noyau, la taille et la fréquence des sous-populations diminuent rapidement, malgré la présence d'habitats propices (WSP, 2017). L'emplacement et la taille de 2 des sous-populations étudiées s'accordent avec la structure spatiale de la population de Rawdon.

### Deuxième hypothèse: la répartition du conopholis d'Amérique est dépendante de la qualité de l'habitat, c'est-à-dire de certaines caractéristiques des peuplements de chêne qu'il exploite.

L'hypothèse de la qualité de l'habitat, telle qu'elle est formulée par Watson (2009), postule que les plantes parasites — notamment celles des racines — sont plus fréquentes et plus abondantes sur des plantes hôtes ne présentant pas de restriction importante quant à l'accès aux ressources (eau, nutriments, etc.). En effet, le conopholis, à l'instar d'autres plantes parasites, dépend entièrement de son hôte pour sa nutrition. Par conséquent, il est moins susceptible que les autres plantes d'être affecté par une carence en ressources. De plus, malgré un processus de germination et d'implantation très complexe (Baird et Riopel, 1986b), la dispersion du conopholis ne semble pas présenter de restriction *a priori*, car l'espèce occupe une vaste aire de répartition. Watson (2009) fait cependant remarquer que cela n'explique pas la grande rareté de plusieurs espèces de plantes parasites à l'intérieur de leur aire de répartition ni la structure fortement contagieuse des populations, comme nous l'avons constaté dans la

population de Rawdon. Watson (2009) émet l'hypothèse que c'est la qualité de l'habitat — c'est-à-dire un hôte réceptif et son milieu — et la disponibilité des semences qui permet la présence éventuelle du parasite à un endroit donné. Selon cette hypothèse, un habitat de qualité du conopholis pourrait, à la limite, être constitué d'un seul individu de chêne rouge dans un milieu adéquat et en présence de semences de conopholis. Comme il a été mentionné plus haut, le système racinaire d'un chêne réceptif doit être mycorhizé pour que le conopholis puisse s'y fixer. Or, la grande majorité des individus est sans doute réceptive puisque chez toutes les espèces de chêne, les racines des couches superficielles du sol sont mycorhizées (Southworth, 2013). Cette symbiose apparaît essentielle à la survie et au développement des individus, car il semble que les jeunes plants de chêne qui ne parviennent pas à être mycorhizés ne survivent pas (Southworth, 2013).

Ainsi, la présence du conopholis ne serait aucunement liée à l'importance du chêne rouge dans le peuplement hôte. Selon les relevés de végétation effectués entre 2012 et 2015 dans les sous-populations de conopholis de la région de Rawdon, cette importance variait beaucoup d'une sous-population à l'autre, le recouvrement estimé du chêne allant de moins de 5 % (1 ou quelques chênes plus ou moins isolés) à plus de 60 % (chênaie) (WSP, 2017). De plus, selon les résultats des inventaires réalisés en 2017 en périphérie de la population de Rawdon, le conopholis semble très peu présent dans les habitats forestiers dominés ou codominés par le chêne rouge. En est-il de même pour l'ensemble des populations connues de conopholis au Québec? Dans quels types de peuplements écoforestiers trouve-t-on ces populations de conopholis? Existe-t-il des habitats adéquats apparemment inoccupés à la périphérie de ces occurrences?

### Méthodes

La démarche utilisée ici doit être considérée comme exploratoire. Elle consiste en effet à jumeler les occurrences de conopholis à la cartographie écoforestière pour en trouver le ou les peuplements forestiers hôtes. Ces 2 types d'information sont tirés de bases de données numériques fournies par les agences gouvernementales et sont *a priori* considérés comme valides. La majorité des occurrences de conopholis sont de découverte ou de validation récentes, soit depuis moins de 30 ans. La cartographie écoforestière utilisée est celle du quatrième inventaire écoforestier décennal du MFFP, soit la plus récente couvrant tout le Québec méridional.

Les occurrences (ou populations) de conopholis peuvent correspondre à une ou plusieurs observations (ou sous-populations) d'importance et d'étendue variables et spatialement rapprochées, à l'exemple de la population de Rawdon. Les observations de conopholis ont été fournies par le CDPNQ, auxquelles s'ajoutent celles de la population de Rawdon (WSP, 2015, 2017). Les fichiers de formes (*shapefiles*) des polygones de ces observations ont été intégrés à un fichier *kmz* pour visualisation à l'écran à l'aide du logiciel *Google Earth Pro*. Les informations concernant la nature et les caractéristiques

écologiques des peuplements forestiers sont accessibles grâce à la cartographie écoforestière numérisée du MFFP (2015). De façon générale, cette cartographie circonscrit des peuplements forestiers et leur habitat. Elle divise le territoire en unités homogènes de superficie variable (polygones) selon leurs caractéristiques physiques (substrat, topographie, drainage) et biologiques (végétation, peuplement, perturbation, type écologique, etc.). Dans le contexte de cette étude, seules les informations suivantes sont utilisées : le groupement d'essences (la composition du couvert forestier), la superficie du polygone et le type écologique, c'est-à-dire la végétation potentielle au terme de la succession en conditions naturelles.

À l'écran, la superposition de la couche des observations de conopholis à la couche écoforestière permet notamment de trouver et de caractériser le ou les peuplements écoforestiers avec du conopholis. Par la suite, tous les polygones écoforestiers situés à l'intérieur d'un rayon d'environ 400 m en périphérie de chacune des 46 occurrences de conopholis ont été relevés pour comparaison entre l'habitat du conopholis et l'habitat périphérique apparemment inoccupé. Ainsi, 1 855 polygones totalisant près de 33 400 ha ont été retenus. De cet ensemble, tous les milieux non forestiers ou anthropiques (plans d'eau, zones agricoles, etc.) ont été rejetés et seuls les polygones présentant un potentiel de présence du conopholis ont été retenus. Ces polygones sont : 1) tous les types de peuplements où le chêne rouge (CR) est identifié; 2) tous les types de peuplements dont le type écologique d'au moins 1 polygone est la chênaie rouge (FC1) ou l'érablière à chêne rouge (FE6); 3) tous les autres types de peuplements écoforestiers pour lesquels au moins 1 polygone contient du conopholis.

À la suite de cette sélection, 1 226 polygones (10 068 ha) appartenant à 81 types de peuplements écoforestiers décidus ou mélangés ont été retenus. Parmi ceux-ci, 2 sont des friches, 40 des peuplements décidus, 30 des peuplements mélangés à dominance décidue et 9 des peuplements mélangés à dominance résineuse. La superposition des polygones de conopholis ( $n = 86$ ) aux polygones écoforestiers révèle la présence de l'espèce dans 109 polygones écoforestiers, certaines observations de conopholis chevauchant 2 ou plusieurs habitats forestiers. De plus, 4 observations ont été rejetées; soit 2 sites correspondant à des milieux agricole ou urbanisé (vieilles mentions imprécises de 1934 et 1956, respectivement) et 2 autres, à des milieux forestiers récemment perturbés par les activités humaines (construction de l'autoroute 55). Il reste donc 105 observations situées dans des habitats forestiers apparemment intègres ou peu perturbés, selon la cartographie écoforestière et l'imagerie satellitaire.

Les polygones écoforestiers ont ensuite été répartis en 5 groupes de peuplements selon l'importance du chêne rouge, tels que définis par le MFFP (2015) :

- a) les chênaies pures : peuplement où l'importance (surface terrière) du chêne rouge est supérieure à 75 % (p. ex. : CRCR);
- b) les peuplements dominés par le chêne rouge : peuplements où l'importance du chêne rouge se situe

entre 50 % et 75 % (p. ex. : CRdd dans un peuplement décidu, CRCRrr ou CRddrr dans un peuplement mélangé, les lettres « d » et « r » désignant respectivement n'importe quelle essence décidue ou résineuse);

- c) les peuplements codominés par le chêne rouge : peuplements où l'importance du chêne rouge se situe entre 25 % et 50 % (p. ex. : ddCR dans un peuplement décidu, ddCRrr ou rrrrCR dans un peuplement mélangé);
- d) les peuplements présentant, par leur type écologique, une probabilité d'occurrence du chêne rouge;
- e) tous les autres peuplements.

Dans les peuplements de catégorie d et e, le chêne rouge peut être présent ou absent. S'il est présent, son importance est inférieure à 25 % de la surface terrière. La probabilité de présence du chêne rouge est toutefois plus forte dans les peuplements de la catégorie d puisque ces derniers évoluent vers la chênaie ou l'érablière à chêne.

### Résultats

Des observations de conopholis se trouvent dans chacun de ces 5 groupes de peuplements écoforestiers (tableau 1). Proportionnellement au nombre de polygones attribués à chaque groupe, la chênaie pure comporte la plus grande proportion d'observations de conopholis, ce dernier étant présent dans 23 % des polygones (13 sur 57). De même, les groupes b, c, d et e affichent respectivement une proportion de 14 %, 14 %, 5 % et 7 % de polygones où l'on trouve le conopholis, parallèlement à une diminution de l'importance du chêne rouge. On constate néanmoins que les peuplements du groupe e comportent 49 % de toutes les observations connues au Québec.

### Discussion

Les observations faites à Rawdon montrent qu'une part importante de l'habitat potentiel du conopholis semble inoccupée par l'espèce. Sur une base probabiliste, en raison de la concentration élevée en hôtes réceptifs, la chênaie

pure (groupe a) pourrait ou devrait fournir la majorité des observations de conopholis. À l'opposé, les peuplements du groupe e — dans lesquels l'importance du chêne est faible ou marginale — ne devraient présenter que peu ou pas d'observations de conopholis, alors qu'ils en comportent près de la moitié. Selon l'hypothèse de la qualité de l'habitat, 2 conditions doivent être remplies pour que le conopholis puisse s'implanter, soit un hôte réceptif et la présence de semences viables à proximité du site d'infection. La réceptivité du chêne au conopholis est assurée par la présence obligée de racines mycorhizées chez les chênes en général. Toutefois, il n'existe aucune certitude quant à la présence concomitante de semences de conopholis à proximité des racines de l'hôte. Sans vecteur de dispersion, la propagation de la plante ne peut en effet se faire que de proche en proche. Il en est d'ailleurs de même pour le chêne rouge dont la dispersion est abondamment assurée par la faune (Steele et collab., 2004).

Comment cette plante parasite peut-elle se propager et atteindre des sites souvent éloignés — on parle ici de plusieurs kilomètres — d'une source de semences et où la densité des hôtes potentiels est souvent faible (tableau 1) ? Le broutage des plants de conopholis par les animaux était plus ou moins connu (Musselman, 1982) jusqu'à ce que des études récentes fassent mention de la part importante de cette plante dans le régime alimentaire du cerf de Virginie et de l'ours noir, notamment aux États-Unis (Baird et Riopel, 1986a; CDPNQ, 2013; Gray, 2001; Myers et collab., 2004; Powell et collab., 1997). Powell et collab. (1997) indiquent que le conopholis est un élément important du régime alimentaire de l'ours noir au début de l'été, alors que beaucoup de plants de conopholis sont déjà en train de fructifier à cette période de l'année (CDPNQ, 2013). L'ours noir utiliserait le conopholis notamment comme purgatif au sortir de l'hibernation (Rose, 2016). Dans son étude sur l'alimentation de l'ours noir, Gray (2001) cite explicitement 2 éléments importants du régime alimentaire de l'ours noir, soit les glands de chêne rouge et le conopholis. Bien que les glands et les tiges de conopholis se rencontrent

**Tableau 1. Répartition des observations de conopholis d'Amérique dans les polygones écoforestiers et dans l'ensemble du territoire étudié. Les catégories de peuplements correspondent aux polygones écoforestiers de la cartographie du MFFP et sont classés selon l'importance décroissante du chêne rouge.**

Catégorie de peuplements	Ensemble des polygones écoforestiers		Superficie du territoire étudié		Polygones écoforestiers avec présence de conopholis		
	Nombre	%	ha	%	Nombre de polygones	% des polygones de ce groupe	% des observations totales
a) Chênaies pures	57	5	467	5	13	23	12
b) Peuplements dominés par le chêne rouge	111	9	866	9	16	14	15
c) Peuplements codominés par le chêne rouge	105	9	755	7	15	14	14
d) Peuplements où la présence de chêne rouge est probable	212	17	1638	16	10	5	10
e) Autres	741	60	6342	63	51	7	49
<b>Total</b>	<b>1226</b>	<b>100</b>	<b>10068</b>	<b>100</b>	<b>105</b>	<b>s.o.</b>	<b>100</b>

parfois aux mêmes endroits, ils ne sont probablement pas consommés en même temps. Les tiges de conopholis ne sont comestibles que tôt en saison, alors que les glands ne sont présents qu'à l'automne. Après un passage dans le tube digestif du cerf de Virginie, Baird et Riopel (1986a) précisent que le taux de viabilité des graines de conopholis est de 48 %. Cette observation suggère que celles-ci sont matures assez tôt en saison. Le taux de viabilité des graines de conopholis après un passage dans le tube digestif de l'ours noir demeure inconnu, même si l'on sait qu'il augmente pour plusieurs espèces de plantes (Rogers et Applegate, 1983). La dispersion par les animaux apparaît *a priori* un moyen de dissémination efficace du conopholis. Les nombreux déplacements plus ou moins au hasard des ours à la recherche de nourriture au printemps et en début d'été, de même que l'expansion importante du cerf de Virginie au cours des dernières décennies (Daigle et collab., 2004; Huot et Lebel, 2012; Lamontagne et collab., 2006) sont des facteurs à considérer. Ces comportements pourraient expliquer la présence du conopholis dans des habitats forestiers où l'importance du chêne rouge est plus ou moins marginale.

Dans un autre ordre d'idées, l'accroissement notable du nombre d'occurrences de conopholis trouvées au cours des dernières décennies n'est pas étranger à la protection accordée aux plantes rares depuis l'entrée en vigueur de la *Loi sur les espèces menacées ou vulnérables* (L.R.Q., c. E-12.01) et sa mise en application en 1992 (Lavoie, 1992; Tardif et collab., 2016a). Ces mesures stimulent sans doute l'exploration du territoire, permettant ainsi de trouver de nouvelles populations et de suivre l'évolution des populations déjà connues. Le réchauffement climatique anticipé au cours des prochaines décennies est aussi un facteur à considérer dans cet accroissement apparent des populations de conopholis. À cet égard, des projections font état d'une possible augmentation des populations de conopholis au Québec (Gendreau et collab., 2016). Les chênes en général seraient aussi favorisés par le réchauffement climatique dans le Nord-Est américain (Rustad et collab., 2014). En outre, le chêne rouge en particulier pourrait avoir déjà bénéficié d'un accroissement relativement récent de ses effectifs, sinon de son aire de répartition, au cours des 2 derniers siècles. Selon Abrams (2003), il semble que le chêne rouge ait été une espèce arborescente plutôt marginale avant l'arrivée des premiers Européens, contrairement à la situation actuelle. Après les grandes perturbations liées à la colonisation européenne qui ont marqué le XIX<sup>e</sup> siècle et le début du XX<sup>e</sup> siècle (défrichement, exploitation forestière intensive, incendies fréquents), on a assisté, dans les dernières décennies, à l'instauration du contrôle des feux de forêt et à une forte augmentation des populations de cerf de Virginie. Il en est résulté, au moins aux États-Unis, une expansion considérable du chêne rouge, qui a nettement profité de ces changements (Abrams, 2003). Si la répartition et l'importance actuelles du chêne rouge — que l'on trouve notamment sur les contreforts des Laurentides — découlent de ces grandes perturbations, cela pourrait suggérer que la répartition du conopholis au Québec

soit récente et que l'espèce soit possiblement en expansion. La date relativement tardive de la première observation du conopholis au Québec (1924) irait dans ce sens.

L'effort de recherche de nouvelles populations par la communauté scientifique est sans doute plus important que par le passé, mais la zoochorie et possiblement le climat sont 2 facteurs à prendre en considération. Sur les 105 observations de conopholis mentionnées dans cette étude, 73 sont des observations dites « étendues » avec des superficies de quelques centaines de m<sup>2</sup>. Toutefois, 32 sont dites « ponctuelles », étant apparemment constituées que d'un ou de quelques clones d'une dizaine de tiges. Plusieurs de ces observations ponctuelles sont complètement isolées sur le territoire, alors que d'autres sont en périphérie d'observations étendues, comme c'est le cas de la population de Rawdon. Ces observations ponctuelles sont peut-être des occurrences récentes d'origine animale à partir desquelles de plus grandes populations pourraient éventuellement s'établir par dissémination de proche en proche.

## Conclusion

La répartition disjointe du conopholis au Québec — une plante parasite, rare à la limite nord de son aire de répartition — paraît dans une certaine mesure due au hasard, mais pourrait aussi s'expliquer par d'autres facteurs. Le faible nombre de populations recensées n'est probablement pas seulement le résultat d'inventaires insuffisants, mais pourrait être relié à une dissémination plus ou moins aléatoire par la grande faune (ours noir, cerf de Virginie). La répartition du conopholis, beaucoup plus restreinte que celle de son hôte, le chêne rouge, pourrait aussi découler de certaines exigences écologiques fines, comme le suggèrent les observations faites au terrain. À cet égard, l'étude des conditions microclimatiques caractérisant les sites d'occurrence de conopholis (versants exposés au sud à fort ensoleillement, altitude moyenne au-dessus des basses terres minimisant les risques de gel tardif, etc.) pourrait contribuer à cerner les conditions climatiques particulières déterminant la présence ou l'absence du conopholis dans certains peuplements de chêne rouge. Des recherches sur l'efficacité des modes de dissémination de l'espèce, notamment par la grande faune, de même que des suivis à moyen et à long terme des petites populations actuellement plus ou moins isolées, sont aussi souhaitables.

## Remerciements

Nous désirons vivement remercier les personnes suivantes pour leur contribution à l'élaboration de cet article : Mme Line Couillard et M. Jacques Labrecque, pour leurs suggestions sur une première version de ce texte; Mme Stéphanie Pellerin et deux évaluateurs anonymes pour leurs judicieux et très appréciés commentaires, ainsi que l'équipe éditoriale du *Naturaliste canadien*; Mme Virginie Laberge, pour son aide assidue lors des travaux de terrain et M. Alain Lemay, pour la réalisation des figures. ◀

## Références

- ABRAMS, M.D., 2003. Where has all the white oak gone? *BioScience*, 53 (10): 927-939.
- BAIRD, W.V. et J.L. RIOPEL, 1986a. Life history studies of *Conopholis americana* (Orobanchaceae). *American Midland Naturalist*, 116: 140-151.
- BAIRD, W.V. et J.L. RIOPEL, 1986b. The developmental anatomy of *Conopholis americana* (Orobanchaceae) seedlings and tubercles. *Canadian Journal of Botany*, 64: 710-717.
- [CDPNQ] CENTRE DE DONNÉES SUR LE PATRIMOINE NATUREL DU QUÉBEC, 2013. *Conopholis americana* (conopholis d'Amérique). Sommaire de la situation au Québec, 10 p.
- COUILLARD, L., N. DIGNARD, P. PETITCLERC, D. BASTIEN, A. SABOURIN et J. LABRECQUE, 2012. Guide de reconnaissance des habitats forestiers des plantes menacées ou vulnérables. Outaouais, Laurentides et Lanaudière. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune et ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, 434 p.
- DAIGLE, C., M. CRÊTE, L. LESAGE, J.-P. OUELLET et J. HUOT, 2004. Summer diet of two white-tailed deer, *Odocoileus virginianus*, populations living at low and high density in Southern Québec. *The Canadian Field-Naturalist*, 118 (3): 360-367.
- DUCRUC, J.-P., T. Li et J. BISSONNETTE, 1995. Small scale ecological mapping of Quebec: Natural provinces and regions (cartographic delineation). Dans: DOMON, G. et J. FALARDEAU (édit.). *Landscape ecology in land use planning methods and practice*. Polyscience publications inc., Montréal, p. 45-53.
- GENDREAU, Y., A. LACHANCE, H. GILBERT, N. CASAJUS et D. BERTEAUX, 2016. Analyse des effets des changements climatiques sur les plantes vasculaires menacées ou vulnérables du Québec. Bureau d'écologie appliquée, Québec, 39 p. + annexes.
- GILBERT, H., 1997. Réactions prévisibles des espèces végétales forestières en situation précaire en regard de pratiques forestières québécoises. ES-011-2. Éco-Service, ministère des Ressources naturelles du Québec, Direction de l'Environnement forestier, Québec, 35 p. + annexes.
- GRAY, R.M., 2001. Digestibility of foods and anthropogenic feeding of black bears in Virginia. Virginia Polytechnic Institute and State University, Department of Fisheries and Wildlife Sciences, 12 p.
- HAYNES, R.R., 1971. A monograph of the genus *conopholis* (Orobanchaceae). *Sida*, 4: 246-264.
- HUOT, M. et F. LEBEL, 2012. Plan de gestion du cerf de Virginie au Québec 2010-2017. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune – Secteur Faune Québec, Direction générale de l'expertise sur la faune et ses habitats, Québec, 578 p.
- JOHNSON, A.S., P.E. HALE, W.M. FORD, J.M. WENTWORTH, J.R. FRENCH, O.F. ANDERSON et G.B. PULLEN, 1995. White-tailed deer foraging in relation to successional stage, overstory type and management of southern Appalachian forests. *American Midland Naturalist*, 133: 18-35.
- LAMONTAGNE, G., H. JOLICOEUR et S. LEFORT, 2006. Plan de gestion de l'ours noir, 2006-2013. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction du développement de la faune, Québec, 487 p.
- LAVOIE, G., 1992. Plantes vasculaires susceptibles d'être désignées menacées ou vulnérables au Québec. Direction de la conservation et du patrimoine écologique, ministère de l'Environnement du Québec, Québec, 180 p.
- MARIE-VICTORIN, Fr., 1964. Flore laurentienne. 2<sup>e</sup> édition. Les Presses de l'Université de Montréal, Montréal, 925 p.
- [MFFP] MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS, 2015. Norme de stratification écoforestière. 2<sup>e</sup> édition. Quatrième inventaire écoforestier du Québec méridional. Direction des inventaires forestiers, Secteur des forêts, Québec, 101 p.
- MUSSELMAN, L.J., 1982. The Orobanchaceae of Virginia. *Castanea*, 47: 266-275.
- MUSSELMAN, L.J. et W.F. MANN, Jr., 1978. Root parasites of southern forests. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, General Technical Report SO-20, Southern Forest Experiment Station, New Orleans, LA, 76 p.
- MYERS, J.A., M. VELLEND, S. GARDESCU et P.L. MARKS, 2004. Seed dispersal by white-tailed deer: implication for long-distance dispersal, invasion, and migration of plants in eastern North America. *Oecologia*, 139: 35-44.
- PERCIVAL, W.C., 1931. The parasitism of *Conopholis americana* on *Quercus borealis*. *American Journal of Botany*, 18: 817-837.
- PETITCLERC, P., N. DIGNARD, L. COUILLARD, G. LAVOIE et J. LABRECQUE, 2007. Guide de reconnaissance des habitats forestiers des plantes menacées ou vulnérables. Bas-Saint-Laurent et Gaspésie. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de l'environnement forestier, 113 p.
- POWELL, R.A., J.H. ZIMMERMAN et D.E. SEAMAN, 1997. Ecology and behavior of North American black bears: home ranges, habitat and social organisation. Chapman & Hall, London, UK, 209 p.
- RODRIGUES, A.G., A.E.L. COLWELL et S. STEFANOVIĆ, 2011. Molecular systematic of the parasitic genus *Conopholis* (Orobanchaceae) inferred from plastid and nuclear sequences. *American Journal of Botany*, 98 (5): 896-908.
- ROGERS, L.L. et R.D. APPLGATE, 1983. Dispersal of fruit seeds by black bears. *Journal of Mammalogy*, 64 (2): 310-311.
- ROSE, M., 2016. Identifying wildflowers: *Conopholis americana*, Bear Corn – Dave's Garden. Disponible en ligne à : <http://davesgarden.com/guides/articles/identifying-wildflowers-conopholis-americana-bear-corn>.
- ROUSSEAU, C., 1974. Géographie floristique du Québec/Labrador. Distribution des principales espèces vasculaires. Travaux et documents du Centre d'études nordiques n°7, les Presses de l'Université Laval, Québec, 799 p.
- RUSTAD, L., J. CAMPBELL, J.S. DUKES, T. HUNTINGTON, K.F. LAMBERT, J. MOHAN et N. RODENHOUSE, 2014. Changing climate, changing forests: the impacts of climate change on forests of the northeastern United States and eastern Canada. U.S. Forest Service, Northern Research Station, General Technical Report NRS-99, 48 p.
- SAUCIER, J.P., P. GRONDIN, A. ROBITAILLE, J. GOSSELIN, C. MORNEAU, P.J.H. RICHARD, J. BRISSON, L. SIROIS, A. LEDUC, H. MORIN, E. THIFFAULT, S. GAUTHIER, C. LAVOIE et S. PAYETTE, 2009. Écologie forestière. Dans: Ordre des ingénieurs forestiers du Québec (édit.), *Manuel de foresterie*, 2<sup>e</sup> édition. Ouvrage collectif, Éditions MultiMondes, Québec, p. 165-316.
- SEIBERT, S.G. et M.R. PELTON, 1994. Nutrient content of squawroot, *Conopholis americana*, and its importance to southern Appalachian black bears, *Ursus americanus* (Canivora: Ursidae). *Brimleyana*, 21: 151-156.
- SOUTHWORTH, D., 2013. Oaks and mycorrhizal fungi. Dans: CHUTEIRA, C.A. et A.B. GRAO (édit.). *Oak: Ecology, types and management*. Environmental science, engineering and technology series. Nova Science Publishers Inc., New York, p. 207-218.
- STEELE, M.A., P. SMALLWOOD, W.B. TERZAGHI, J.E. CARLSON, T. CONTRERAS et A. MCEUEN, 2004. Oak dispersal syndromes: Do red and white oaks exhibit different dispersal strategies? Dans: SPETICH, M.A. (édit.). *Upland oak ecology symposium: history, current conditions, and sustainability*. General Technical Report SRS-73, Asheville, NC, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station, p. 72-77.
- TARDIF, B., G. LAVOIE et G. JOLICOEUR, 2016a. Le Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec et la documentation des plantes vasculaires en situation précaire. *Le Naturaliste canadien*, 140 (1): 5-11.
- TARDIF, B., B. TREMBLAY, G. JOLICOEUR et J. LABRECQUE, 2016b. Les plantes vasculaires en situation précaire au Québec. Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec (CDPNQ). Gouvernement du Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC), Direction de l'expertise en biodiversité, Québec, 420 p.
- WATSON, D.M., 2009. Determinants of parasitic plant distribution: the role of host quality. *Botany*, 87: 16-21.
- WEAVER, K., 2000. Black bear ecology and the use of prescribed fire to enhance bear habitat. Proceedings: Workshop on fire, people, and the central hardwood landscape. General Technical Report NE-274, p. 89-96.
- WSP, 2015. Projet à 735 kV de la Chamouchouane–Bout-de-l'Île. Caractérisation de populations de *conopholis* d'Amérique à Rawdon. Rapport présenté à Hydro-Québec Équipement et services partagés, 15 p. + annexes.
- WSP, 2017. Projet à 735 kV de la Chamouchouane–Bout-de-l'Île. Complément d'étude sur le *conopholis* d'Amérique (*Conopholis americana*), espèce à statut vulnérable au Québec – Rapport d'inventaire. Rapport présenté à Hydro-Québec Innovation, équipement et services partagés, 19 p.

# Nouvelles mentions de trois espèces de Cleridae (Coleoptera) pour le Québec

Michel Lebel, Stéphane Dumont et Michel Racine

## Résumé

Les auteurs rapportent la présence au Québec de trois espèces de Cleridae (Coleoptera) jusqu'ici non répertoriées pour cette province: *Enoclerus ichneumoneus* (Fabricius, 1777) (sous-famille: Clerinae Latreille, 1802), *Monophylla terminata* (Say, 1835) (sous-famille: Tillinae Fischer von Waldheim, 1813) et *Pyticeroïdes laticornis* (Say, 1835) (sous-famille: Korynetinae Laporte, 1836). Ils incluent aussi les données de capture ainsi que des informations provenant de la littérature sur leur répartition géographique et leur biologie.

**MOTS-CLÉS:** Cleridae, nouvelles mentions, plantes hôtes, province de Québec, taxinomie

## Abstract

Three species of Cleridae (Coleoptera) are reported for the first time from the province of Quebec (Canada): *Enoclerus ichneumoneus* (Fabricius, 1777) (subfamily: Clerinae Latreille, 1802); *Monophylla terminata* (Say, 1835) (subfamily: Tillinae Fischer von Waldheim, 1813); and *Pyticeroïdes laticornis* (Say, 1835) (subfamily: Korynetinae Laporte, 1836). Collection notes are included along with information from the literature concerning their biology and known geographical distribution.

**KEYWORDS:** Cleridae, host plants, new records, Quebec, taxonomy

## Introduction

La majorité des coléoptères de la famille des Cleridae sont d'importants prédateurs d'insectes qui s'attaquent ou colonisent les arbres forestiers. Les larves de plusieurs espèces arpentent les galeries d'insectes se trouvant soit sous l'écorce, soit dans le bois des branches et des troncs d'arbres à la recherche de larves d'insectes xylophages. Les larves de certains Cleridae peuvent se métamorphoser en adulte dans ces mêmes galeries (Böving et Champlain, 1920). Il est d'ailleurs possible de capturer des Cleridae adultes dans des cages à émergence contenant des bûches ou des branches colonisées par des insectes xylophages. Au printemps et en été, les adultes se trouvent sur les branches et les troncs d'arbres affaiblis par des champignons, des maladies ou des arthropodes saproxyliques, à la recherche d'insectes xylophages à dévorer ou d'un partenaire pour la reproduction (Downie et Arnett, 1996; Knull, 1951). Les Cleridae sont économiquement importants parce qu'ils participent au contrôle biologique d'espèces nuisibles aux arbres de nos forêts (Knull, 1951). Les adultes sont généralement de forme allongée, poilus, et ils arborent souvent plusieurs couleurs vives (bleu, rouge, jaune, orange, brun ou noir). Les anglophones utilisent l'expression *checkered beetles* pour désigner les coléoptères de cette famille (Knull, 1951).

## Méthode

Dans le cadre d'une revue faunistique sur les Cleridae du Québec (résultats non publiés), l'auteur principal a visité plus d'une vingtaine de collections institutionnelles et privées pour prendre des notes sur les dates et les lieux de capture de espèces rencontrées au Québec. La liste des collections

consultées est présentée au tableau 1. Lors de ces visites, la présence de 3 nouvelles espèces de Cleridae, 1 provenant d'un don dans une collection institutionnelle et 2 dans des collections privées, a amené l'auteur principal à proposer aux 2 détenteurs des collections privées de se joindre à lui comme coauteurs afin de présenter leurs données de captures. Des notes biologiques sur chaque espèce provenant de la littérature sont également présentées.

## *Enoclerus ichneumoneus* (Fabricius, 1777) Nouvelle mention pour le Québec

Quatre spécimens d'*Enoclerus ichneumoneus* (Fabricius, 1777), capturés au Québec, ont été recensés par Michel Lebel dans la Collection d'insectes du Québec (CIQ). Les étiquettes

*Michel Lebel est professeur titulaire de biologie moléculaire à l'Université Laval à Québec et est entomologiste amateur avec un intérêt pour les coléoptères prédateurs d'insectes xylophages.*

*michel.lebel@crchudequebec.ulaval.ca*

*Stéphane Dumont est entomologiste amateur et enseignant au Département de biologie et de biotechnologies du Collège Ahuntsic (Montréal). Écologiste de formation, il s'intéresse tout particulièrement aux relations insectes-plantes et à la taxinomie de plusieurs ordres d'insectes.*

*stephane.dumont@collegeahuntsic.qc.ca*

*Michel Racine est contremaître à la Ville de Québec et entomologiste amateur qui se spécialise surtout dans les coléoptères xylophages. Il a une collection de plus de 90 000 spécimens de coléoptères.*

*michelracine11@outlook.com*

**Tableau 1. Liste des collections d'insectes visitées.**

Acronyme de la collection	Nom de la collection (nom du responsable pour les collections institutionnelles)	Ville
CCCH	Collection Claude Chantal	Varenes
CCTE	Collection Claude Tessier	Québec
CCEQ	Collection Entomofaune du Québec (André Francoeur)	Chicoutimi
CDLE	Collection Denis L'Écuyer	Saint-Ignace-de-Loyola
CFL	Insectarium René-Martineau, Centre de foresterie des Laurentides (Georges Pelletier)	Québec
CGDR	Collection Gontran Drouin	Sainte-Hénédiène
CINM	Insectarium de Montréal (Stéphane Le Tirant)	Montréal
CIQ	Collection des insectes du Québec (Marie-Chantal Émond)	Québec
CMLE	Collection Michel Lebel	Lévis
CMRA	Collection Michel Racine	Québec
CNC	Collection nationale canadienne des insectes, arachnides et nématodes (Patrice Bouchard et Serge Laplante)	Ottawa
CPTO	Collection Pierre de Tonnancour	Terrasse-Vaudreuil
CRVI	Collection Robert Vigneault	Oka
CSDU	Collection Stéphane Dumont	Montréal
CSLA	Collection Serge Laplante	Aylmer
DEBU*	Collection d'insectes de l'Université de Guelph (Steven Paiero)	Guelph
LEMM	Le Musée entomologique Lyman, Campus Macdonald de l'Université McGill (Stéphanie Boucher)	Sainte-Anne-de-Bellevue
MCN	Musée canadien de la Nature (François Génier)	Aylmer
ORUM	Collection Ouellet-Robert, Université de Montréal (Étienne Normandin)	Montréal
ROM*	Collection d'insectes du Musée Royal de l'Ontario (Brad Hubley)	Toronto
UASM	Le Musée entomologique E.H. Strickland de l'Université de l'Alberta (Danny Shpeley et Felix Sperling)	Edmonton
ULQ	Collection de l'Université Laval (Gisèle Deschênes-Wagner)	Québec
UQAC	Collection de l'Université du Québec à Chicoutimi (Robert Loiselle)	Saguenay

\* Informations obtenues par voie téléphonique et messages électroniques.

associées à ces spécimens indiquent que Robert Juan a capturé 1 adulte le 9 juillet 2006 et 3 autres adultes le 16 juillet 2006 sur des pins rouges morts (*Pinus resinosa* Aiton) à Eardley, dans la division de recensement de Pontiac. M. Juan nous a indiqué que les spécimens se promenaient sur le tronc de pins morts (comm. pers.). Aucun autre exemplaire du Québec n'a été vu dans les autres collections visitées par Michel Lebel.

### Répartition déjà connue

Cette espèce se trouverait en Ontario (Bousquet et collab., 2013). Brimley (1929) rapporte qu'il a capturé un spécimen près du village d'Emo (Rainy River District) dans l'ouest de l'Ontario durant l'été 1924. Toutefois, le spécimen que M. Brimley a légué à la CNC en 1976 est en fait un *Enoclerus muttkowskii* (Wolcott, 1909). Il y a 3 étiquettes associées à ce spécimen. La première étiquette mentionne [RAINY R. DIST. 26.VII.24 ONT J.F.Brimley]. Les 2 autres étiquettes de détermination, écrites à la main, indiquent [Clerus Eno- ichneumoneus 7605 J.F. B. Fab.] et [*Enoclerus*

*ichneumoneus* 7605 J.F. B. Fab.] (Serge Laplante, comm. pers.). Selon la banque de données du Système mondial d'information sur la biodiversité (Global Biodiversity Information Facility<sup>1</sup>), des *Enoclerus ichneumoneus* auraient été capturés dans 2 autres localités situées dans la péninsule ontarienne. Toutefois, la photo du premier spécimen<sup>2</sup> montre clairement qu'il s'agit d'un *Enoclerus muttkowskii*. Même scénario pour le second spécimen qui se trouve dans la collection d'insectes de l'Université Guelph (DEBU) : l'identification est erronée puisqu'il s'agit encore d'un *Enoclerus muttkowskii* (Steven Paiero, comm. pers.). Enfin, le coordonnateur de la collection du Musée Royal de l'Ontario (ROM) a indiqué à l'auteur principal que cette collection ne possède pas d'*Enoclerus ichneumoneus* de l'Ontario (Brad Hubley, comm. pers.). Bref, aucun exemplaire de cette espèce n'a pu être trouvé en Ontario, malgré les vérifications auprès de 3 collections institutionnelles importantes de cette province et la visite des

1. <https://www.gbif.org>.

2. <https://www.gbif.org/occurrence/1883539355>

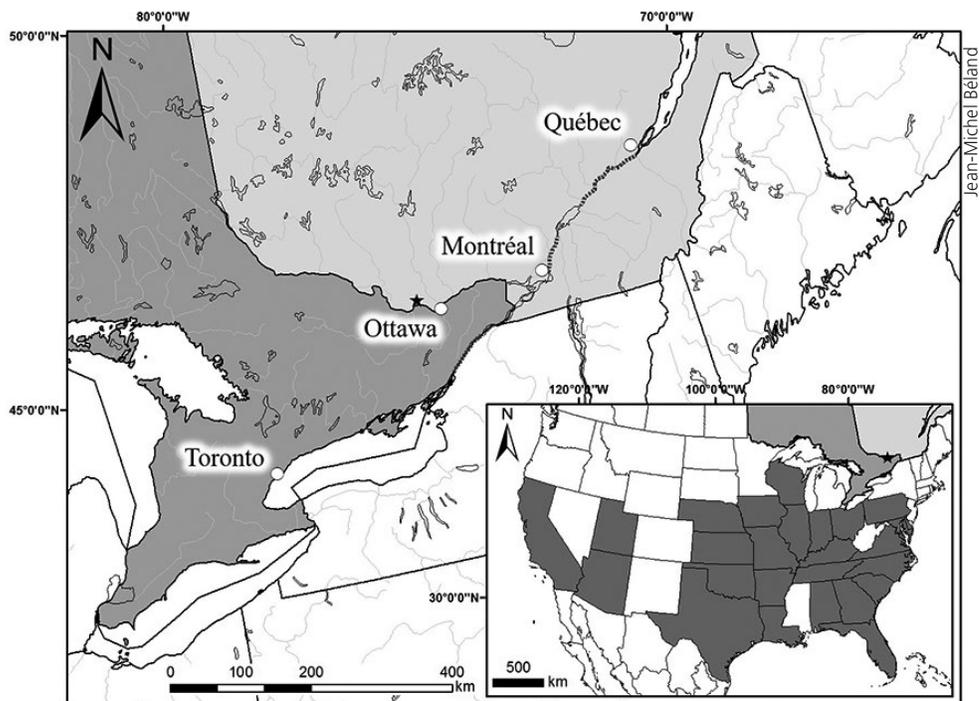


Figure 1. Répartition géographique du *Enoclerus ichneumoneus* (Fabricius, 1777) en Amérique du Nord. L'étoile noire représente la localité où les 4 spécimens ont été capturés au Québec. Les zones en gris foncé sur la carte des États-Unis représentent les États où cette espèce a été mentionnée.



Figure 2. Vue dorsale d'un *Enoclerus ichneumoneus* (Fabricius, 1777) de la Collection d'insectes du Québec.

Joseph Moisan-De Serres

collections énumérées au tableau 1, cela explique l'absence de données de captures pour l'Ontario à la figure 1.

Aux États-Unis, cet insecte se trouverait en Alabama, en Arizona, en Arkansas, en Californie, en Caroline du Nord, en Caroline du Sud, au Delaware, dans le district de Columbia, en Floride, en Géorgie, en Illinois, en Indiana, en Iowa, au Kansas, au Kentucky, en Louisiane, au Maryland, au Missouri, au Nebraska, à New York, en Oklahoma, en Ohio, en Pennsylvanie, au Tennessee, au Texas, en Utah, au Wisconsin et en Virginie (Downie et Arnett, 1996 ; Wolcott, 1947) (figure 1).

### Description de l'espèce

L'espèce est d'allure robuste (figure 2). Les pièces buccales, les antennes, les pattes, le mésosternum et le métasternum sont brun foncé ou noirs. Le dessus de la tête et le pronotum sont rouge brun. Chaque élytre possède une large bande transversale brun jaunâtre au milieu, une bande triangulaire noire en avant du milieu et n'atteignant pas la base des élytres (la région scutellaire des élytres est rouge brun), une bande noire en arrière du milieu des élytres et une bande de poils blanchâtres à l'apex des élytres (Knull, 1951). Il n'y a pas de dimorphisme sexuel externe permettant de différencier les femelles des mâles. La longueur des spécimens de la collection CIQ varie de 9,2 à 10,0 mm.

### Notes biologiques

Cette espèce se rencontre sur le caryer (*Carya* sp. Nuttall) infesté de *Scolytus quadrispinosus* Say, 1824 (Scolytinae:

Curculionidae : Coleoptera), sur le sumac (*Rhus* sp. L.) infesté de scolytes du genre *Pityophthorus* Eichhoff, 1864 (Scolytinae: Curculionidae: Coleoptera), sur le genévrier de Virginie (*Juniperus virginiana* L.) infesté de scolytes du genre *Phloeosinus* Chapuis, 1869 (Scolytinae: Curculionidae: Coleoptera) et sur l'érable (*Acer* sp. L.) (Knull, 1951). Les adultes sont diurnes et peuvent passer l'hiver à ce stade de leur vie sous l'écorce des arbres dépérissants ou morts (Knull, 1951).

### Monophylla terminata (Say, 1835)

#### Nouvelle mention pour le Québec

Stéphane Dumont a récolté 2 spécimens femelles de *Monophylla terminata* (Say, 1835) le 23 juin 2016, par battage de vignes vierges à cinq folioles (*Parthenocissus quinquefolia* [L.] Planchon ex de Candolle) et de vignes des rivages (*Vitis riparia* Michaux) poussant sur des branches de sumac vinaigrier (*Rhus typhina* L.) en bordure du chemin de fer dans le parc Zotique-Racicot, à Montréal (division de recensement de l'Île-de-Montréal). Ces spécimens sont conservés dans la collection de Stéphane Dumont (CSDU). Aucun autre exemplaire du Québec n'a été vu dans les autres collections visitées par Michel Lebel.

#### Répartition déjà connue

Cette espèce était connue de l'Ontario (Bousquet et collab., 2013) dans les localités suivantes: Caistor Center (DEBU, 1 spécimen capturé le 11 juillet 1968), Ojibway (CNC, 1 spécimen capturé le 24 juin 1945), Vineland (DEBU, 3 spécimens capturés les 27 juin et 7 juillet 1951), Virgil

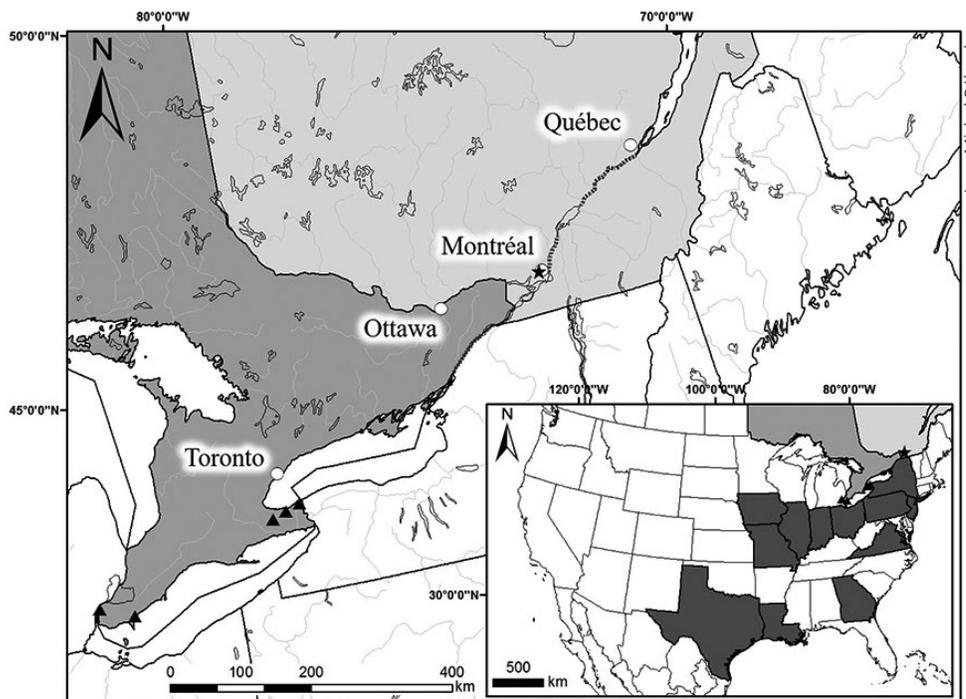


Figure 3. Répartition géographique du *Monophylla terminata* (Say, 1835) en Amérique du Nord. L'étoile noire représente la localité où les 2 spécimens ont été capturés au Québec. Les triangles noirs représentent les endroits dans la péninsule ontarienne où cette espèce a été capturée. Les zones en gris foncé sur la carte des États-Unis représentent les États où cette espèce a été mentionnée.



Étienne Normandin

Figure 4. Vue dorsale d'un *Monophylla terminata* (Say, 1835) femelle de la collection de Stéphane Dumont.

(DEBU, 2 spécimens capturés le 20 juin 1934) et Wheatley (CNC, 1 spécimen capturé au mois d'août 1967) (figure 3).

Aux États-Unis, cet insecte se trouve dans le district de Columbia, en Géorgie, en Illinois, en Indiana, en Iowa, en Louisiane, au Missouri, au New Jersey, à New York, en Ohio, en Pennsylvanie, au Texas et en Virginie (Downie et Arnett, 1996; Wolcott, 1910) (figure 3).

### Description de l'espèce

L'espèce est plutôt mince et allongée (figure 4). Les antennes et les pattes sont noires. Les antennes sont composées de 10 segments; le dernier article est très long et plutôt aplati, aussi long que la moitié de la longueur des élytres chez les mâles et aussi long que le quart de la longueur des élytres chez les femelles. Le prothorax est de forme cylindrique (plus long que large) et est moins large que la base des élytres. Il est brun rouge, avec une grande tache noire de grandeur variable au milieu. Les élytres sont noirs, avec une bande latérale brune ou jaunâtre allant de l'humérus jusqu'à leur milieu. Chez les mâles, l'abdomen est entièrement rouge, alors que chez les femelles, le dernier segment abdominal est noir (Knull, 1951). La longueur des spécimens de la collection CSDU varie de 6,5 à 8,0 mm.

### Notes biologiques

Cette espèce peut être observée sur le célastre grim pant (*Celastrus scandens* L.) dépérissant et colonisé par des petits longicornes (Cerambycidae: Coleoptera), sur la vigne sauvage (*Vitis* sp. L.) infestée de *Phymatodes amoenus* (Say, 1824)

(Cerambycinae: Cerambycidae: Coleoptera), sur le caryer (*Carya* sp. Nuttall) infesté de coléoptères du genre *Lyctus* Fabricius, 1792 (Lyctinae: Bostrichidae: Coleoptera), du genre *Agrilus* Curtis, 1825 (Agrilinae: Buprestidae: Coleoptera) ou de *Chramesus hicoloriae* LeConte, 1868 (Scolytinae: Curculionidae: Coleoptera), sur le micocoulier occidental (*Celtis occidentalis* L.) infesté de *Scolytus muticus* Say, 1824 (Scolytinae: Curculionidae: Coleoptera), sur le pin blanc (*Pinus strobus* L.) infesté de larves de *Pissodes strobi* (Peck, 1871) (Curculioninae: Curculionidae: Coleoptera) (Knull, 1951). On peut aussi le trouver sur le chêne (*Quercus* sp. L.), le frêne (*Fraxinus* sp. L.) et le févier épineux (*Gleditsia triacanthos* L.) (Knull, 1951).

### Pyticeroides laticornis (Say, 1835)

#### Nouvelle mention pour le Québec

Michel Racine a obtenu 1 spécimen de *Pyticeroides laticornis* (Say, 1835) dans une cage à émergence le 7 janvier 2009 à partir de branches mortes d'un caryer ovale (*Carya ovata* [Miller] K. Koch) récoltées au sol le 6 novembre 2008, au Mont-Saint-Hilaire (division de recensement de Rouville). Ces branches, d'un diamètre d'environ 2 cm, arboraient une multitude de trous d'émergence d'un diamètre approximatif de 1 mm. La semaine suivante, 4 *Chramesus hicoloriae* LeConte, 1868 (Scolytinae: Curculionidae: Coleoptera) ont aussi été obtenus à partir de ces mêmes branches. Le Cleridae est conservé dans la collection de Michel Racine (CMRA). Aucun autre exemplaire du Québec n'a été vu dans les autres collections visitées par Michel Lebel.

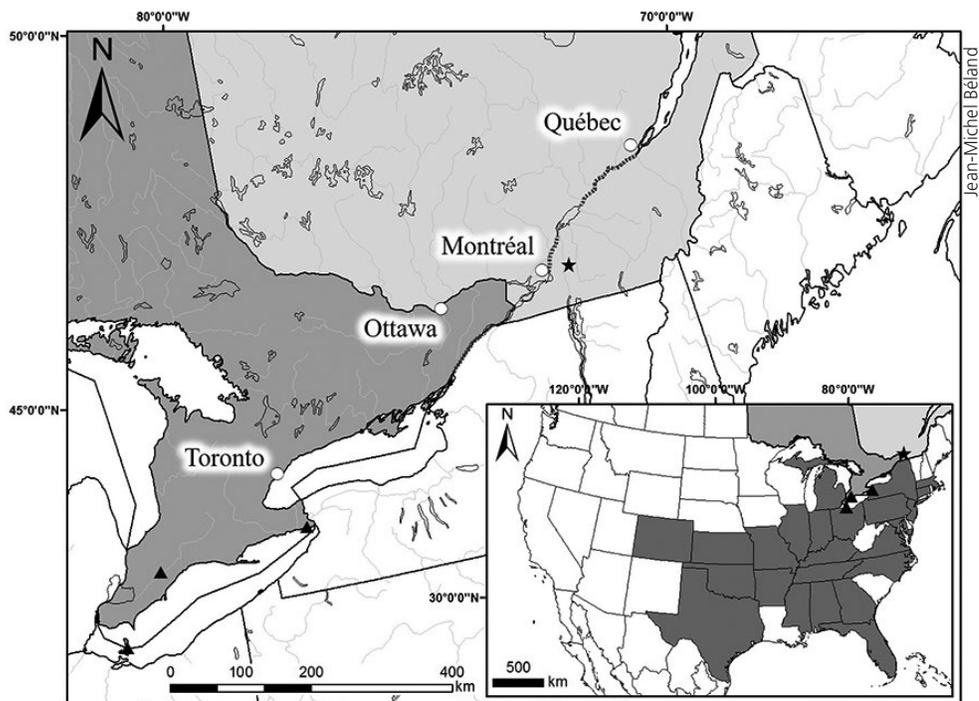


Figure 5. Répartition géographique du *Pyticeroides laticornis* (Say, 1835) en Amérique du Nord. L'étoile noire représente la localité où le spécimen a été capturé au Québec. Les triangles noirs représentent les endroits dans la péninsule ontarienne où cette espèce a été capturée. Les zones en gris foncé sur la carte des États-Unis représentent les États où cette espèce a été mentionnée.



Figure 6. Vue dorsale du *Pyticeroides laticornis* (Say, 1835) de la collection de Michel Racine.

### Répartition déjà connue

Cette espèce était connue de l'Ontario (Bousquet et collab., 2013) dans les localités suivantes : Bothwell (CNC, 1 spécimen émergé de branches de caryer ovale [*Carya ovata* (Miller) K. Koch], le 13 octobre 1964), Middle Island, dans le comté d'Essex (DEBU, 1 spécimen capturé le 18 juillet 2018) et Ridgeway (DEBU, 1 spécimen sans date de capture) (figure 5).

Aux États-Unis, on trouve cet insecte dans les États de l'Alabama, de l'Arkansas, en Caroline du Nord, au Colorado, au Connecticut, dans le district de Columbia, en Floride, en Géorgie, en Illinois, en Indiana, au Kansas, au Kentucky, au Maryland, au Massachusetts, au Michigan, au Missouri, au Mississippi, au New Jersey, à New York, en Oklahoma, en Ohio, en Pennsylvanie, au Tennessee, au Texas et en Virginie (Opitz, 2014) (figure 5).

### Description de l'espèce

L'espèce est petite, plutôt mince et allongée (figure 6). L'insecte est brun foncé ou noir. La tête est jaune ocre avec une ligne noire de chaque côté sur le dessus, allant des yeux (qui sont noirs) jusqu'au pronotum. Le prothorax est jaune, sauf la portion centrale du pronotum, qui est noire. En vue dorsale, le prothorax est plus large que long. La surface des élytres est fortement ponctuée; les ponctuations forment des stries dans la moitié latérale externe. Les antennes sont composées de 9 articles. Les 3 derniers d'entre eux sont aplatis et fortement dilatés (serriformes), formant un ensemble aussi long que les articles précédents (Knull, 1951; Opitz, 1997; 2014). Il n'y a pas

de dimorphisme sexuel externe apparent pour différencier les femelles des mâles. La longueur du spécimen de la collection CMRA est de 6,0 mm.

### Notes biologiques

Cette espèce peut être observée sur le genévrier de Virginie (*Juniperus virginiana* L.) mort infesté de coléoptères du genre *Phloeosinus* Chapuis, 1869 (Scolytinae: Curculionidae: Coleoptera), sur le caryer (*Carya* sp. Nuttall) infesté de *Chramesus hicoriae* LeConte, 1868 ou de *Scolytus quadrispinosus* Say, 1824 (Scolytinae: Curculionidae: Coleoptera), sur le micocoulier occidental (*Celtis occidentalis* L.) infesté de scolytes du genre *Phloeotribus* Latreille, 1797 (Scolytinae: Curculionidae: Coleoptera), sur le prunier noir (*Prunus nigra* Aiton) infesté de *Phloeotribus liminaris* (Harris, 1852) (Scolytinae: Curculionidae: Coleoptera) et sur l'orme (*Ulmus* sp. L.) infesté de *Scolytus multistriatus* (Marsham, 1802) (Scolytinae: Curculionidae: Coleoptera) (Knull, 1951). Les adultes sont diurnes et se promènent souvent dans les galeries de scolytes pour se nourrir d'œufs et de larves (Knull, 1951).

### Discussion

Les observations rapportées dans cet article témoignent d'un élargissement de l'aire de répartition connue de 3 espèces de Cleridae au Canada. Selon le recensement effectué des spécimens de *Monophylla terminata* et de *Pyticeroides laticornis* dans les collections consultées, ces 2 espèces avaient été trouvées auparavant dans l'extrême sud de la péninsule

ontarienne (figures 3 et 5), mais elles sont maintenant présentes dans le sud du Québec. Il est possible que le réchauffement climatique des dernières décennies explique l'extension de l'aire de répartition primaire de ces espèces de plus de 360 km (distance à vol d'oiseau) vers le nord-est.

Bousquet et collaborateurs (2013) mentionnent la présence de *Enoclerus ichneumoneus* en Ontario, mais nos efforts déployés pour obtenir les localités exactes ont révélé que les spécimens ontariens rapportés comme étant des *Enoclerus ichneumoneus* sont en fait des *Enoclerus muttkowskii*. Il est important ici de mentionner que plusieurs auteurs contemporains remettent en question sérieusement la littérature en ce qui a trait à l'identification et la mention de plusieurs spécimens d'*Enoclerus ichneumoneus* dans les États américains limitrophes du Canada, car plusieurs spécimens se sont avérés être des *Enoclerus muttkowskii* (Dorshorst et Young, 2008; Mawdsley, 1999). De plus, Mawdsley (1999) indique que la limite de l'aire de répartition la plus au nord de l'*Enoclerus ichneumoneus* se situerait près de la frontière séparant les États de New York et de la Pennsylvanie. Bref, les 4 *Enoclerus ichneumoneus* capturés à Eardley au Québec représenteraient une extension de l'aire de répartition de cette espèce de plus de 430 km vers le nord. Si la liste des Cleridae du Canada qui apparaît dans Bousquet et collaborateurs (2013) était basée sur une littérature antérieure mentionnant des identifications erronées ou sur des informations qui n'avaient pas été mises à jour, il serait possible que les 4 *Enoclerus ichneumoneus* capturés à Eardley représentent en fait une première mention canadienne.

## Conclusion

Il est intéressant de mentionner que les proies naturelles des 3 Cleridae dont il est question dans cet article étaient présentes au Québec depuis un certain temps déjà (Bousquet, 1991). Sachant qu'une augmentation de la densité des populations d'insectes saproxyliques vers le nord est causée par le réchauffement climatique (Cudmore et collab., 2010; Goodsmann et collab., 2018), il apparaîtrait logique, sous des latitudes de plus en plus nordiques, que les captures des prédateurs de ces insectes soient plus fréquentes. D'autres recensements mettant en lumière de telles relations interspécifiques aideront à documenter ce sujet.

## Remerciements

Les auteurs remercient toutes les personnes-ressources des différentes collections institutionnelles et privées qui nous ont permis d'examiner les Cleridae de chaque espèce et de partager des informations sur leurs observations. Nous remercions Robert Juan pour les informations pertinentes qu'il nous a fournies au sujet de la capture des spécimens d'*Enoclerus ichneumoneus*. Nous remercions Étienne Normandin (coordonnateur de la collection Ouellet-Robert) pour la photographie du *Monophylla terminata* et Joseph Moisan-De Serres du MAPAQ pour les photographies de l'*Enoclerus ichneumoneus* et du *Pyticeroïdes laticornis*. Nous remercions aussi Jean-Michel Béland du Centre de foresterie

des Laurentides pour la production des cartes de répartition géographique. Nous désirons aussi remercier Serge Laplante de la collection CNC et Steven Paiero (coordonnateur de la collection d'insectes de l'Université de Guelph) pour les données de captures des spécimens de l'Ontario. Nous souhaitons également remercier l'équipe éditoriale du *Naturaliste canadien* ainsi que le rédacteur adjoint spécialisé en entomologie, Christian Hébert, et deux réviseurs anonymes dont les suggestions nous ont aidés à améliorer la présentation de cet article. ◀

## Références

- BÖVING, A.G. et A.B. CHAMPLAIN, 1920. Larvae of the North American beetles of the family Cleridae. *Proceedings of the United States National Museum*, 57: 575-662.
- BOUSQUET, Y. (édit.), 1991. Checklist of beetles of Canada and Alaska. Research Branch, Agriculture Canada, Publication 1861/E: 430 p.
- BOUSQUET, Y., P. BOUCHARD, A.E. DAVIES et D.S. SIKES, 2013. Checklist of beetles (Coleoptera) of Canada and Alaska. 2<sup>e</sup> édition. Pensoft Series Faunistica No. 109, Sofia-Moscow, 402 p.
- BRIMLEY, J.F., 1929. Random notes on the insects of the Rainy River District. *The Canadian Field-Naturalist*, 43: 27-28.
- CUDMORE, T.J., N. BJÖRKLUND, A.L. CARROLL et B.S. LINDGREN, 2010. Climate change and range expansion of an aggressive bark beetle: evidence of higher beetle reproduction in naïve host tree population. *Journal of Applied Ecology*, 47: 1036-1043.
- DORSHORST, J.J. et D.K. YOUNG, 2008. An annotated checklist of Wisconsin checked beetles (Coleoptera: Cleridae and Thanerocleridae). *The Great Lakes Entomologist*, 41: 169-184.
- DOWNIE, N.M. et R.H. ARNETT, Jr., 1996. The beetles of northeastern North America. Volume II. Polyphaga: series Bostrichiformia through Curculionidea. The Sandhill Crane Press, Gainesville, Florida, 891 + ix p.
- GOODSMAN, D.W., G. GROSKLOS, B.H. AUKEMA, C. WHITEHOUSE, K.P. BLEIKER, N.G. MCDOWELL, R.S. MIDDLETON et C. XU, 2018. The effect of warmer winters on the demography of an outbreak insect is hidden by intraspecific competition. *Global Change Biology*, 24: 3620-3628.
- KNOLL, J.N., 1951. The checkered beetles of Ohio (Coleoptera: Cleridae). *Ohio Biological Survey Bulletin*, 8 (42): 268-350.
- MAWDSLEY, J.R., 1999. New records and biological notes on species of Cleridae (Coleoptera) from the Adirondack Park, New York. *The Great Lakes Entomologist*, 32: 39-45.
- OPITZ, W., 1997. Classification, natural history, and evolution of the Epiphloeinae (Coleoptera: Cleridae). Part I. The genera of Epiphloeinae. *Insecta Mundi*, 11 (1): 51-96.
- OPITZ, W., 2014. Classification, natural history, and evolution of the Epiphloeinae (Coleoptera: Cleridae). Part XI. Generic taxonomy intergeneric phylogeny, and catalogue of the subfamily. *Acta Musei Moraviae, Scientiae biologicae (Brno)*, 99 (2): 5-94.
- WOLCOTT A.B., 1910. Notes on some Cleridae of the middle and North America, with descriptions of new species. *Field Museum of Natural History Publications, Zoological Series*, 7 (10): 339-401.
- WOLCOTT A.B., 1947. Catalogue of North American beetles of the family Cleridae. *Fieldiana: Zoology*, 32: 63-105.

# La forêt boréale du Québec : influence du gradient longitudinal

*Pierre-Luc Couillard, Serge Payette, Martin Lavoie et Jason Laflamme*

## Résumé

Nous avons documenté les caractéristiques physiographiques, climatiques et écologiques du domaine bioclimatique de la pessière noire à mousses le long d'un transect longitudinal de 1 000 km, de l'Abitibi à la Basse-Côte-Nord. Dans la portion ouest du domaine, le climat continental et plus sec favorise les feux. Les pessières à épinette noire et celles à épinette noire et à pin gris constituent les peuplements dominants. Les pessières à épinette noire et sapin baumier augmentent en importance dans la portion centrale du domaine, tandis que sur la Côte-Nord, les feux moins fréquents et le climat plus humide favorisent les sapinières perturbées par les épidémies d'insectes. C'est dans cette région que la proportion de forêts âgées de plus de 100 ans est la plus élevée. Les pessières à lichens et les lichénaies sont aussi plus abondantes à l'est de Sept-Îles. L'ampleur des changements observés montre qu'il est primordial de considérer le gradient longitudinal pour expliquer la répartition des formations végétales de la forêt boréale, au même titre que le gradient latitudinal qui, lui, est beaucoup plus souvent étudié.

**MOTS CLÉS :** épinette noire, feu, gradient écologique, pin gris, sapin baumier

## Abstract

The black spruce-moss forest is the largest bioclimatic domain in Québec (Canada), extending east from the Abitibi region to the Basse-Côte-Nord region. We documented changes in climate, ecological disturbance, surface deposit, topography and vegetation cover along a 1 000-km longitudinal transect through this domain. In the western portion, where the drier continental climate favours wildfire, black spruce and mixed black spruce-jack pine forests predominate. In the central portion, black spruce-balsam fir forests increase in importance. Further east, the more humid climate of the Côte-Nord region, where wildfires are less frequent, favours pure balsam fir and balsam fir-black spruce forests, which have been heavily affected by insect outbreaks. The proportion of mature stands (>100 years) is highest in this region. Lichen woodlands and lichen-heaths are more abundant east of Sept-Îles. The extent of the changes observed shows that the longitudinal gradient is just as important as the latitudinal gradient in explaining the distribution of plant communities in the boreal forest, although the latter has been studied more often.

**KEYWORDS:** balsam fir, black spruce, ecological gradient, fire, jack pine

## Introduction

Le biome de la forêt boréale d'Amérique du Nord se divise en trois zones distinctes réparties selon la latitude allant, du sud au nord, de la forêt fermée à la forêt ouverte et à la toundra forestière (Payette, 1992). La zone de la forêt boréale fermée est subdivisée, à son tour, en deux domaines bioclimatiques, la sapinière à bouleau à papier et la pessière noire à mousses (Saucier et collab., 2011). Le domaine bioclimatique de la pessière noire à mousses couvre une superficie de 412 400 km<sup>2</sup>, soit 27 % du Québec. Il forme une bande d'environ 300 km de largeur entre les latitudes 49° et 52° N. et s'étend sur un peu plus de 1 600 km depuis l'Abitibi à l'ouest jusqu'à la Basse-Côte-Nord à l'est, ce qui correspond à un gradient climatique longitudinal d'importance. Le climat de la partie ouest du domaine est continental et plus sec que celui de la partie est qui est sous influence maritime en raison de la proximité du golfe du Saint-Laurent et de l'océan Atlantique (Proulx et collab., 1987). Le changement des conditions climatiques qui survient le long du gradient longitudinal se manifeste par des différences marquées du régime de perturbations. La partie ouest est caractérisée par

le retour fréquent des feux (Le Goff et collab., 2007), tandis que ceux-ci sont beaucoup moins fréquents dans la partie est (Bouchard et collab., 2008). Les épidémies d'insectes et les chablis sont les principales perturbations qui affectent les peuplements forestiers de la Côte-Nord (Bouchard et Pothier, 2010; Girard et collab., 2014). Le relief devient aussi de plus en

*Pierre-Luc Couillard (ingénieur forestier, M. Sc.) est étudiant au doctorat au Département de géographie de l'Université Laval et professionnel au ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec*

*pierre-luc.couillard@mffp.gouv.qc.ca*

*Serge Payette (B. Sc. appl. agronomie-pédologie et géographe, Ph. D.) est professeur titulaire au Département de biologie, conservateur de l'Herbier Louis-Marie et chercheur en écologie et paléoécologie au Centre d'études nordiques de l'Université Laval.*

*Martin Lavoie (géologue, Ph. D.) est professeur titulaire au Département de géographie et chercheur en paléoécologie au Centre d'études nordiques de l'Université Laval.*

*Jason Laflamme (ingénieur forestier, M. Sc.) est professionnel au ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec.*



**Tableau 1. Description des principaux types de dépôts de surface (Robitaille et collab., 1994).**

Types de dépôt	Description
Glaciaire épais (GLE)	Dépôt lâche ou compact, sans triage, constitué d'une farine de roches et de gravier, de cailloux, de pierres et de blocs de forme anguleuse ou subanguleuse, dont l'épaisseur est de plus de 50 cm. Affleurements rocheux absents ou très rares.
Glaciaire mince (GLM)	Dépôt lâche ou compact, sans triage, constitué d'une farine de roches et de gravier, de cailloux, de pierres et de blocs de forme anguleuse ou subanguleuse, dont l'épaisseur est de moins de 50 cm. Affleurements rocheux parfois abondants.
Fluvioglacière (FLU)	Dépôt stratifié constitué de sable, de gravier et (ou) de cailloux.
Organique (ORG)	Dépôt constitué de matière organique plus ou moins décomposée, provenant principalement de sphaignes, dont l'épaisseur est de plus de 40 cm.
Roc	Dépôt très mince ou absent. Les affleurements rocheux, qui sont très abondants, représentent plus de 50 % de la surface.
Autres	Dépôt d'origine fluviale, lacustre, marine, gravitaire ou éolien.

**Tableau 2. Description des groupes de végétation correspondant aux principaux types de forêts du domaine de la pessière noire à mousses.**

Groupes de végétation	Description
Pessière à épinette noire (EE)	L'épinette noire constitue plus de 75 % de la surface terrière du peuplement.
Pessière à épinette noire et sapin baumier (ES)	L'épinette noire constitue 51 à 75 % de la surface terrière du peuplement et le sapin, 25 à 50 %.
Sapinière à épinette noire (SE)	Le sapin baumier constitue 51 à 75 % de la surface terrière du peuplement et l'épinette noire, 25 à 50 %.
Sapinière (SS)	Le sapin baumier constitue plus de 75 % de la surface terrière du peuplement.
Pessière à épinette noire et pin gris (EPG)	L'épinette noire et le pin gris constituent chacun plus de 25 % de la surface terrière du peuplement.
Pinède à pin gris (PGPG)	Le pin gris constitue plus de 75 % de la surface terrière du peuplement.
Peuplement constitué de feuillus intolérants à l'ombre (FI)	Le bouleau à papier et (ou) le peuplier faux-tremble constitue(nt) plus de 75 % de la surface terrière du peuplement.
Peuplement constitué d'un mélange de feuillus intolérants à l'ombre et de conifères (RFI)	Les conifères (sapin baumier, épinette noire, épinette blanche et (ou) pin gris) et les feuillus (bouleau à papier et (ou) peuplier faux-tremble) constituent chacun plus de 25 % de la surface terrière.
Autres	Le mélèze, le thuya et (ou) le pin blanc constituent plus de 25 % de la surface terrière du peuplement.

forme du terrain et sa position sur la pente. La cartographie des dépôts de surface est basée sur l'interprétation de photographies aériennes à l'échelle 1/40 000 et couvre l'ensemble du Québec au sud du 52<sup>e</sup> parallèle (Robitaille et collab., 1994). La superficie occupée par les différentes catégories de dépôts de surface a été calculée pour chacun des blocs (tableau 1). Quelques descripteurs physiographiques, notamment l'altitude moyenne et la pente moyenne, ont aussi été considérés dans la description du relief. Ces informations proviennent de la Base de données topographiques du Québec (BDTQ; MRN, 1999). Les résultats sont exprimés sur une grille dont la résolution spatiale est de 50 m × 50 m.

### **Couvert forestier et perturbations**

Le portrait du couvert forestier a été établi à partir des cartes écoforestières du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec (MFFP) produites à l'aide de photographies aériennes (échelle 1/15 000) servant à la photo-interprétation des caractéristiques du couvert végétal, notamment la composition, la densité, la hauteur et l'âge des peuplements. Les analyses ont porté sur les cartes du 3<sup>e</sup> inventaire écoforestier du Québec méridional réalisé de 1995 à 2003. Cet inventaire, même s'il est plus ancien, a été préféré au 4<sup>e</sup> inventaire écoforestier produit de 2006 à 2015,

car il couvre un plus grand territoire et fournit un portrait du couvert végétal moins affecté par l'aménagement forestier.

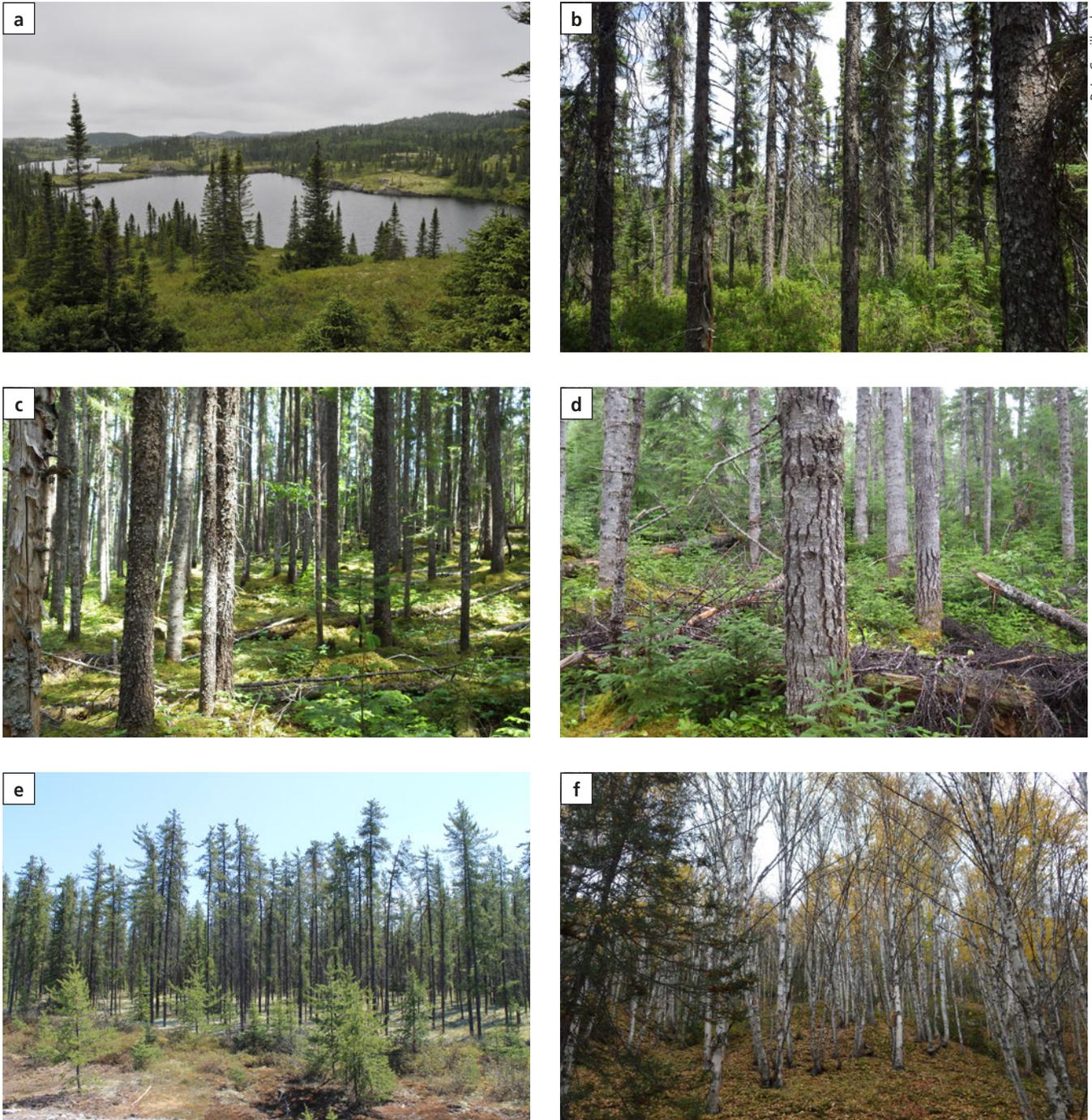
Le territoire cartographié a d'abord été subdivisé selon les 4 grandes catégories de terrain à la base de la stratification écoforestière (MRNF, 2009). Il s'agit des terrains forestiers productifs, des terrains improductifs, des terrains à vocation non forestière (p. ex. : mines, lignes de transport d'énergie) et des étendues d'eau. Les terrains forestiers productifs se distinguent des terrains improductifs par leur capacité à produire 30 m<sup>3</sup> ou plus de matière ligneuse à l'hectare en moins de 120 ans et leur recouvrement supérieur à 25 %. Pour les besoins de la présente étude, les terrains improductifs ont été divisés en deux groupes : 1) les milieux humides, qui comprennent les tourbières, les marais et les aulnaies et 2) les milieux bien drainés qui regroupent, notamment, les pessières à lichens (figure 2a), les arbustaies et les lichénaies.

La composition des milieux forestiers productifs a ensuite été inventoriée dans chacun des blocs en comptabilisant la superficie occupée par 9 groupes de végétation correspondant aux principaux types de forêts du domaine de la pessière noire à mousses (tableau 2; figures 2b à 2f). Comme la composition du couvert végétal est décrite seulement dans les peuplements forestiers dont la hauteur des tiges est égale ou supérieure à 7 m, ceux dont la hauteur est

inférieure à ce seuil ont été réunis en 4 groupes désignés selon le type de perturbation dont ils sont issus: brûlis, épidémies d'insectes, chablis ou coupes forestières et plantations.

L'âge des peuplements a été décrit en comptabilisant, pour chaque bloc, la superficie couverte des 3 classes de stade de développement (jeune, intermédiaire et mature) de la végétation forestière. Ces classes ont été définies en fonction de l'âge des peuplements des cartes écoforestières

(MRNF, 2009), déterminé par photo-interprétation en considérant la hauteur des arbres et le temps écoulé depuis la dernière perturbation. Les jeunes forêts sont constituées de peuplements en régénération âgés de 40 ans et moins, tandis que les forêts intermédiaires et les forêts matures correspondent respectivement aux peuplements âgés de 40 à 100 ans et aux peuplements de plus de 100 ans.



P.-L. Couillard

Figure 2. a) Pessière à lichens au nord de Havre-Saint-Pierre, sur la Côte-Nord, b) pessière à épinette noire au nord de Chibougamau, c) pessière à épinette noire et sapin baumier près du réservoir Manicouagan, d) sapinière au nord de Havre-Saint-Pierre, sur la Côte-Nord, e) pinède à pin gris au nord du Lac-Saint-Jean et f) bétulaie à bouleau à papier au nord de Havre-Saint-Pierre, sur la Côte-Nord.

Afin de mettre en relation l'ensemble des variables le long du transect, une analyse en composantes principales a été réalisée à l'aide de la fonction rda de l'extension vegan (Oksanen et collab., 2017) du logiciel R (R Development Core Team, 2011). Les données ont été soumises à une analyse de groupement (*k*-Means).

## Résultats

### Climat

La température moyenne annuelle varie de 2,6 °C dans l'ensemble du transect. Elle est respectivement de -1 °C et 0 °C aux extrémités ouest et est, mais s'abaisse à -2,6 °C au centre du territoire (bloc 25; figure 3). La température moyenne maximale des mois de juin, juillet et août atteint 20,1 °C dans l'ouest et diminue à 16,5 °C sur la Côte-Nord. La température minimale moyenne enregistrée au cours de la période estivale varie peu le long du transect, allant de 6,6 à 8 °C. La température maximale moyenne des mois de décembre, janvier et février est de -12,3 °C dans la partie ouest du transect, alors qu'elle diminue à -13 °C dans la partie centrale, puis remonte jusqu'à -8 °C sur la Côte-Nord. La température minimale moyenne pour cette période de l'année suit les mêmes tendances, soit environ -24 °C dans l'ouest, -25 °C au centre et -18 °C dans la partie est du transect.

Les précipitations annuelles totales augmentent d'ouest (825-950 mm) en est (1000-1 050 mm; figure 3). Celles des mois de juin, juillet et août varient d'un endroit à l'autre, de 280 à 335 mm. Les valeurs les plus élevées sont atteintes au centre du transect alors que les plus faibles caractérisent les extrémités ouest et est. Les précipitations des mois de décembre, janvier et février sont les plus élevées dans l'est (235 mm) et minimales dans l'ouest (145 mm).

### Caractéristiques du milieu physique

L'altitude moyenne augmente graduellement depuis l'ouest jusqu'au centre du transect, où elle atteint 750 m, pour ensuite diminuer de nouveau vers l'est, atteignant 225 m près de la rivière Natashquan (bloc 57; figure 3). De nombreux sommets culminant à plus de 800 m d'altitude se trouvent dans la partie centrale, entre le lac Manouane et la rivière Manitou (blocs 23 à 43). Les terrains situés à basse altitude (< 100 m) correspondent au lit des principales rivières de la Côte-Nord (Sainte-Marguerite, Moisie, Manitou, Magpie, Mingan, Romaine, Aguanish et Natashquan). En raison de la présence de hautes collines et de vallées profondes, la pente moyenne augmente d'ouest en est: elle est inférieure à 4° dans l'ouest, tandis qu'elle varie entre 6° et 11° sur la Côte-Nord (figure 3).

Les dépôts glaciaires (minces et épais) sont les plus répandus. Ils couvrent 60 à 89 % de la superficie terrestre de chacun des blocs (figure 4). Les dépôts glaciaires de l'ouest du transect sont plus épais que ceux de l'est. Une mince couverture de till, généralement de moins de 50 cm d'épaisseur, recouvre partiellement le socle rocheux de la partie est du transect. Les affleurements rocheux couvrent

jusqu'à 17 % de la superficie terrestre de certains blocs de la Côte-Nord. L'ensemble de la région est traversé par plusieurs grands cours d'eau orientés nord-sud où le fond des vallées est généralement recouvert de dépôts fluvioglaciers. Les plus grandes étendues de ce type de dépôt se trouvent à la marge ouest du lac Mistassini (blocs 7 et 8) et à la marge est du lac Manouane (bloc 23), de même que le long des rivières Outardes (bloc 27) et Manicouagan (bloc 29). Les dépôts organiques, constitués essentiellement de tourbe, abondent dans la partie ouest du transect. Ils occupent jusqu'à 32 % de la superficie de certains blocs en périphérie du lac Mistassini (blocs 10 et 11), tandis que vers l'est, ils sont nettement moins répandus, couvrant environ 3 % du milieu terrestre.

### Couvert forestier

Les forêts productives sont les plus répandues (figure 5). Elles occupent plus de 70 % de chaque bloc, à l'exception des blocs 8, 9 et 10 où le lac Mistassini couvre une grande surface. Pour leur part, les milieux improductifs représentent souvent plus de 20 % de la superficie des blocs. Ces derniers consistent surtout en des milieux humides à l'ouest du lac Mistassini, alors que les milieux improductifs bien drainés, notamment les pessières à lichens, abondent sur la Côte-Nord où ils représentent parfois plus 15 % de la surface à l'est de Sept-Îles (bloc 39). Les milieux anthropisés et autres terrains à vocation non forestière sont partout peu répandus (< 2 %).

Le couvert forestier se compose principalement de forêts de conifères dominées par l'épinette noire (*Picea mariana*) (figure 6). Cette espèce pousse souvent en peuplement pur. Les pessières à épinette noire (EE) occupent généralement plus de 50 % de la superficie forestière dans les parties ouest et centrale du transect, tandis qu'elles représentent environ 20 % du couvert végétal à l'est de la rivière Magpie (bloc 43). L'épinette noire partage habituellement la dominance des peuplements avec le sapin baumier (*Abies balsamea*) dont l'abondance s'accroît vers l'est, surtout à partir du secteur situé à l'est du lac Manouane (bloc 23). Les peuplements de la Côte-Nord sont d'ailleurs majoritairement formés d'un mélange des deux espèces. Les pessières à épinette noire et sapin baumier (ES) sont généralement deux fois plus abondantes que les sapinières à épinette noire (SE), sauf à l'extrémité est du transect où les deux types de forêts couvrent approximativement la même surface, soit le tiers du couvert forestier chacun. Dans la partie ouest du transect, les pessières à épinette noire et sapin baumier occupent moins de 5 % de la superficie forestière à l'ouest du lac Mistassini (bloc 8), et de 10 à 20 % du lac Mistassini jusqu'au lac Manouane. La sapinière à épinette noire est quasi absente à l'ouest du lac Mistassini et couvre moins de 5 % de la partie centrale. Il en est de même des sapinières pures (SS): elles sont généralement peu abondantes (< 3 % de la superficie forestière) jusqu'à Sept-Îles, mais elles augmentent progressivement vers l'est par la suite, pour atteindre 20 % de la superficie forestière entre Havre-Saint-Pierre et Natashquan (blocs 53 et 54). L'épinette noire se trouve aussi fréquemment avec le pin gris (*Pinus banksiana*) dans l'extrémité ouest du transect, où les

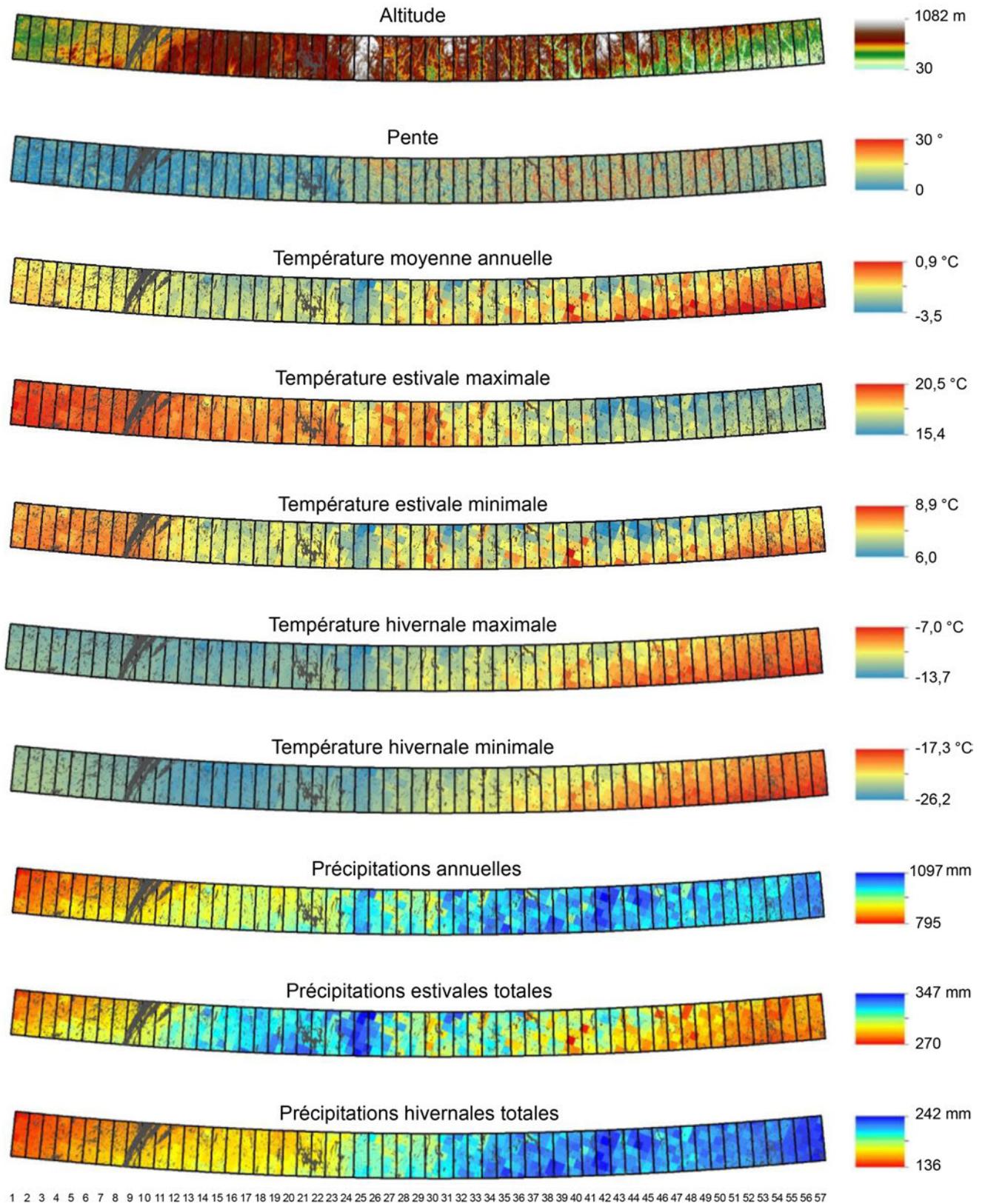


Figure 3. Altitude, pente et normales climatiques calculées dans les 57 blocs à partir de données quotidiennes de température et de précipitations recueillies au cours de la période 1971-2000. Les données estivales correspondent aux mois de juin, juillet et août. Les données hivernales correspondent au mois de décembre, janvier et février.

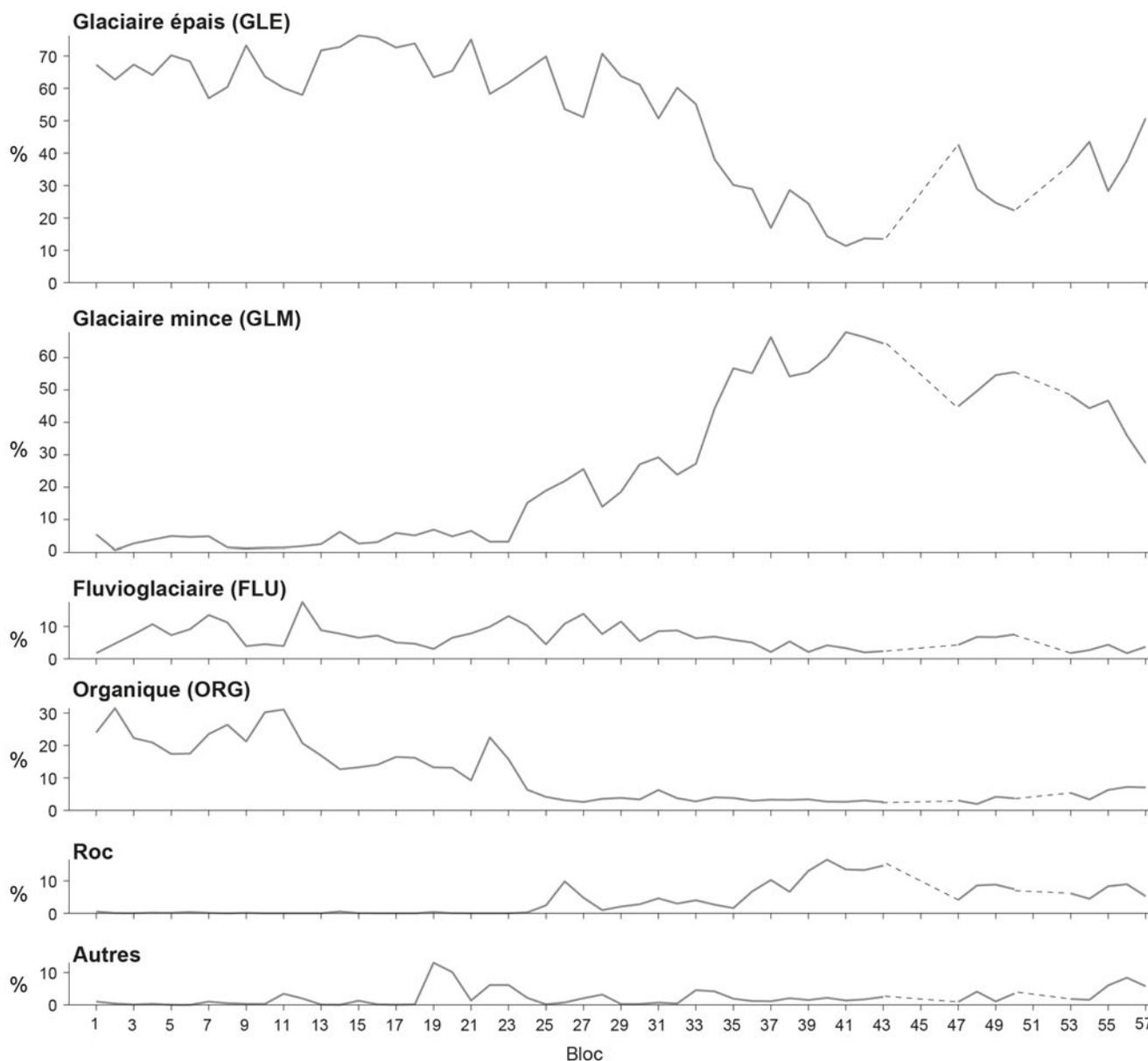


Figure 4. Répartition spatiale de la représentation des principaux types de dépôts de surface. Les sections en traits tiretés correspondent aux zones qui n'ont pas été cartographiées.

peuplements mixtes (pessière à épinette noire et pin gris, EPG) représentent le principal type de forêt au sein des blocs 1 à 3. Leur abondance diminue fortement à l'est du lac Mistassini, sauf dans le secteur avoisinant le lac Manouane où ces peuplements couvrent plus de 10% de la superficie. Les forêts renfermant du pin gris sont, sauf exception, absentes à l'est de la rivière Moisie (bloc 40). Les pinèdes à pin gris (PGPG) suivent la même tendance que celle de la pessière à épinette noire et pin gris, mais elles couvrent de plus petites superficies. Dans la partie ouest du transect, où elles sont les plus étendues, elles dépassent rarement 10% de la superficie forestière.

Les forêts de feuillus sont partout peu représentées (< 4% de la superficie forestière). Elles sont principalement constituées de bouleau à papier (*Betula papyrifera*), parfois

accompagné de peuplier faux-tremble (*Populus tremuloides*). Les peupleraies pures sont rares et se trouvent principalement sur les plaines alluviales de quelques rivières. Les forêts mixtes, composées d'épinette noire ou de sapin baumier et accompagnées de bouleau à papier, sont plus répandues, mais elles dépassent rarement 10% de la superficie forestière. Des pessières à épinette noire et à bouleau à papier poussent dans les parties ouest et centrale du transect, tandis que les sapinières à bouleau à papier sont plus fréquentes dans l'est.

### Perturbations

Les peuplements forestiers requièrent environ 40 ans pour atteindre une hauteur de 7 m. Ceux n'ayant pas encore atteint cette hauteur sont surtout nombreux à l'extrémité ouest

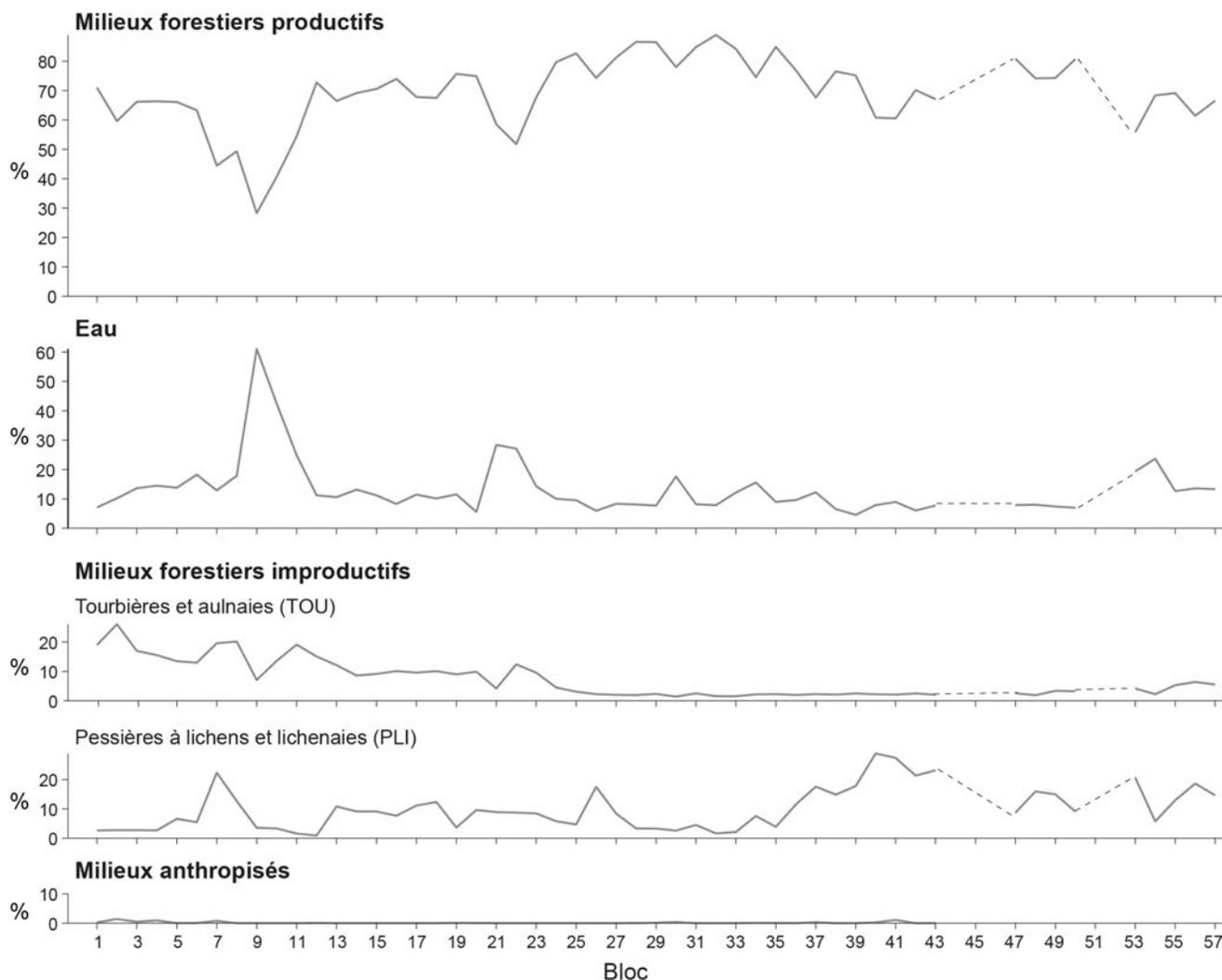


Figure 5. Répartition spatiale des principaux types de terrain. Les sections en traits tiretés correspondent aux zones qui n'ont pas été cartographiées.

du transect, où ils couvrent plus de 20 % de la superficie des blocs 1 à 8, 18 et 19 (figure 7). Ailleurs, ils dépassent rarement 10 % de la superficie forestière. Dans l'ouest, la grande majorité de ces peuplements sont issus de feux, tandis que dans l'est (à partir du bloc 47), ils ont surtout succédé à des épidémies d'insectes et à des chablis, bien que ces perturbations couvrent de plus petites surfaces que les feux (figure 7). De façon générale, les coupes forestières occupent de petites superficies, mais dépassent 10 % au nord de Chibougamau (blocs 5 à 7) et de Port-Cartier (blocs 35 et 36).

La distribution de l'âge des peuplements varie aussi le long du transect (figure 8). Les jeunes forêts sont surtout abondantes dans les blocs 1 à 8, où elles couvrent en moyenne plus de 40 % du couvert forestier. La grande majorité de ces peuplements sont issus des nombreux feux qui ont affecté cette région au cours des 40 dernières années. Plus à l'est, la proportion occupée par les jeunes peuplements chute abruptement à cause d'une moins grande fréquence des feux au cours de cette même période. Elle se situe sous le seuil de 10 %, à l'exception de quelques blocs.

Les peuplements intermédiaires, de structure équiennne, sont aussi plus abondants à l'extrémité ouest du transect, couvrant en moyenne près de 40 % de la superficie forestière. Leur abondance diminue aussi progressivement vers l'est, où elle demeure plus grande que celle des jeunes forêts, dépassant souvent 20 % de la superficie forestière, à l'exception de l'extrémité est du transect (à partir du bloc 41) où elle est rarement supérieure à 10 %. Ces forêts se sont régénérées principalement après les grands feux survenus au début du 20<sup>e</sup> siècle. Les peuplements âgés de plus de 100 ans correspondent au stade de développement le plus fréquent. À l'exception de l'extrémité ouest du transect où ils ne dépassent pas 20 % du couvert forestier, ils représentent la plupart du temps plus de 70 % de la superficie forestière, et même 80 % à l'est de Sept-Îles (bloc 39).

### Analyses de groupement

L'analyse en composantes principales met en relation l'ensemble des variables décrites précédemment (figure 9). Les 57 blocs s'alignent de façon naturelle dans le plan formé

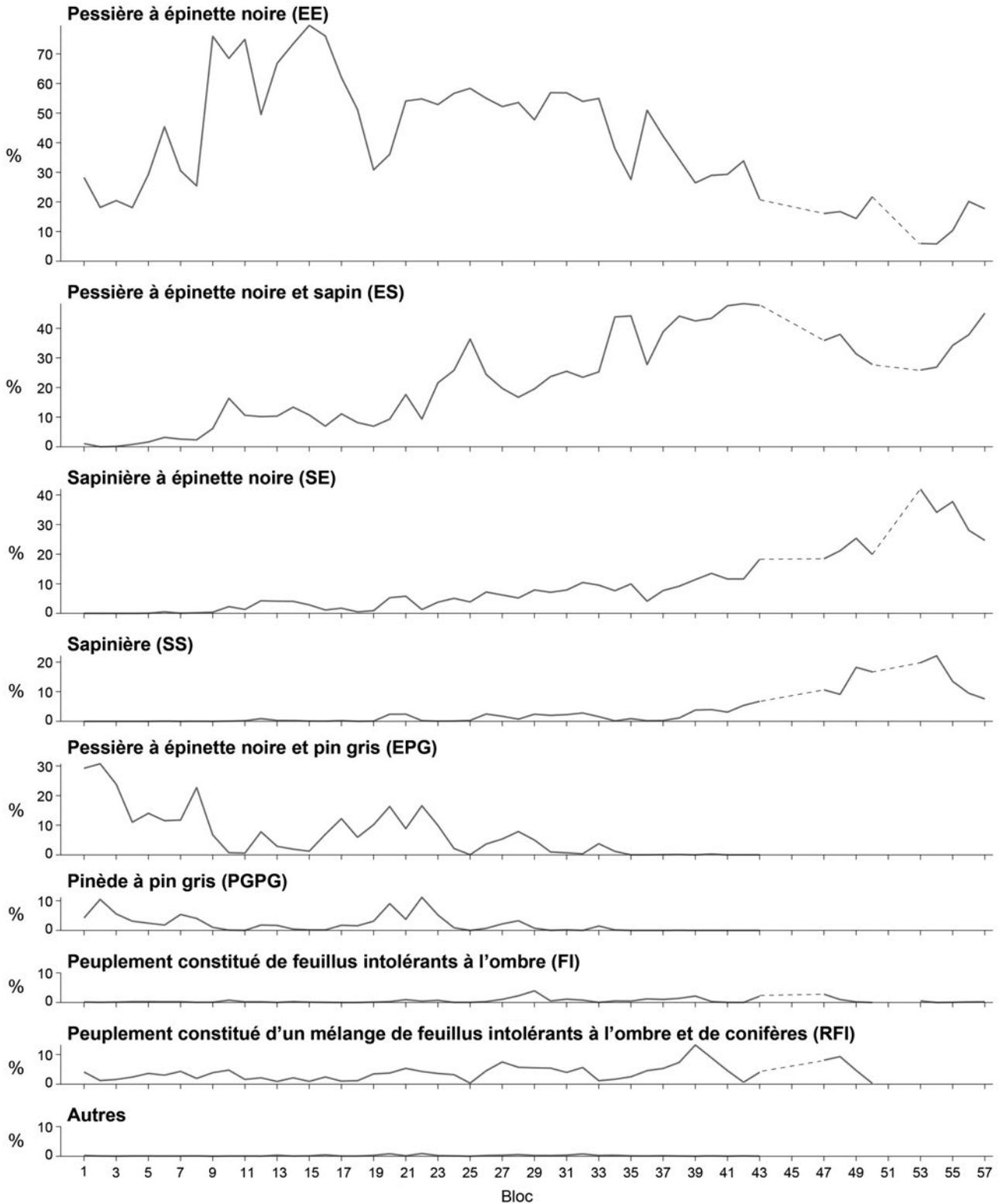


Figure 6. Répartition spatiale de la composition des forêts productives (peuplement de hauteur  $\geq 7$  m). Les sections en traits tiretés correspondent aux zones qui n'ont pas été cartographiées.

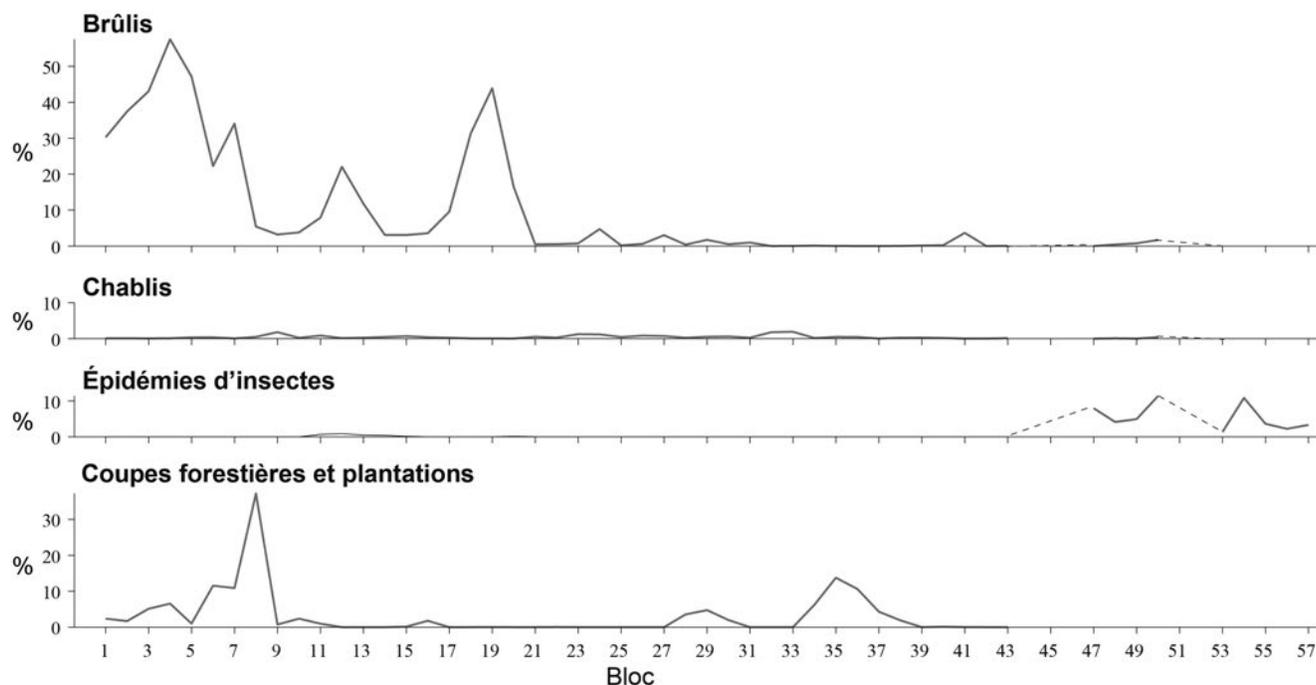


Figure 7. Répartition spatiale de l'origine des forêts productives (peuplements de hauteur < 7 m). Les sections en traits tiretés correspondent aux zones qui n'ont pas été cartographiées.

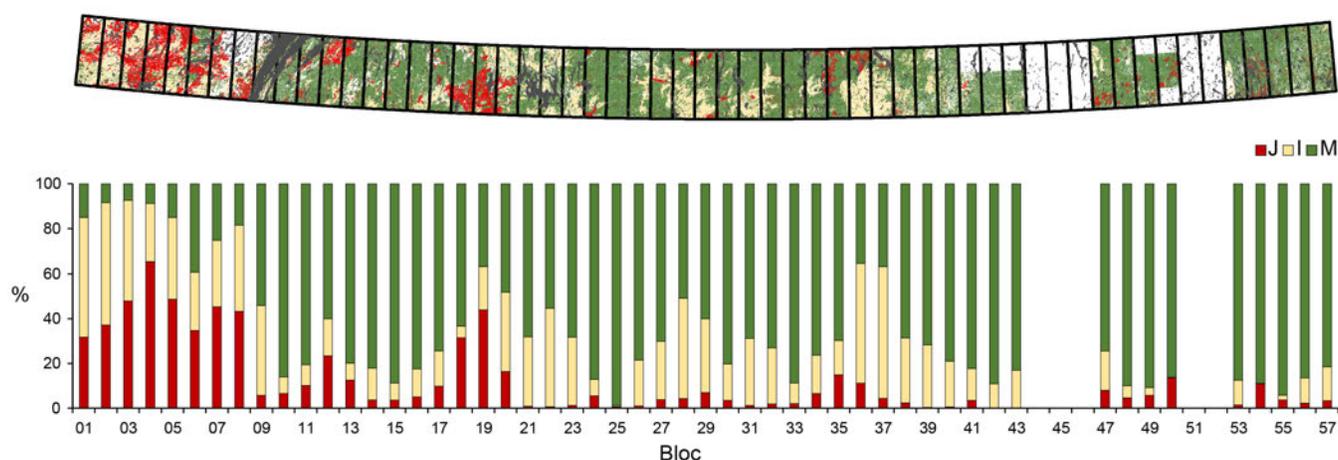


Figure 8. Distribution de l'âge des peuplements. Les jeunes forêts (J) sont constituées de peuplements en régénération âgés de 40 ans et moins, les forêts intermédiaires (I), de peuplements âgés de 40 à 100 ans et les forêts matures (M), de peuplements de plus de 100 ans.

par les deux premiers axes de l'analyse. Le premier axe (45 %) montre d'abord la relation entre les peuplements dominés par le pin gris, les feux, la température estivale élevée et les dépôts organiques et, ensuite, celle entre les sapinières, les dépôts minces, les pentes fortes et les précipitations hivernales élevées. Le deuxième axe (20,5 %) exprime plutôt le gradient altitudinal et celui des précipitations estivales. L'analyse de groupement *k*-means a permis de distinguer 5 grands secteurs (ou groupes) qui se caractérisent par le climat, les caractéristiques physiographiques, les perturbations et la végétation.

Le premier secteur correspond aux blocs 1 à 8, situés à l'ouest du lac Mistassini. Il est caractérisé par une topographie peu accidentée ponctuée de quelques collines de till peu pentues. L'altitude moyenne varie de 330 à 410 m. De grandes tourbières occupent les nombreuses dépressions topographiques. Le climat de ce secteur est le plus continental, avec les températures maximales les plus élevées en été et les températures minimales les plus basses en hiver. Les précipitations annuelles sont les plus faibles de l'ensemble du transect. C'est le secteur qui a été le plus touché par les incendies au cours des 4 dernières décennies : 38 % de la

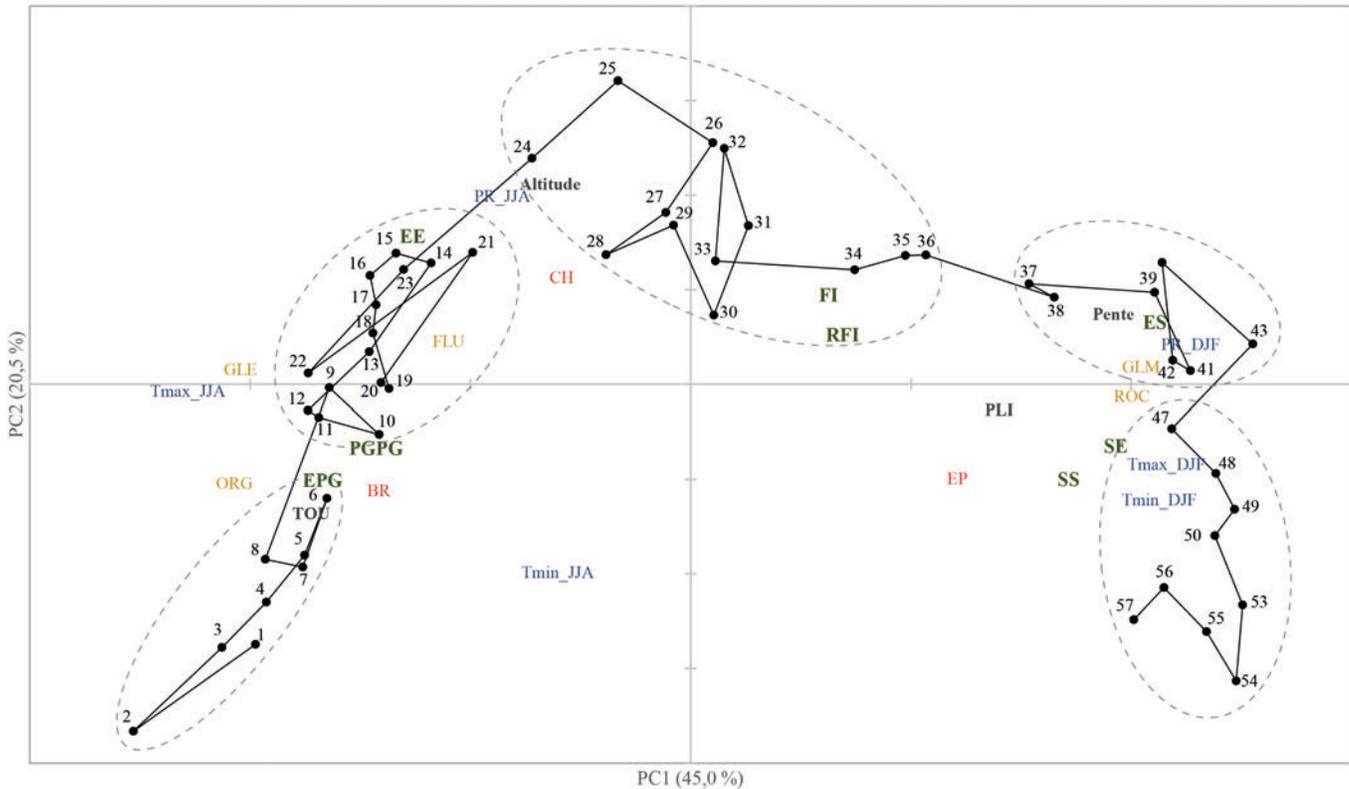


Figure 9. Évolution du gradient écologique dans le plan formé par les deux premiers axes de l'analyse en composantes principales effectuée sur une matrice décrivant chacun des 57 blocs (points noirs) par rapport aux principales variables utilisées dans cette étude. Les abréviations en jaune font référence aux principaux types de dépôt de surface, celles en noir, aux catégories de terrain, celles en vert, à la composition forestière, celles en rouge, aux perturbations et celles en bleu, aux variables climatiques. Les 5 grands secteurs (ellipses pointillées) ont été formés à partir d'une analyse de groupement *k*-Means.

superficie de certains blocs a été affectée, ce qui explique la rareté de peuplements âgés. Le pin gris et l'épinette noire dominent le couvert végétal. C'est d'ailleurs dans ce secteur que le pin gris atteint sa plus grande abondance.

Le second secteur, qui couvre la région sise au nord du lac Saint-Jean, entre les lacs Mistassini (bloc 9) et Manouane (bloc 23), est le plus étendu longitudinalement. Le relief est peu accidenté et consiste en des collines recouvertes de dépôts de till épais. L'altitude moyenne est plus élevée comparativement à celle du secteur précédent (435-560 m). Le climat est semblable à celui du premier secteur, quoique l'écart entre les températures estivales et hivernales s'amenuise et les précipitations augmentent légèrement. Plusieurs feux sont aussi survenus, notamment aux abords de la rivière Péribonka dans les régions représentées par les blocs 18 et 19. Le couvert forestier est surtout dominé par la pessière à épinette noire. Le pin gris est abondant localement sur les terrasses de sable fluvioglaciaire. Les peuplements âgés de plus de 100 ans sont nettement plus abondants que dans le premier secteur.

Le troisième secteur correspond aux blocs 24 à 36, entre le lac Manouane et la rivière Moisie. Le relief est accidenté et formé de hautes collines, dont certaines culminent à plus de 1000 m. Il s'agit du secteur le plus élevé en altitude. Le climat est plus frais, avec des précipitations abondantes, surtout en

période estivale. Les feux y sont moins fréquents que dans les deux secteurs précédents. L'épinette noire domine toujours le couvert forestier, mais elle partage la dominance avec le sapin baumier pour former des pessières à épinette noire et à sapin baumier. Bien que peu abondants, le bouleau à papier et le peuplier faux-tremble y atteignent néanmoins leur maximum de représentation.

Le quatrième secteur correspond aux blocs 37 à 43 et s'étend de la rivière Moisie au lac Manitou. Le relief, particulièrement accidenté, consiste en de hautes collines. L'altitude moyenne varie de 400 à 570 m. Les pentes fortes (> 17°) sont nombreuses, et les escarpements rocheux, fréquents le long des vallées. Le till est mince et recouvre partiellement le socle rocheux. Le climat est plus chaud et l'écart entre les températures estivales et hivernales s'amenuise. Les précipitations sont particulièrement abondantes en hiver. Les épidémies d'insectes et les chablis y sont les principales perturbations naturelles. La pessière à épinette noire et à sapin baumier constitue le type de peuplement le plus caractéristique des sites mésiques de ce secteur. On trouve aussi plusieurs forêts improductives (forêts ouvertes à lichens) poussant sur des sols minces bien drainés. C'est d'ailleurs en raison de la grande étendue de ces forêts ouvertes que la cartographie forestière n'a pas été réalisée dans les blocs 44 à 46.

Le cinquième et dernier secteur est situé entre le lac Magpie et la rivière Natashquan (blocs 47 à 57). Il est caractérisé par un relief accidenté formé de collines recouvertes d'une mince couche de till. Les températures moyennes annuelles les plus chaudes sont enregistrées dans ce secteur. L'altitude est moins grande que précédemment et varie de 225 à 340 m. Le sapin baumier est l'espèce dominante. Les sapinières et les sapinières à épinette noire constituent les peuplements forestiers les plus répandus. Ces dernières ont été affectées par des épidémies d'insectes au cours des dernières décennies, dont celle de l'arpenreuse de la pruche (*Lambdina fiscellaria* Guenée) survenue de 1998 à 2002. C'est dans ce secteur que la surface occupée par les forêts âgées de plus de 100 ans est la plus grande.

## Discussion

Un contraste climatique important distingue les parties ouest et est du domaine de la pessière noire à mousses. Le climat de la partie ouest est continental et moins arrosé que celui de la partie est, qui est sous influence maritime en raison de sa proximité avec le golfe du Saint-Laurent et l'océan Atlantique (Proulx et collab., 1987). Les conditions climatiques, qui varient considérablement le long du gradient longitudinal, se manifestent sur le plan écologique par des différences marquées du couvert forestier et du régime des feux.

Contrairement à ce que l'on aurait pu penser, une fréquence des feux moindre dans la partie orientale du transect ne correspond pas à une augmentation marquée des précipitations estivales. En effet, les précipitations enregistrées au cours des mois de juin, de juillet et d'août se comparent à celles de l'ouest (285 vs 290 mm). D'autres variables climatiques, comme une température estivale plus fraîche et une forte humidité relative, contribuent à atténuer l'incidence des feux sur la Côte-Nord. La foudre, qui est responsable de l'allumage de la plupart des feux en forêt boréale (Stocks et collab., 2003; Veraverbeke et collab., 2017), est aussi moins fréquente dans l'est. Les données d'Environnement Canada (2018) indiquent, en effet, que le nombre annuel d'éclairs enregistré à Sept-Îles, près du golfe du Saint-Laurent ( $n = 145$ ) est beaucoup moins élevé que celui de la région de Chibougamau, au climat continental ( $n = 440$ ). Les brouillards fréquents en été sur la Côte-Nord (Hufty, 1968), qui occasionnent des conditions fraîches et humides, sont un autre facteur défavorable à l'allumage et à la propagation des feux. En contrepartie, dans la partie ouest du transect, les températures estivales plus élevées créent des conditions favorables aux feux. Ceux-ci sont plus nombreux et se propagent rapidement lorsque les conditions sont chaudes et sèches (Johnson, 1992; Skinner et collab., 2001; Westerling et collab., 2003). Enfin, la couverture neigeuse, moins abondante dans l'ouest du Québec, contribue aussi à accroître le risque de feu en réduisant la teneur en eau des sols au printemps (Girardin et collab., 2006).

Le régime des feux variable au sein du domaine de la pessière à mousses entraîne des modifications de la composition du couvert végétal. L'un de ces changements est la disparition du pin gris à l'est de Sept-Îles. La présence de

cette espèce est liée de près à l'occurrence des feux. Le pin gris est très bien adapté au feu, grâce au sérotinisme de ses cônes qui retiennent les graines matures. La chaleur dégagée lors d'un incendie forestier favorise l'ouverture des cônes sérotineux et la dispersion massive des graines qui assurent alors la régénération du peuplement (Despots et Payette, 1992; Gauthier et collab., 1993). Les milieux propices au pin gris, comme les terrasses de sable fluvioglaciaire et les collines rocheuses couvertes de tills minces, sont progressivement occupés vers l'est par l'épinette noire. Il en résulte une diminution de la diversité du couvert forestier, puisque l'épinette noire domine déjà la plupart des autres milieux (mésique et humide). Plusieurs études ont montré le rôle fondamental joué par le feu dans la diversité des écosystèmes (Bowman et collab., 2009; Pausas et Ribeiro, 2017). Les feux retardent l'exclusion compétitive au cours de la succession des peuplements, augmentent l'hétérogénéité des paysages et créent de nouvelles niches permettant l'établissement d'un plus grand nombre d'espèces végétales (Pausas et Ribeiro, 2017).

Les feux causent aussi des changements dans la distribution de l'âge des peuplements au sein du paysage forestier. Leur fréquence, leur étendue et leur ampleur déterminent une séquence successionale de communautés végétales, allant des jeunes peuplements après feu aux vieux peuplements (Bergeron et collab., 2004; Heinselman, 1973; Payette et collab., 1989; Weir et collab., 2000). La fréquence plus élevée des feux dans la partie ouest du domaine de la pessière à mousses favorise la formation d'une mosaïque forestière hétérogène, composée d'un ensemble de peuplements dont la distribution des classes d'âge diminue en superficie selon une courbe s'apparentant à une exponentielle négative (Couillard et collab., 2016; Le Goff et collab., 2007). Une telle distribution montre un grand nombre de jeunes peuplements, un nombre décroissant de peuplements plus âgés ainsi qu'un très petit nombre de vieux peuplements ayant survécu aux feux depuis longtemps. La diminution marquée de la fréquence des feux à l'est du lac Mistassini fait en sorte que les paysages deviennent presque exclusivement constitués de forêts âgées de plus de 100 ans. À l'est de Sept-Îles, la structure inéquienne d'un grand nombre de ces forêts laisse croire que plusieurs d'entre elles sont très âgées et n'ont pas connu de perturbations successionales profondes depuis plusieurs centaines d'années (Couillard et collab., 2018; Pollock et Payette, 2010; Ward et collab., 2014).

Le gradient longitudinal du régime de feu dans la pessière noire à mousses se manifeste aussi par une augmentation, vers l'est, des superficies occupées par les forêts improductives. En effet, les pessières à lichens (figure 2a) et les lichénaires deviennent de plus en plus abondantes à l'est de Sept-Îles. Ces écosystèmes se seraient formés à la suite de l'ouverture d'anciennes forêts fermées (Payette et Delwaide, 2018). Le processus menant à une telle transformation a été documenté ailleurs au Québec, notamment au nord du lac Saint-Jean (Côté et collab., 2013; Girard et collab., 2008; 2009; 2011) et au parc national des Grands-Jardins, dans la région de Charlevoix (Jasinski et Payette, 2005; Payette et collab.,

2000). L'ouverture des forêts implique l'influence de différents facteurs causaux (épidémies d'insectes défoliateurs, feux et coupes) agissant en synergie et qui provoquent une chute de la régénération (Payette et Delwaide, 2003). Par exemple, une épidémie d'insectes qui affecte un peuplement forestier diminue fortement la production de graines, et ce, durant plusieurs années (Morin et Laprise, 1990). Si un feu survient durant cette même période, la forêt dense d'origine risque de s'ouvrir graduellement et, ultimement, se transformer en une pessière à lichens (Payette et collab., 2000). Le passage de feux successifs au cours d'un intervalle de temps trop court pour que les arbres atteignent la maturité sexuelle peut aussi provoquer une diminution de la régénération forestière (Lavoie et Sirois, 1998). Par contre, étant donné la faible fréquence des feux dans la région de la Côte-Nord, il est peu probable que les perturbations successives soient le principal facteur impliqué dans l'ouverture des forêts. La transformation de la forêt fermée en pessière à lichens semble plutôt attribuable au fait que les feux ne parviennent pas à consumer l'épaisse couche de débris organiques, généralement composée d'éricacées, qui caractérise un grand nombre de forêts de cette région. La couche de matière organique noircie qui en résulte est défavorable à la survie des plantules d'épinette noire, ce qui mène ensuite à l'ouverture de la forêt (Veilleux-Nolin et Payette, 2012). Le nombre de niches favorables à la survie des plantules est aussi largement réduit dans l'est de la pessière, en raison de la diminution marquée des substrats humides dominés par la sphaigne qui fournissent l'un des meilleurs lits de germination pour les semences (Boiffin et Munson, 2013; Veilleux-Nolin et Payette, 2012).

Les changements des conditions écologiques qui surviennent le long du gradient longitudinal permettent d'identifier 5 secteurs qui se distinguent en fonction du climat, des caractéristiques physiographiques, des perturbations et de la végétation. Certains secteurs sont similaires à des zones écologiques décrites dans différents travaux de classification écologique. Par exemple, la limite entre les 2 sous-domaines bioclimatiques du système de classification écologique du MFFP (Saucier et collab., 2011) correspond à la jonction entre les secteurs 2 et 3 près du lac Manouane. Le lac Mistassini, situé à la jonction entre les secteurs 1 et 2, correspond aussi à une limite écologique décrite dans les travaux de classification des unités homogènes (Grondin et collab., 2007). En contrepartie, les secteurs plus à l'est ne sont pas mis clairement en évidence dans les travaux de classification écologique, ces derniers donnant plutôt préséance aux changements de végétation qui surviennent depuis la côte (estuaire et golfe du Saint-Laurent) vers l'intérieur du continent.

## Conclusion

La structure écologique et la composition floristique du domaine bioclimatique de la pessière noire à mousses au Québec varient fortement selon la longitude. Sur l'ensemble

de son parcours de 1 600 km, les conditions climatiques contrastées d'ouest en est causent une profonde différenciation du régime des perturbations et du couvert forestier. Notre analyse cartographique du portrait écologique du domaine de la pessière noire à mousses a permis de mettre en évidence une diminution de la diversité forestière et l'augmentation de la proportion des pessières à lichens et des lichénaires en progressant depuis l'ouest jusqu'à l'est. L'ampleur des changements montre qu'il est primordial de considérer le gradient longitudinal pour expliquer la répartition des formations végétales de la forêt boréale, au même titre que le gradient latitudinal qui, lui, est plus souvent étudié. Même si cette analyse se limite à la période contemporaine, elle nous laisse penser que les feux ont joué un rôle historique prépondérant dans la mise en place du gradient écologique ouest-est qui caractérise la végétation forestière. Afin d'évaluer la portée, il faudrait acquérir des connaissances supplémentaires sur le régime des feux et le climat depuis la déglaciation à l'aide de techniques paléoécologiques permettant de reconstituer l'évolution des écosystèmes depuis la dernière glaciation.

En raison des changements climatiques en cours et anticipés, il est aussi important de comprendre les processus écologiques qui ont mis en place les écosystèmes afin de prédire leur évolution à différentes échelles de temps et d'espace. Il est de plus en plus admis que l'augmentation prévue des températures poussera certaines espèces vers le nord et modifiera leur aire de répartition. Toutefois, il est beaucoup plus difficile de prédire l'effet des changements climatiques sur la répartition longitudinale des espèces, celle-ci dépendant davantage du gradient de précipitations. Dans ce contexte, le gradient longitudinal qui caractérise aujourd'hui la répartition de la végétation du domaine de la pessière noire à mousses demeurera-t-il aussi contrasté? Notre analyse cartographique de cette grande région est un premier pas pour tenter de répondre à cette question. L'étude de l'évolution de la végétation portant sur le climat et les feux au cours de l'Holocène permettra de mieux comprendre comment le domaine de la pessière noire à mousses pourrait changer face aux changements climatiques et du régime des perturbations de ce siècle.

## Remerciements

Cette étude a été rendue possible grâce au financement accordé par le ministère des Forêts de la Faune et des Parcs par le biais du Fonds vert (Action 27.5 – Vulnérabilité des forêts et des activités forestières aux changements climatiques). Nous avons apprécié la collaboration de Valérie Roy et Ann Delwaide pour leur aide lors de la confection des figures. Nous remercions les deux évaluateurs anonymes dont les commentaires et suggestions ont permis d'améliorer la première version du manuscrit, ainsi que toute l'équipe du *Naturaliste canadien* pour le travail d'édition. ◀

## Références

- BERGERON, Y., S. GAUTHIER, M. FLANNIGAN et V. KAFKA, 2004. Fire regimes at the transition between mixedwood and coniferous boreal forest in northwestern Quebec. *Ecology*, 85: 1916-1932.
- BOIFFIN, J. et A.D. MUNSON, 2013. Three large fire years threaten resilience of closed crown black spruce forests in eastern Canada. *Ecosphere*, 4: art. 56.
- BOUCHARD, M. et D. POTHIER, 2010. Spatiotemporal variability in tree and stand mortality caused by spruce budworm outbreaks in eastern Quebec. *Canadian Journal of Forest Research*, 40: 86-94.
- BOUCHARD, M., D. POTHIER et S. GAUTHIER, 2008. Fire return intervals and tree species succession in the North Shore region of eastern Quebec. *Canadian Journal of Forest Research*, 38: 1621-1633.
- BOWMAN, D.M.J.S., J.K. BALCH, P. ARTAXO, W.J. BOND, J.M. CARLSON, M.A. COCHRANE, C.M. D'ANTONIO, R.S. DEFRIES, J.C. DOYLE, S.P. HARRISON, F.H. JOHNSTON, J.E. KEELEY, M.A. KRAWCHUK, C.A. KULL, J.B. MARSTON, M.A. MORITZ, I.C. PRENTICE, C.I. ROOS, A.C. SCOTT, T.W. SWETNAM, G.R. VAN DER WERF et S.J. PYNE, 2009. Fire in the earth system. *Science*, 324: 481-484.
- CÔTÉ, D., F. GIRARD, F. HÉBERT, S. BOUCHARD, R. GAGNON et D. LORD, 2013. Is the closed crown boreal forest resilient after successive stand disturbances? A quantitative demonstration from a case study. *Journal of Vegetation Science*, 24: 664-674.
- COUILLARD, P.-L., M. FRÉGEAU, S. PAYETTE, P. GRONDIN, M. LAVOIE et J. LAFLAMME, 2016. Dynamique et variabilité naturelle de la pessière à mousses au nord de la région du Lac-Saint-Jean, Québec. Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction des inventaires forestiers, 35 p. Disponible en ligne à : <https://mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/rapport-dynamique.pdf>.
- COUILLARD, P.-L., S. PAYETTE, M. LAVOIE et M. FRÉGEAU, 2018. Macrocharcoal-based chronosequences reveal shifting dominance of conifer boreal forests under changing fire regime. *Ecosystems*, 21: 1183-1195.
- DESPONTS, M. et S. PAYETTE, 1992. Recent dynamics of jack pine at its northern distribution limit in the northern Quebec. *Canadian Journal of Botany*, 70: 1157-1167.
- ENVIRONNEMENT CANADA, 2018. Archives climatiques nationales du Canada. Disponible en ligne à : <http://climate.weatheroffice.gc.ca>. [Visité le 2018-05-15].
- GAUTHIER, S., Y. BERGERON et J.-P. SIMON, 1993. Cone serotiny in jack pine: ontogenetic, positional, and environmental effects. *Canadian Journal of Forest Research*, 23: 394-401.
- GIRARD, F., S. PAYETTE et R. GAGNON, 2008. Rapid expansion of lichen woodlands within the closed-crown boreal forest zone over the last 50 years caused by stand disturbances in eastern Canada. *Journal of Biogeography*, 35: 529-537.
- GIRARD, F., S. PAYETTE et R. GAGNON, 2009. Origin of the lichen-spruce woodland in the closed-crown forest zone of eastern Canada. *Global Ecology and Biogeography*, 18: 291-303.
- GIRARD, F., S. PAYETTE et R. GAGNON, 2011. Dendroecological analysis of black spruce in lichen-spruce woodlands of the closed-crown forest zone in eastern Canada. *Ecoscience*, 18: 279-294.
- GIRARD, F., L. DE GRANDPRÉ et J.-C. RUEL, 2014. Partial windthrow as a driving process of forest dynamics in old-growth boreal forests. *Canadian Journal of Forest Research*, 44: 1165-1176.
- GIRARDIN, M.P., J. TARDIF, M.D. FLANNIGAN et Y. BERGERON, 2006. Synoptic-scale atmospheric circulation and boreal Canada summer drought variability of the past three centuries. *Journal of Climate*, 19: 1922-1947.
- GRONDIN, P., J. NOËL et D. HOTTE, 2007. L'intégration de la végétation et de ses variables explicatives à des fins de classification et de cartographie d'unités homogènes du Québec méridional. Mémoire de recherche forestière n° 150, ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec, Direction de la recherche forestière, Québec, 62 p. Disponible en ligne à : <https://mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Grondin-Pierre/Memoire150.pdf>.
- HEINSELMAN, M.L., 1973. Fire in the virgin forests of the Boundary Waters Canoe Area, Minnesota. *Quaternary Research*, 3: 329-382.
- HUFTY, A., 1968. Les climats thermiques du Québec méridional. *Cahiers de géographie du Québec*, 12: 25-47.
- JASINSKI, J.P.P. et S. PAYETTE, 2005. The creation of alternative stable states in the southern boreal forest, Québec, Canada. *Ecological Monographs*, 75: 561-583.
- JOHNSON, E.A., 1992. Fire and vegetation dynamics: studies from the North American boreal forest. Cambridge University Press, Cambridge, 129 p.
- LAVOIE, L. et L. SIROIS, 1998. Vegetation changes caused by recent fires in the northern boreal forest of eastern Canada. *Journal of Vegetation Science*, 9: 483-492.
- LE GOFF, H., M.D. FLANNIGAN, Y. BERGERON et M.P. GIRARDIN, 2007. Historical fire regime shifts related to climate teleconnections in the Waswanipi area, central Quebec, Canada. *International Journal of Wildland Fire*, 16: 607-618.
- LOGAN, T., I. CHARRON, D. CHAUMONT et D. HOULE, 2011. Atlas de scénarios climatiques pour la forêt québécoise. Ouranos et ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec, 55 p. Disponible en ligne à : <https://agriclimat.ca/wp-content/uploads/2018/10/1.-Atlas-climatique-for%C3%A4t.pdf>.
- MORIN, H. et D. LAPRISE, 1990. Histoire récente des épidémies de la tordeuse des bourgeons de l'épinette au nord du lac Saint-Jean, Québec : une analyse dendrochronologique. *Canadian Journal of Forest Research*, 20: 1-8.
- [MRN] MINISTÈRE DES RESSOURCES NATURELLES, 1999. Base de données topographiques du Québec (BDTQ) à l'échelle de 1/20 000, Normes de production, version 1.0. Direction de la cartographie topographique, Québec, 322 p.
- [MRNF] MINISTÈRE DES RESSOURCES NATURELLES ET DE LA FAUNE, 2009. Normes de cartographie écoforestière, Troisième inventaire écoforestier. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec, Direction des inventaires forestiers, Québec, 95 p. Disponible en ligne à : <https://mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/norme-cartographie-ecoforestiere.pdf>.
- OKSANEN, J., F.G. BLANCHET, M. FRIENDLY, R. KINDT, P. LEGENDRE, D. MCGLENN, P.R. MINCHIN, R.B. O'HARA, G.L. SIMPSON, P. SOLYMOS, M.H.H. STEVENS, E. SZOECs et H. WAGNER, 2017. Vegan: Community Ecology Package. R package version 2.4-5.
- PAUSAS, J.G. et E. RIBEIRO, 2017. Fire and plant diversity at the global scale. *Global Ecology and Biogeography*, 26: 889-897.
- PAYETTE, S., 1992. Fire as a controlling process in the North American boreal forest. Dans : SHUGART, H.H., R. LEEMANS et G.B. BONAN (éd.). A systems analysis of the global boreal forest. Cambridge University Press, Cambridge, p. 144-165.
- PAYETTE, S. et A. DELWAIDE, 2003. Shift of conifer boreal forest to lichen-heath parkland caused by successive stand disturbances. *Ecosystems*, 6: 540-550.
- PAYETTE, S. et A. DELWAIDE, 2018. Tamm review: The North-American lichen woodland. *Forest Ecology and Management*, 417: 167-183.
- PAYETTE, S., C. MORNEAU, L. SIROIS et M. DESPONTS, 1989. Recent fire history of the northern Québec biomes. *Ecology*, 70: 656-673.
- PAYETTE, S., N. BHIRY, A. DELWAIDE et M. SIMARD, 2000. Origin of the lichen woodland at its southern range limit in eastern Canada: the catastrophic impact of insect defoliators and fire on the spruce-moss forest. *Canadian Journal of Forest Research*, 30: 288-305.
- POLLOCK, S.L. et S. PAYETTE, 2010. Stability in the patterns of long-term development and growth of the Canadian spruce-moss forest. *Journal of Biogeography*, 37: 1684-1697.
- PROULX, H., G. JACQUES, A. M. LAMOTHE et J. LITYNSKI, 1987. Climatologie du Québec méridional. Rapport n° 65, ministère de l'Environnement du Québec, Direction de la météorologie, Québec, 131 p.

- R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2011. R: A language and environment for statistical computing. Software, R Foundation for Statistical Computing. Vienne, Autriche. Disponible en ligne à : <http://www.R-project.org/>.
- ROBITAILLE, A., D. ROBERT, J.-P. SAUCIER et F. CHÉNARD, 1994. Cartographie des districts écologiques; normes et techniques. Ministère des Ressources naturelles du Québec, Direction de la gestion des stocks forestiers, Québec, 109 p. Disponible en ligne à : <https://mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/carto-district-ecol-normes-et-tech-4.pdf>.
- SAUCIER, J.-P., A. ROBITAILLE, P. GRONDIN, J.-F. BERGERON et J. GOSSELIN, 2011. Les régions écologiques du Québec méridional (4<sup>e</sup> version). Carte à l'échelle de 1/1 250 000. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec. Disponible en ligne à : <https://mffp.gouv.qc.ca/forets/inventaire/pdf/carte-regions-ecologiques.pdf>.
- SKINNER, W.R., M.D. FLANNIGAN, B.J. STOCKS, D.M. MARTELL, B.M. WOTTON, J.B. TODD, J.A. MASON, K.A. LOGAN et E.M. BOSCH, 2001. A 500 mb synoptic wildland fire climatology from large Canadian forest fires, 1959–1996. *Theoretical and Applied Climatology*, 71 : 157-169.
- STOCKS, B.J., J.A. MASON, J.B. TODD, E.M. BOSCH, B.M. WOTTON, B.D. AMIRO, M.D. FLANNIGAN, K.G. HIRSH, K.A. LOGAN, D.L. MARTELL et W.R. SKINNER, 2003. Large forest fires in Canada, 1959-1997. *Journal of Geophysical Research*, 108 (D1) : 8149.
- VEILLEUX-NOLIN, M. et S. PAYETTE, 2012. Influence of recent fire season and severity on black spruce regeneration in spruce-moss forests of Quebec, Canada. *Canadian Journal of Forest Research*, 42 : 1316-1327.
- VERAVERBEKE, S., B.M. ROGERS, M.L. GOULDEN, R.R. JANDT, C.E. MILLER, E.B. WIGGINS et J.T. RANDERSON, 2017. Lightning as a major driver of recent large fires years in North American boreal forests. *Nature Climate Change*, 7 : 529-534.
- WARD, C., D. POTHIER et D. PARÉ, 2014. Do boreal forests need fire disturbance to maintain productivity? *Ecosystems*, 17 : 1053-1067.
- WEIR, J.M.H., E.A. JOHNSON et K. MIYANISHI, 2000. Fire frequency and the spatial age mosaic of the mixed-wood boreal forest in the western Canada. *Ecological Applications*, 10 : 1162-1177.
- WESTERLING, A.L., T.J. BROWN, A. GERSHUNOV, D.R. CAYAN et M.D. DETTINGER, 2003. Climate and wildfire in the Western United States. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 84 : 595-604.



**Yvan Bedard**  
PHOTONATURE  
Ph.D. Prof. émérite  
Neuville, Qc  
Canada G0A 2R0  
1-418-561-7046

[yvan\\_bedard@hotmail.com](mailto:yvan_bedard@hotmail.com)  
PHOTOS-LICENCES-COURS-CONSEILS  
<http://yvanbedardphotonature.com>



**Aubé  
Anctil  
Pichette  
& Associés**

Comptables agréés | Société en nom collectif

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

# Premières mentions de vers de terre au parc naturel et historique de l'île aux Basques

Jean-David Moore

## Résumé

Deux espèces exotiques de vers de terre, d'origine européenne, ont été trouvées à plusieurs endroits au parc naturel et historique de l'île aux Basques (Québec, Canada). Il s'agit des premières mentions de vers de terre sur cette île. Cet article ne permet pas d'établir avec certitude quand les vers de terre sont arrivés sur l'île. Ceux-ci pourraient avoir été involontairement introduits par les Basques dès les 16<sup>e</sup> et 17<sup>e</sup> siècles. D'autres sources potentielles d'introduction sont également discutées. Pour le moment, il est difficile d'évaluer l'ampleur des effets qu'ont pu avoir les vers de terre sur les différents écosystèmes de l'île, étant donné l'absence de suivi à long terme et d'inventaires approfondis. Cependant, les espèces de vers de terre recensées jusqu'à maintenant sur l'île ont généralement des effets moindres sur les écosystèmes que ceux d'autres espèces exotiques de vers de terre européens présentes au Québec. Des inventaires supplémentaires seraient nécessaires afin de documenter si de telles espèces sont présentes, l'ampleur du phénomène de colonisation par les vers de terre, et les effets potentiels de celle-ci sur les écosystèmes de cette île.

**MOTS CLÉS:** *Dendrodrilus rubidus*, espèces exotiques envahissantes, Lumbricidae, *Lumbricus rubellus*, vers de terre

## Abstract

Two exotic earthworm species from Europe were observed at several locations in the Parc naturel et historique de l'île aux Basques (Québec, Canada). These are the first records of earthworms from this island. While it is not possible to establish with certainty when they became established there, they could have been unintentionally introduced by the Basques as early as the 16<sup>th</sup> and 17<sup>th</sup> centuries. Other potential sources of introduction are also discussed. At the moment, given the lack of long-term monitoring and in-depth surveys, it is difficult to evaluate the extent of the effects that earthworms may have had on the various ecosystems found on the island. However, the 2 species so far observed there generally have much more limited impacts than other European earthworm species found in Québec. Additional surveys would be required to document whether some of the latter species are present on the island, the extent of the earthworm colonization, and the potential effects of this on the ecosystems present.

**KEYWORDS:** *Dendrodrilus rubidus*, earthworms, exotic invasive species, Lumbricidae, *Lumbricus rubellus*

## Introduction

Depuis l'arrivée des colons européens, des vers de terre exotiques ont colonisé les sols de plusieurs forêts de l'Amérique du Nord soumises à la dernière glaciation (Moore et collab., 2009; 2015a). Les espèces que l'on y trouve sont, pour la plupart, d'origine européenne (Gates, 1982; Reynolds, 1995), mais certaines, d'origine asiatique, ont également été répertoriées au cours des récentes décennies dans le Nord-Est américain et en Ontario (Moore et collab., 2018). Au Québec, sur les 20 espèces de vers de terre répertoriées à ce jour, 18 sont d'origine européenne tandis que les 2 autres sont indigènes (Reynolds, 2014; Reynolds et Reynolds, 1992). Les observations de vers indigènes sont toutefois rarissimes (Reynolds, 2014; Reynolds et Reynolds, 1992).

Au Québec, on trouve les vers de terre principalement sur la rive sud du fleuve Saint-Laurent, dans un corridor d'environ 150 km sur la rive nord de ce cours d'eau et le long des routes principales en direction du Lac-Saint-Jean, de La Tuque et de Maniwaki (figure 1). L'aire de répartition documentée sur la rive nord est probablement influencée par la méthode utilisée pour les inventaires, ces derniers ayant été principalement réalisés le long de certains axes

routiers principaux. Bien que certains écosystèmes forestiers québécois ne soient pas encore colonisés par les vers de terre (Moore et collab., 2009), la présence d'un certain type d'humus (mull<sup>1</sup>), noté lors de l'inventaire écologique des forêts québécoises réalisé de 1986 à 2000 (figure 1), laisse croire que leur répartition sur la rive nord du fleuve Saint-Laurent pourrait s'étendre au-delà de la zone connue actuellement. De plus, on a découvert récemment des vers de terre dans des écosystèmes forestiers boréaux du Québec, parmi les rares mentions en forêt boréale nord-américaine (figure 1; Moore et collab., 2009; Moore, J.-D., observations personnelles non publiées).

Jean-David Moore est ingénieur forestier et chercheur scientifique à la Direction de la recherche forestière du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec.

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

1. L'humus de type mull est présent dans les forêts sur sols riches et peu acides. L'activité biologique y est intense, principalement celle des vers de terre exotiques. La litière (feuilles mortes) est rapidement incorporée au sol.

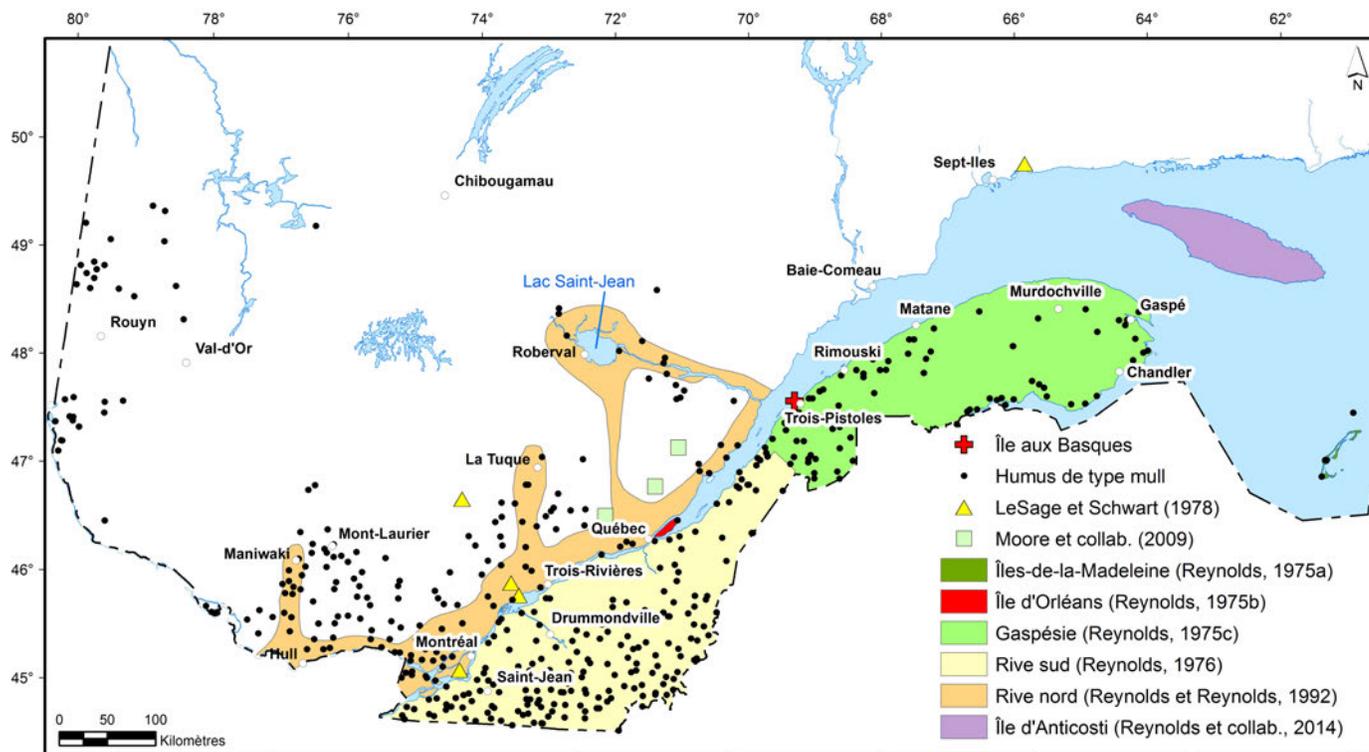


Figure 1. Historique des principaux secteurs d'échantillonnages (zones et symboles en couleur sur la carte) des vers de terre au Québec. Sur les 20 espèces de vers de terre répertoriées lors de ces inventaires, 18 sont d'origine européenne et 2 sont indigènes. Les observations de vers indigènes sont toutefois rarissimes. Les points noirs représentent les endroits où l'on a noté la présence d'humus de type mull au cours de l'inventaire écologique des écosystèmes forestiers réalisé de 1986 à 2000 par le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec.

Les vers de terre exotiques sont encore considérés comme bénéfiques en agriculture et comme de bons indicateurs de la fertilité et de la qualité des sols. Néanmoins, de plus en plus d'études rapportent qu'ils ont des effets négatifs significatifs sur la structure et la fonction des écosystèmes forestiers du nord-est de l'Amérique du Nord depuis leur introduction (Bohlen et collab., 2004a; 2004b; Evers et collab., 2012; Frelich et collab., 2006). Plus particulièrement, l'invasion par les vers de terre exotiques soulève de plus en plus de préoccupations parmi les écologistes et les gestionnaires forestiers quant au maintien de la biodiversité (Addison, 2009; Evers et collab., 2012; Hendrix et collab., 2008; Moore et collab., 2015b; Sutherland et collab., 2011) et des processus naturels des forêts en Amérique du Nord (Eisenhauer et collab., 2009; Larson et collab., 2010; Nuzzo et collab., 2009).

### Effets potentiels sur les écosystèmes forestiers

Deux des effets les plus spectaculaires de l'invasion par les vers de terre en milieu forestier sont la disparition rapide de la litière à la surface du sol et le changement de la structure de celui-ci (Bohlen et collab., 2004a; Edwards et Bohlen, 1996; Langmaid, 1964; Szlávecz et collab., 2011). Ces changements peuvent engendrer des conséquences importantes sur les écosystèmes forestiers, particulièrement sur la biodiversité et la dynamique forestière. Ainsi, de nombreuses études récentes ont démontré que l'invasion par les vers de terre européens

pouvait modifier le cortège des plantes de sous-bois (Cassin et Kotanen, 2016; Gundale, 2002; Hale et collab., 2006; Nuzzo et collab., 2009) et la dynamique forestière (Bal et collab., 2018; Eisenhauer et collab., 2009; Forey et collab., 2011; Hale et collab., 2006). Dans certains cas, ce phénomène peut occasionner la disparition de plantes indigènes (Gundale, 2002; Hale et collab., 2006) ou favoriser des plantes exotiques (Frelich et collab., 2006; Nuzzo et collab., 2009; Regnier et collab., 2008).

La présence des vers de terre peut également contribuer au déclin des populations d'oiseaux qui nichent au sol (Fox et collab., 2010; Loss et Blair, 2011), de certaines salamandres forestières (Maerz et collab., 2009; Ziembra et collab., 2016), ainsi que d'autres espèces indigènes de la faune du sol (Migge-Kleian et collab., 2006). En effet, en forêt décidue et mixte, certains vers de terre européens, comme l'espèce anécique<sup>2</sup> *Lumbricus terrestris* et certaines espèces asiatiques, ont un effet marqué sur l'incorporation de la litière, qui sert d'habitat à plusieurs espèces fauniques.

Les objectifs de cette étude sont de documenter la présence de vers de terre au parc naturel et historique de l'île aux Basques et de discuter de leurs effets potentiels sur cet écosystème.

2. Les espèces anéciques (par exemple, *Lumbricus terrestris*) sont des vers de grande taille (11,1 à 30,0 cm) qui creusent de profonds tunnels verticaux, s'alimentent principalement de la litière de surface, incorporent cette litière dans le sol et transportent à la surface des particules du sol minéral d'horizons plus profonds.

## L'île aux Basques

L'île aux Basques est située dans l'estuaire du fleuve Saint-Laurent, dans la région physiographique des Appalaches (Société Provancher d'histoire naturelle du Canada, 1997). Elle se trouve à environ 5 km au nord de la ville de Trois-Pistoles. Elle mesure environ 2 km de long par 0,4 km de large, pour une superficie totale d'environ 1 km<sup>2</sup>. Son altitude maximale est de 50 m. La majeure partie de l'île est boisée. Elle est exposée à de forts vents du large et à des conditions climatiques rigoureuses. Il n'est donc pas surprenant d'y rencontrer un cortège de végétaux que l'on trouve habituellement beaucoup plus au nord. Les principales essences forestières sont le sapin baumier (*Abies balsamea*), l'épinette blanche (*Picea glauca*), le bouleau à papier (*Betula papyrifera*) et le peuplier faux-tremble (*Populus tremuloides*). L'assise rocheuse est composée de roches sédimentaires et les sols y sont habituellement très minces.

La Société Provancher a acquis l'île aux Basques en 1929. Depuis, c'est une aire protégée en tant que refuge pour les oiseaux migrateurs. En 2001, l'île aux Basques a été reconnue comme lieu historique national du Canada (Desmartis, 2002). Par ailleurs, mis à part celles sur les insectes (Perron, 1997), aucune étude sur les invertébrés n'a été réalisée sur cette île.

## Observations

Les vers de terre ont été observés de manière fortuite à 12 endroits le long de sentiers pédestres en milieu forestier, sous des débris ligneux (figure 2). Les observations ont été réalisées durant le jour, du 4 au 7 août 2017 et du 14 au 17 août 2018, dans des peuplements forestiers composés de sapins, d'épinettes blanches et, dans une moindre mesure, de bouleaux à papier (sentier de la traverse, route des Basques), ainsi que dans d'autres composés surtout de bouleaux à papier (sentier de la falaise). Vingt spécimens de vers de terre ont été prélevés à la surface du sol pour identification; ils seront ultérieurement déposés dans la collection de la Société Provancher d'histoire naturelle du Canada à l'Université Laval. L'identification a été réalisée à l'aide de la clé d'identification de Reynolds et Reynolds (1992). À cause du risque de perturber le milieu, la caractérisation du sol à l'aide de pédon et de tarière n'a pas été possible. Toutefois, un prélèvement du sol en contact avec les vers de terre nous a permis d'en évaluer les principales caractéristiques en laboratoire. Le contenu en matière organique a été déterminé par perte au feu. Le pH a été mesuré avec de l'eau déminéralisée (rapport sol : solution de 1 : 2,5). La capacité d'échange cationique (CEC) a été calculée en faisant la somme des cations échangeables (acides et basiques). La saturation en bases a été calculée comme le rapport cations basiques : CEC. Ainsi, l'échantillon prélevé indique que le sol où se trouvaient les vers de terre avait un contenu en matière organique de 84 % et était relativement fertile (pH<sub>eau</sub> : 5,38; CEC : 41 cmol·kg<sup>-1</sup>; saturation en bases : 100 %).

Deux espèces de vers de terre de la famille des Lumbricidae, d'origine européenne, ont été trouvées à plusieurs endroits. Il s'agit des premières mentions de vers de terre sur l'île aux Basques. L'espèce la plus fréquemment



Jean-David Moore

Figure 2. Exemple de débris ligneux sous lesquels les vers de terre ont été observés le long de sentiers pédestres de l'île aux Basques.



Jean-David Moore

Figure 3. *Lumbricus rubellus* est l'espèce la plus fréquemment observée à l'île aux Basques.

observée est *Lumbricus rubellus* (figure 3). Cette espèce est épiendogée (Tiunov et collab., 2006; Wironen et Moore, 2006), c'est-à-dire qu'elle vit principalement dans les couches superficielles du sol. Elle se nourrit de matière organique à la surface et s'enfouit dans sa galerie plus profondément dans le sol minéral. Elle préfère habituellement les sols ayant une forte teneur en matière organique et un pH près de la neutralité, mais peut supporter des pH aussi bas que 3,8 (Wironen et Moore, 2006). Selon certaines études, *L. rubellus* n'est pas tolérant au gel (Holmstrup et Zachariassen, 1996; Tiunov et collab., 2006). Tiunov et collab. (2006) mentionnent toutefois que cette espèce a été trouvée à plusieurs endroits en Russie, au nord du 60° degré de latitude Nord et au-delà du cercle arctique. La présence de cette espèce à l'île aux Basques et dans certaines régions nordiques laisse croire qu'elle peut s'enfouir assez profondément dans le sol pour se protéger du froid, ou que la couverture de neige au sol dans ces régions est

suffisante pour la protéger contre le gel. Puisque les sols sont généralement très minces sur l'île aux Basques, la deuxième explication semble la plus plausible. *Lumbricus rubellus* est considérée comme l'une des espèces envahissantes les plus répandues dans le monde (Global invasive species database, 2017), y compris au Québec (Reynolds, 2010; Reynolds, 2014). Sa croissance est très rapide (Greiner et collab., 2012), une caractéristique que partagent plusieurs espèces envahissantes (Sakai et collab., 2001).

La seconde espèce observée est *Dendrodrilus rubidus*. C'est une espèce épigée, c'est-à-dire qui vit principalement à la surface du sol, dans la matière organique. Elle peut tolérer les sols très acides, avec un pH aussi bas que 3,4 (Moore et collab., 2009). *Dendrodrilus rubidus* est une espèce très tolérante au gel (Holmstrup et Zachariassen, 1996; Tiunov et collab., 2006) et ses cocons peuvent supporter des températures allant jusqu'à -35 °C (Berman et collab., 2002; Dymond et collab., 1997).

Dans ce contexte, il n'est donc pas surprenant que ces 2 espèces aient déjà été trouvées en forêt boréale au Québec (Moore et collab., 2009), voire dans la toundra et au-delà du cercle arctique du nord-est de l'Europe (Perel, 1979; Terhivuo, 1988; Tiunov et collab., 2006). Elles sont également présentes sur les rives sud et nord du fleuve Saint-Laurent à proximité de l'île aux Basques (Reynolds, 2010). Par conséquent, la présence de *L. rubellus* et *D. rubidus* n'est pas surprenante sous le climat et dans le sol acide de l'île aux Basques.

### Hypothèses pour expliquer la présence des vers de terre

Cette étude ne permet pas de déterminer avec certitude quand les vers de terre se sont établis à l'île aux Basques. L'hypothèse la plus vraisemblable est qu'ils aient été involontairement introduits soit par les Basques aux 16<sup>e</sup> et 17<sup>e</sup> siècles, soit lors de l'établissement et de l'exploitation de la ferme à la pointe ouest de l'île au 19<sup>e</sup> siècle. Une autre possibilité est qu'ils aient été apportés volontairement (*L. rubellus*) ou accidentellement (*D. rubidus*) par des visiteurs pour être utilisés comme appât pour la pêche sportive dans le fleuve. *Dendrodrilus rubidus* n'est pas utilisé pour la pêche, mais ses cocons et de jeunes spécimens peuvent être présents dans le substrat contenant *L. rubellus*. En fait, la pratique de la pêche sportive est souvent la cause principale pour expliquer la présence des vers de terre dans plusieurs écosystèmes forestiers (Moore et collab., 2009). Le contenu des récipients renfermant à la fois des vers et des cocons est souvent abandonné à proximité des secteurs de pêche.

### Effets potentiels des espèces de vers de terre observées

Plusieurs études font état d'une migration annuelle maximale de 10 m pour les vers de terre (Curry et Boyle, 1987; Marinissen et van den Bosch, 1992; van Rhee, 1969). Dans ce contexte, et considérant que les vers de terre ont probablement été introduits il y a au moins 200 ans, il y a de fortes chances qu'une grande partie de l'île soit à présent colonisée.

Pour le moment, il est difficile d'évaluer l'ampleur des effets qu'ont pu avoir les vers de terre sur les différents écosystèmes de l'île, étant donné l'absence de suivi à long terme et d'inventaires plus approfondis. Les effets de l'introduction de vers de terre exotiques sur les écosystèmes de l'île aux Basques pourraient être évalués si l'on trouvait des secteurs n'ayant pas encore été colonisés, et que l'on comparait certaines de leurs caractéristiques (p. ex. : sol, végétation, faune du sol) avec celles des secteurs colonisés. La comparaison pourrait aussi être envisagée avec des îles voisines qui n'auraient pas encore été colonisées, bien qu'il soit possible qu'elles aient subi un régime de perturbations différent.

Le principal effet négatif appréhendé de l'invasion des vers de terre exotiques à l'île aux Basques serait une modification du type d'humus par l'incorporation de la litière dans le sol minéral, particulièrement dans les secteurs de forêts décidues et mixtes où les feuilles forment une composante importante de la litière. La « disparition » de la litière à la surface du sol pourrait engendrer une perte d'habitat pour certains organismes qui dépendent de ce milieu pour se réfugier, s'alimenter ou se reproduire. Ultimement, cette modification d'habitat pourrait avoir des effets en cascade sur des groupes de vertébrés supérieurs.

La colonisation des écosystèmes forestiers de l'île aux Basques par les vers de terre exotiques pourrait également contribuer à modifier la disponibilité de certains éléments nutritifs du sol, la dynamique du carbone et la structure du sol, ce qui entraînerait des effets sur certaines populations floristiques et fauniques.

Cependant, les espèces de vers de terre recensées jusqu'à maintenant sur l'île ont généralement des effets limités sur les écosystèmes, en raison de leur grosseur et de leur action en surface, comparativement à d'autres espèces exotiques européennes comme *L. terrestris* et certaines espèces asiatiques. De plus, ils sont relativement peu abondants. Bien qu'il soit probable que de futurs inventaires révèlent la présence d'autres espèces européennes, dont *L. terrestris*, il serait surprenant de trouver des espèces asiatiques sur l'île dans un avenir rapproché, étant donné leur répartition actuelle et leur exigence quant à la température (Moore et collab., 2018). Des inventaires supplémentaires seraient toutefois nécessaires afin de documenter la présence d'autres espèces de vers de terre, l'ampleur du phénomène de colonisation par ceux-ci et ses effets potentiels sur les écosystèmes de l'île aux Basques.

Par ailleurs, il n'existe actuellement aucune méthode efficace pour éradiquer les populations de vers de terre exotiques sans effets indésirables sur d'autres organismes non ciblés (Keller et collab., 2007). L'une des façons de minimiser les risques d'introduction future d'espèces exotiques potentiellement envahissantes serait de sensibiliser les visiteurs aux dommages que peut causer leur introduction sur les écosystèmes et les espèces indigènes. En effet, plus particulièrement pour les vers de terre, Seidl et Klepeis (2011) mentionnent que le risque d'introduction dans de nouveaux environnements est élevé, en raison de la perception positive que les gens ont des vers de terre.

## Remerciements

L'auteur tient à remercier le personnel du Laboratoire de chimie inorganique et organique de la Direction de la recherche forestière du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec pour les analyses chimiques effectuées sur les sols, Bruno Drolet, rédacteur en chef *ad hoc* et les réviseurs anonymes pour leurs précieux commentaires, Agathe Cimon, Andrew P. Coughlan et Denise Tousignant pour la révision linguistique du manuscrit ainsi que John W. Reynolds pour la confirmation de l'identification des vers de terre. Une autorisation a été obtenue auprès du gardien de l'île aux Basques, M. Jean-Pierre Rioux, avant d'effectuer les prélèvements de sol et de vers de terre. ◀

## Références

- ADDISON, J.A., 2009. Distribution and impacts of invasive earthworms in Canadian forest ecosystems. *Biological Invasions*, 11: 59-79.
- BAL, T.L., A.J. STORER et M.F. JURGENSEN, 2018. Evidence of damage from exotic invasive earthworm activity was highly correlated to sugar maple dieback in the Upper Great Lakes Region. *Biological Invasions*, 20: 151-164. <https://doi.org/10.1007/s10530-017-1523-0>.
- BERMAN, D., E.N. MESHCHERYAKOVA, A.V. ALFIMOV et A.N. LEIRIKH, 2002. Distribution of the earthworm *Dendrobaena octaedra* (Lumbricidae, Oligochaeta) in the Northern Holarctic is restricted by its insufficient freeze tolerance. *Zoologichesky Zhurnal*, 81: 1210-1221 (en russe).
- BOHLEN, P.J., P.M. GROFFMAN, T.J. FAHEY, M.C. FISK, E. SUÁREZ, D.M. PELLETIER et R.T. FAHEY, 2004a. Ecosystem consequences of exotic earthworm invasion of north temperate forests. *Ecosystems*, 7: 1-12.
- BOHLEN, P.J., S. SCHEU, C.M. HALE, M.A. MCLEAN, S. MIGGE, P.M. GROFFMAN et D. PARKINSON, 2004b. Non-native invasive earthworms as agents of change in northern temperate forests. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2: 427-435.
- CASSIN, C.M. et P.M. KOTANEN, 2016. Invasive earthworms as seed predators of temperate forest plants. *Biological Invasions*, 18: 1567-1580.
- CURRY, J.P. et K.E. BOYLE, 1987. Growth rates, establishment, and effects on herbage yield of introduced earthworms in grassland on reclaimed cutover peat. *Biology and Fertility of Soils*, 3: 95-98.
- DESMARTIS, A., 2002. L'île aux Basques désignée lieu historique national du Canada. *Le Naturaliste canadien*, 126 (1): 4-8.
- DYMOND, P., S. SCHEU et D. PARKINSON, 1997. Density and distribution of *Dendrobaena octaedra* (Lumbricidae) in aspen and pine forests in the Canadian Rocky Mountains (Alberta). *Soil Biology and Biochemistry*, 29: 265-273.
- EDWARDS, C.A. et P.J. BOHLEN, 1996. *Biology and ecology of earthworms*. 3<sup>e</sup> édition. Chapman and Hall, London, 426 p.
- EISENHAEUER, N., S. STRAUBE, E.A. JOHNSON, D. PARKINSON et S. SCHEU, 2009. Exotic ecosystem engineers change the emergence of plants from the seedbank of a deciduous forest. *Ecosystems*, 12: 1008-1016.
- EVERS, A.K., A.M. GORDON, P.A. GRAY et W.I. DUNLOP, 2012. Implications of a potential range expansion of invasive earthworms in Ontario's forested ecosystems: A preliminary vulnerability analysis. Ontario Ministry of Natural Resources, Climate Change Research Report n° CCRR-23, 46 p. Disponible en ligne à : [http://www.climateontario.ca/MNR\\_Publications/stdprod\\_092861.pdf](http://www.climateontario.ca/MNR_Publications/stdprod_092861.pdf).
- FOREY, E., S. BAROT, T. DECAËNS, E. LANGLOIS, K.R. LAOSSI, P. MARGERIE, S. SCHEU et N. EISENHAEUER, 2011. Importance of earthworm-seed interactions for the composition and structure of plant communities: a review. *Acta Oecologica*, 37: 594-603.
- FOX, V.L., C.P. BUEHLER, C.M. BYERS et S.E. DRAKE, 2010. Forest composition, leaf litter, and songbird communities in oak- vs. maple-dominated forests in the eastern United States. *Forest Ecology and Management*, 259: 2426-2432.
- FRELICH, L.E., C.M. HALE, S. SCHEU, A.R. HOLDSWORTH, L. HENEGHAN, P.J. BOHLEN, P.R. et REICH, 2006. Earthworm invasion into previously earthworm-free temperate and boreal forests. *Biological Invasions*, 8: 1235-1245.
- GATES, G.E., 1982. Farewell to North American megadriles. *Megadrilologica*, 4: 12-77.
- GLOBAL INVASIVE SPECIES DATABASE, 2017. Disponible en ligne à : <http://issg.org/database/species/ecology.asp?si=1711&fr=1&sts=&lang=EN>. <http://issg.org/database/species/ecology.asp?si=1711&fr=1&sts=&lang=EN>. [Visité le 2017-10-02].
- GREINER, H.G., D.R. KASHIAN et S.D. TIEGS, 2012. Impacts of invasive Asian (*Amyntas hilgendorfi*) and European (*Lumbricus rubellus*) earthworms in a North American temperate deciduous forest. *Biological Invasions*, 14: 2017-2027.
- GUNDALE, M.J., 2002. Influence of exotic earthworms on the soil organic horizon and the rare fern *Botrychium mormo*. *Conservation Biology*, 16: 1555-1561.
- HALE, C.M., L.E. FRELICH et P.B. REICH, 2006. Changes in cold-temperate hardwood forest understory plant communities in response to invasion by European earthworms. *Ecology*, 87: 1637-1649.
- HENDRIX, P.F., M.A. CALLAHAM Jr, J.M. DRAKE, C.Y. HUANG, S.W. JAMES, B.A. SNYDER et W. ZHANG, 2008. Pandora's box contained bait: the global problem of introduced earthworms. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 39: 593-613.
- HOLMSTRUP, M. et K.E. ZACHARIASSEN, 1996. Physiology of cold hardiness in earthworms. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 115A: 91-101.
- KELLER, R.P., A.N. COX, C. VAN LOON, D.M. LODGE, L.M. HERBORG et J. ROTHLSBERGER, 2007. From bait shops to the forest floor: earthworm use and disposal by anglers. *The American Midland Naturalist*, 158: 321-328.
- LANGMAID, K.K., 1964. Some effects of earthworm invasion in virgin podzols. *Canadian Journal of Soil Science*, 44: 34-37.
- LARSON, E.R., K.F. KIPFMEULLER, C.M. HALLE, L.E. FRELICH et P.B. REICH, 2010. Tree rings detect earthworm invasions and their effects in northern hardwood forests. *Biological Invasions*, 12: 1053-1066.
- LESAGE, L. et D.P. SCHWERT, 1978. Premières récoltes de vers de terre (Oligochaeta: Lumbricidae) sur la rive nord du Saint-Laurent. *Le Naturaliste canadien*, 105: 209-211.
- LOSS, S.R. et R.B. BLAIR, 2011. Reduced density and nest survival of ground-nesting songbirds in relation to earthworm invasions in northern hardwood forests. *Conservation Biology*, 25: 983-992.
- MAERZ, J.C., V.A. NUZZO et B. BLOSSEY, 2009. Declines in woodland salamander abundance associated with non-native earthworm and plant invasions. *Conservation Biology*, 23: 975-981.
- MARINISSEN, J.C.Y. et F. VAN DEN BOSCH, 1992. Colonization of new habitats by earthworms. *Oecologia*, 91: 371-376.
- MIGGE-KLEIAN, S., M.A. MCLEAN, J.C. MAERZ et L. HENEGHAN, 2006. The influence of invasive earthworms on indigenous fauna in ecosystems previously uninhabited by earthworms. *Biological Invasions*, 8: 1275-1285.
- MOORE, J.-D., R. OUMET et J.W. REYNOLDS, 2009. Premières mentions de vers de terre dans trois écosystèmes forestiers du bouclier canadien, Québec, Canada. *Le Naturaliste canadien*, 133 (1): 31-37.
- MOORE, J.-D., R. OUMET et P. BOHLEN, 2015a. Effet du chaulage sur la survie et la reproduction de 3 espèces de vers de terre exotiques potentiellement envahissantes dans les érablières du Québec. *Le Naturaliste canadien*, 139 (2): 14-19.
- MOORE, J.-D., R. OUMET, R.P. LONG et P. BUKAVECKAS, 2015b. Ecological benefits and risks arising from liming sugar maple dominated forests in northeastern North America. *Environmental Review*, 23: 66-77.

- MOORE, J.-D., J. GÖRRES et J.W. REYNOLDS, 2018. Exotic Asian pheretimoid earthworms (*Amyntas* spp., *Metaphire* spp.): Potential for colonisation of south-eastern Canada and effects on forest ecosystems. *Environmental Reviews*, 26 : 113-120.
- NUZZO, V.A., J.C. MAERZ et B. BLOSSEY, 2009. Earthworm invasion as the driving force behind plant invasion and community change in northeastern North American forests. *Conservation Biology*, 23 : 966-974.
- PEREL, T.S., 1979. Range and distribution of earthworms of the USSR fauna. Nauka Publishing House, Moscow (en russe), 268 p.
- PERRON, J.-M., 1997. La multitude ailée, omniprésente, les insectes. Dans : La Société Provancher d'histoire naturelle du Canada (édit.). L'île aux Basques. Éditions de l'Ardoise, Québec, p. 121-129.
- REGNIER, E., S.K. HARRISON, J. Liu, J.T. SCHMOLL, C.A. EDWARDS, N. ARANCON et C. HOLLOWMAN, 2008. Impact of an exotic earthworm on seed dispersal of an indigenous US weed. *Journal of Applied Ecology*, 45 : 1621-1629.
- REYNOLDS, J.W., 1975a. Les lombricidés (Oligochaeta) des Îles-de-la-Madeleine. *Megadrilogica*, 2 (3) : 1-8.
- REYNOLDS, J.W., 1975b. Les lombricidés (Oligochaeta) de l'île d'Orléans, Québec. *Megadrilogica*, 2 (5) : 8-11.
- REYNOLDS, J.W., 1975c. Les lombricidés (Oligochaeta) de la Gaspésie, Québec. *Megadrilogica*, 2 (4) : 4-9.
- REYNOLDS, J.W., 1976. Catalogue et clé d'identification des Lombricidés du Québec. *Le Naturaliste canadien*, 103 : 21-27.
- REYNOLDS, J.W., 1995. Status of exotic earthworm systematics and biogeography in North America. Dans : HENDRIX, P.F. (édit.). *Earthworm ecology and biogeography*. Lewis Publishers, Boca Raton, p. 1-28.
- REYNOLDS, J.W., 2010. The earthworms (Oligochaeta: Lumbricidae and Sparganophilidae) of Québec, Canada, revisited. *Megadrilogica*, 14 (1) : 1-47.
- REYNOLDS, J.W., 2014. A checklist by counties of earthworms (Oligochaeta: Lumbricidae and Sparganophilidae) in Québec, Canada. *Megadrilogica*, 17 (6) : 73-103.
- REYNOLDS, J.W. et K.W. REYNOLDS, 1992. Les vers de terre (Oligochaeta: Lumbricidae et Sparganophilidae) sur la rive nord du Saint-Laurent (Québec). *Megadrilogica*, 4 (9) : 145-161.
- REYNOLDS, J.W., D.F. MCALPINE, K.J. VANDERWOLF et H.M. HUYNH, 2014. Earthworms (Oligochaeta: Lumbricidae) occurrences from Anticosti Island (Québec), Canada. *Megadrilogica*, 17 (1) : 1-6.
- SAKAI, A.K., F.W. ALLENDORF, J.S. HOLT, D.M. LODGE, J. MOLOFSKY, K.A. WITH, S. BAUGHMAN, R.J. CABIN, J.E. COHEN, N.C. ELLSTRAND et D.E. MCCAULEY, 2001. The population biology of invasive species. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 32 : 305-332.
- SEIDL, D. et P. KLEPEIS, 2011. Human dimensions of earthworm invasion in the Adirondak State Park. *Human Ecology*, 39 : 641-655.
- SOCIÉTÉ PROVANCHER D'HISTOIRE NATURELLE DU CANADA, 1997. L'île aux Basques. Éditions de l'Ardoise, Québec, Québec, 264 p.
- SUTHERLAND, W.J., S. BARDSLEY, L. BENNUN, M. CLOUT, I.M. COTE, M.H. DEPLIDGE, L.V. DICKS, A.P. DOBSON, L. FELLMAN, E. FLEISHMAN, D.W. GIBBONS, A.J. IMPEY, J.H. LAWTON, F. LICKORISH, D.B. LINDENMAYER, T.E. LOVEJOY, R. MAC NALLY, J. MADGWICK, L.S. PECK, J. PRETTY, S.V. PRIOR, K.H. REDFORD, J.P.W. SCHARLEMANN, M. SPALDING et A.R. WATKINSON, 2011. A horizon scan of global conservation issues for 2011. *Trends in Ecology and Evolution*, 26 : 10-16.
- SZLÁVEČZ, K., M. MCCORMICK, L. XIA, J. SAUNDERS, T. MORCOL, D. WHIGHAM, T. FILLEY et C. CSUZDI, 2011. Ecosystem effects of non-native earthworms in Mid-Atlantic deciduous forests. *Biological Invasions*, 13 : 1165-1182.
- TERHIVUO, J., 1988. The Finnish Lumbricidae (Oligochaeta) fauna and its formation. *Annales Zoologici Fennici*, 25 : 229-247.
- TIUNOV, A.V., C.M. HALE, A.R. HOLDSWORTH et T.S. VSEVOLODOVA-PEREL, 2006. Invasion patterns of Lumbricidae into the previously earthworm-free areas of northeastern Europe and the western Great Lakes region of North America. *Biological Invasions*, 8 : 1223-1234.
- VAN RHEE, J.A., 1969. Development of earthworm populations in polder soils. *Pedobiologia*, 9 : 133-140.
- WIRONEN, M. et T.R. MOORE, 2006. Exotic earthworm invasion increases soil carbon and nitrogen in an old-growth forest in southern Quebec. *Canadian Journal of Forest Research*, 36 : 845-854.
- ZIEMBA, J.L., C.A.M. HICKERSON et C.D. ANTHONY, 2016. Invasive Asian earthworms negatively impact keystone terrestrial salamanders. *PLoS one*, 11 (5) : p.e0151591.

# L'histoire d'un chancre menaçant d'exterminer le noyer cendré

Danny Rioux, Philippe Tanguay, Kishan Sambaraju,  
Nicolas Nadeau-Thibodeau et Pierre DesRochers

## Résumé

Le noyer cendré (*Juglans cinerea*) est considéré depuis 2005 en voie de disparition au Canada; un chancre, causé par le champignon *Ophiognomonia clavigignenti-juglandacearum*, est la principale cause du statut précaire de l'espèce. Cette maladie, qui semble avoir été introduite en Amérique du Nord, a été initialement rapportée en 1967 au Wisconsin. Au Canada, c'est au Québec qu'on l'observe en premier en 1990. Les symptômes se présentent sous forme de mort en cime et, très souvent, de chancres au tronc qui finissent presque toujours par tuer les arbres de tous âges. Nous décrivons entre autres certains de nos travaux qui recherchaient une meilleure compréhension de cette maladie, mais surtout qui visaient à repérer des arbres potentiellement résistants au chancre, à les multiplier et à évaluer leur résistance, et finalement à les protéger en stimulant leur vigueur par des travaux de dégagement. Nous avons pu montrer, par exemple, qu'à la suite d'inoculations artificielles en serre, quelques noyers cendrés montraient une certaine résistance au chancre, et qu'ils se défendaient en compartimentant les tissus envahis par l'agent pathogène. Ces individus potentiellement résistants constitueraient ainsi une source unique de matériel pour rétablir l'espèce sur certains sites.

**MOTS CLÉS:** aire de répartition, épidémiologie, mécanismes de défense, protection, rétablissement

## Abstract

Butternut (*Juglans cinerea*) has been considered endangered in Canada since 2005; its precarious status is primarily due to a canker caused by *Ophiognomonia clavigignenti-juglandacearum*. This disease, apparently introduced into North America, was first reported in Wisconsin in 1967. The first record in Canada was from the province of Québec in 1990. The main symptoms are crown dieback and, very often, cankers on the trunk that almost always end up killing trees of all ages. This review describes some of the work that we have done to provide a better understanding of the disease. Particular emphasis is placed on our research to identify, propagate and test specimens that were putatively resistant to canker, as well as the assays conducted to improve their vigour through release treatments. For example, we were able to show that following artificial inoculation under greenhouse conditions, certain butternut trees displayed some resistance to canker, and that they defended themselves through compartmentalization of the tissues invaded by the pathogen. These potentially resistant individuals offer a unique source of material to restore the species to certain sites.

**KEYWORDS:** defense mechanisms, distribution, epidemiology, protection, recovery

## Introduction

Quoi de plus frustrant que de voir un arbre qui nous est cher dépérir et de se faire dire qu'il n'y a aucun moyen de remédier efficacement à la situation? C'est pourtant ce que vivent régulièrement des citoyens ou des propriétaires forestiers lorsque leurs arbres sont confrontés à des ravageurs, comme certains agents pathogènes virulents. Heureusement, ces derniers sont l'exception plutôt que la règle, car la majorité des plantes ont développé des stratégies efficaces pour résister à la plupart des agents pathogènes qui les entourent. Toutefois, la situation peut devenir catastrophique lorsque ces indésirables sont des microorganismes récemment introduits, comme l'explique une synthèse récente sur la santé de nos forêts (Sambaraju et collab., 2016). Soudainement, l'arbre se voit alors confronté à un ennemi possédant un arsenal d'attaque tout à fait inconnu et impossible à contrer. Dans certains cas, c'est l'espèce tout entière qui est menacée de disparaître.

Chez les arbres, parmi les maladies les plus connues qui sont causées par des agents pathogènes exotiques, on

peut certainement citer la brûlure du châtaignier et la maladie hollandaise de l'orme. La première est causée par le champignon *Cryphonectria parasitica*, originaire d'Asie, qui a été introduit dans l'est des États-Unis au début du 20<sup>e</sup> siècle. Cet agent pathogène a décimé les populations de châtaignier d'Amérique (*Castanea dentata*) dans toute son aire de répartition, à un point tel que cette essence, alors dominante

*Les trois premiers auteurs sont chercheurs scientifiques en pathologie forestière au Centre de foresterie des Laurentides (Service canadien des forêts, Ressources naturelles Canada, Québec, Québec, Canada G1V4C7). Le 4<sup>e</sup> auteur était étudiant à la maîtrise à l'Université Laval au moment des travaux décrits dans cette synthèse et est maintenant employé de la ville de Montréal, à la Division des parcs et de l'horticulture. Le dernier auteur était chef de projet en santé des forêts et est maintenant retraité à titre de scientifique émérite.*

*danny.rioux@canada.ca*

dans bien des peuplements de feuillus et ayant une importance économique considérable, est maintenant considérée en voie de disparition. On ne voit plus en nature que quelques rares individus matures malades, ainsi que des rejets de souche qui souvent ne font que vivoter (voir par exemple Anagnostakis, 1987). Les ormes, y compris le magnifique orme d'Amérique (*Ulmus americana*), ne sont pas menacés d'extinction même si, selon certaines sources (Paoletti et collab., 2006), on estime que les agents pathogènes *Ophiostoma ulmi* et *O. novo-ulmi*, responsables respectivement de la première (~ 1915-1945) et de la seconde (~ 1945 à nos jours) épidémie du 20<sup>e</sup> siècle, ont provoqué la mort de plus d'un milliard d'ormes en Europe et en Amérique du Nord. La capacité de l'orme à produire presque chaque année de nombreuses graines (Holmes, 1976) ainsi que la mise en place de programmes de lutte efficaces expliquent en grande partie pourquoi l'on trouve toujours plusieurs individus sains en nature ainsi qu'en milieu urbain.

Le chancre du noyer cendré (CNC) n'a pas atteint une aussi grande notoriété que ces deux maladies, sans doute parce que le CNC a été introduit plus récemment, mais surtout parce que le noyer cendré est moins abondant que l'orme et le châtaignier l'étaient à leur apogée. De plus, comme la noix comestible est petite et difficile à extraire, le noyer cendré a une importance commerciale moindre que les deux autres essences. Cette synthèse présente l'essence et l'histoire de cette maladie qui fait en sorte que le noyer cendré est maintenant en voie de disparition au Canada. Nous y décrivons également les résultats de projets de recherche que nous avons menés récemment afin d'enrayer la progression de la maladie et de rétablir le noyer cendré sur des sites où il a pratiquement disparu.

### Le noyer cendré (*Juglans cinerea*)

Les noyers (genre *Juglans*) font partie de la famille des Juglandacées, qui compte un seul autre genre d'importance dans nos forêts, soit les caryers (genre *Carya*). Parmi la vingtaine d'espèces de noyers qui existent dans le monde, 6 sont originaires d'Amérique du Nord (Harlow et collab., 1979), mais seuls le noyer cendré et le noyer noir (*J. nigra*) sont considérés indigènes au Canada (Farrar, 2017).

Le noyer cendré pousse dans les forêts de l'est et du centre de l'Amérique du Nord, isolé ou en petits bosquets parmi d'autres feuillus tels l'érable à sucre (*Acer saccharum*) et le bouleau jaune (*Betula alleghaniensis*), au nord de son aire de répartition. Le noyer cendré s'accommode de différentes stations, mais il préfère les sols fertiles et bien drainés, fréquents sur des pentes douces ou des ravins peu profonds (Farrar, 2017). Comme le montre la figure 1, sa répartition s'étend, en gros, du sud du Nouveau-Brunswick, à l'est, au nord de la Géorgie au sud-ouest, avec quelques incursions en Alabama et au Mississippi, de l'Arkansas au Minnesota (Rink, 1990). Au nord, cette essence est aussi présente dans le sud de l'Ontario et du Québec. Comme tous les noyers, le noyer cendré ne tolère pas l'ombre (Rink, 1990) et a une espérance de vie d'environ 75 ans. Il est de taille moyenne à maturité,

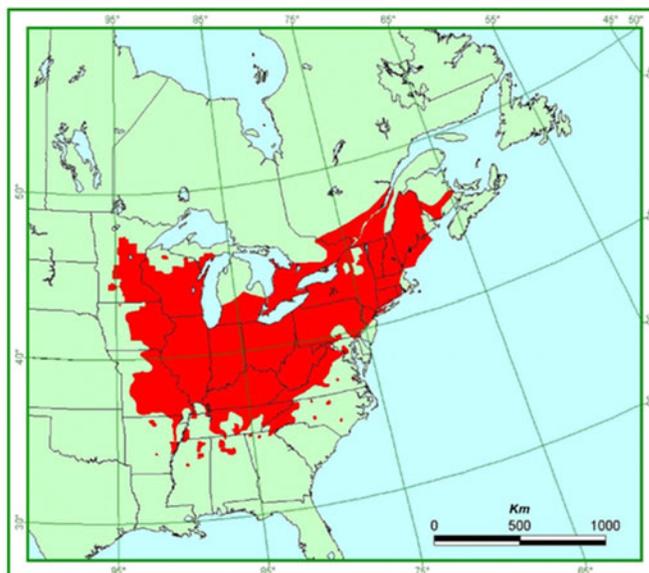


Figure 1. Aire de répartition du noyer cendré en Amérique du Nord (adaptée de Rink [1990] et Farrar [1995] par Environnement Canada).

avec une hauteur variant de 12 à 18 m (maximum : 34 m) et un diamètre à hauteur de poitrine oscillant entre 30 et 60 cm (maximum : 1,5 m) (Harlow et collab., 1979).

Bien qu'ayant généralement une répartition clairsemée en nature, il n'en demeure pas moins que le noyer cendré a une valeur économique et écologique indéniable. L'arbre commence à produire ses noix vers 20 ans (Rink, 1990). Celles-ci sont constituées d'une enveloppe charnue externe appelée brou et d'une amande (graine) enfermée dans une coque ligneuse marquée de crêtes rugueuses et irrégulières (Farrar, 2017). Les amandes sont comestibles et légèrement sucrées, douces et huileuses (Woeste et Pijut, 2009), avec un goût rappelant d'ailleurs vaguement celui du beurre, d'où son nom anglais le plus usité de *butternut*. Certains cultivars, obtenus surtout en Nouvelle-Angleterre, produisent des noix plus faciles à craquer que celles trouvées en nature (McDaniel, 1979). Les noix sont une source de nourriture non négligeable pour la faune, notamment pour de nombreux rongeurs comme l'écureuil gris (*Sciurus carolinensis*) (Davison, 1964). Le bois du noyer cendré est maintenant rare sur le marché, en grande partie à cause du CNC. L'aubier, le bois vivant conduisant la sève, est clair, alors que le bois de cœur mort est beige, parfois avec des nuances rosées ou des stries brunes (Forest Products Laboratory, 2010). Il est notamment utilisé en ébénisterie, pour le placage et les boiseries intérieures. Comme le bois est tendre, il est facile à usiner et se sculpte bien (Forest Products Laboratory, 2010; Woeste et Pijut, 2009). Une fois teint, il ressemble avantageusement à celui fort recherché du noyer noir, bien que ses propriétés mécaniques soient un peu moins bonnes que celles de cette dernière essence (Forest Products Laboratory, 2010).

## Premières mentions du chancre du noyer cendré (CNC)

Au début du 20<sup>e</sup> siècle, aux États-Unis, de nombreux noyers cendrés sont tombés malades, et plusieurs ont même succombé. On a initialement attribué ces dommages au champignon *Melanconis juglandis* (Graves, 1923), maintenant renommé *Juglanconis oblonga* (Voglmayr et collab., 2017), qui colonise souvent les portions moribondes de l'arbre (Nicholls, 1979). On sait maintenant que ce champignon infecte surtout des arbres affaiblis pour diverses raisons, et qu'il s'attaque de préférence à leurs rameaux ou à l'écorce de leurs branches ou de leur tronc, sans jamais induire la formation de chancres (Ostry, 1997).

Même si l'on croit maintenant que plusieurs des arbres supposément attaqués par *M. juglandis* était en fait infectés par le CNC, ce dernier n'a été signalé pour la première fois avec certitude aux États-Unis qu'en 1967, au Wisconsin (Renlund, 1971). Les premières observations du CNC au Canada ont eu lieu au Québec en 1990 (Innes et Rainville, 1996). La maladie allait être rapportée par la suite en Ontario en 1991 (Davis et collab., 1992) et au Nouveau-Brunswick en 1997 (Harrison et collab., 1998). Bien que la première mention officielle du CNC date de 1967, les nombreux arbres mourants ou même déjà morts, couverts de chancres au tronc, qui ont alors été observés, suggèrent que la maladie y était présente depuis plusieurs années (Kuntz et collab., 1979). Une étude, s'étant entre autres attardée à déterminer l'âge des chancres en étudiant les anneaux de croissance, montrait d'ailleurs que la maladie était présente au Wisconsin au début des années 1960 (Nicholls, 1979). Cette même étude rapporte 42 chancres en moyenne sur les arbres infectés, et qu'un de ceux-ci était même affligé de 109 chancres au tronc.

Cette maladie, qui n'avait pas été rapportée ailleurs qu'en Amérique du Nord, allait par la suite se répandre rapidement. Une étude américaine publiée en 1978 révélait déjà qu'elle avait fait des dommages dans la majorité des États où des enquêtes avaient été menées pour la localiser, au point qu'en Caroline du Nord et du Sud, le noyer cendré était déjà considéré en voie de disparition (Anderson et LaMadeleine, 1978). Depuis plusieurs années, on considère que le chancre est présent dans toute l'aire de répartition du noyer cendré, y compris dans les 3 provinces canadiennes où le noyer cendré est indigène (Ostry et Woeste, 2004). Comme le CNC peut tuer les arbres de tous âges (Ostry, 1997), et bien que les arbres plus âgés résistent plus longtemps à l'infection que les jeunes individus, il n'est pas surprenant de constater que le noyer cendré est maintenant rare partout où la maladie sévit. Par exemple, au Wisconsin en 1982, on rapportait que 56 % des 2882 arbres examinés étaient malades et que 8,7 % de ceux-ci étaient déjà morts (Prey et Kuntz, 1982). Dans le même État, on mentionnait que des quelque 1400 noyers cendrés étudiés en 1992, 92 % étaient chancrés et 27 % avaient succombé (Cummings-Carlson et Guthmiller, 1993). Cette dernière étude révélait aussi que la reproduction du noyer cendré était en péril, car 65 % des rejets de souche et 75 % des plants étudiés étaient porteurs de chancres. Un inventaire de

l'état de santé des noyers cendrés sur 20 sites de compétence fédérale au Québec a été réalisé de 2006 à 2008 (DesRochers et collab., 2011). Ses résultats concordent avec ceux des études américaines antérieures : des 667 noyers cendrés étudiés, seulement 21 % étaient en santé, 43 % semblaient relativement en santé, mais présentaient quelques chancres au tronc, 27 % étaient malades et semblaient condamnés, 7 % étaient moribonds et 2 % étaient morts. Soixante-cinq pour cent des individus sur ces sites portaient des chancres au tronc.

Additionnés au dépérissement des sujets existants, des facteurs limitant la reproduction contribuent à la disparition de l'espèce dans son aire de répartition. Pour qu'il y ait fécondation et production de semences, un synchronisme entre la libération du pollen et la réceptivité des fleurs femelles est nécessaire. Comme ce synchronisme est peu fréquent chez un même individu, l'autofécondation est rarement observée (Rink, 1990). En conséquence, le succès de la reproduction diminue, car il repose sur la proximité géographique de plusieurs noyers cendrés sains. Cette nécessité d'avoir au moins 2 individus en santé assez près l'un de l'autre diminue les chances de reproduction du noyer cendré. Au Canada, à la suite d'une recommandation du Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (Nielsen et collab., 2003), et dans le cadre de la *Loi sur les espèces en péril*, le noyer cendré a officiellement reçu en 2005 le statut peu enviable d'espèce en voie de disparition (Gazette du Canada, 2005), principalement en raison de l'action du CNC. Aux États-Unis, le noyer cendré n'est pas officiellement protégé selon les termes de l'*Endangered Species Act* (ESA) (Woeste et collab., 2009). Même si le noyer cendré y a le statut d'espèce préoccupante, on considère que l'information colligée jusqu'ici est encore insuffisante pour l'inclure sur la liste des espèces protégées de l'ESA.

## L'agent pathogène

C'est en 1979 que les caractéristiques morphologiques du champignon pathogène causant le CNC sont décrites la première fois et celui-ci allait prendre le nom de *Sirococcus clavignenti-juglandacearum* (Nair et collab., 1979). Comme le stade sexué de ce champignon n'a pas encore été observé, ce sont les structures anamorphiques qui y sont décrites, notamment les pycnides à l'intérieur desquelles se forment les spores asexuées. Ces spores, aussi appelées conidies, assurent la reproduction de l'agent pathogène et la propagation de la maladie. En pathologie végétale, on associe les signes d'une maladie à la présence visible de l'agent pathogène; en revanche, les symptômes (p. ex. : flétrissement, nécroses) sont des altérations observables de l'hôte par rapport à son état normal (Agrios, 2005). Le signe le plus typique et fiable de la présence du CNC est l'apparition d'agrégats d'hyphes en forme de petites colonnes, qui peuvent atteindre une hauteur variant de 1,5 à 1,9 mm (Sinclair et Lyon, 2005). Ces colonnes se forment souvent sur de petites branches à partir d'autres hyphes indifférenciés, appelés stroma. À l'occasion, elles peuvent soulever ou percer la fine écorce moribonde des rameaux. Les pycnides, tout juste visibles à l'œil nu avec un

diamètre variant de 200 à 490 µm, se forment sur le stroma ou sur les colonnes d'hyphes. Une étude de la filiation génétique, basée sur l'analyse de 5 gènes, a conduit Broders et Boland (2011) à renommer ce champignon pathogène *Ophiognomonia clavignenti-juglandacearum* (*Oc-j*). Ces chercheurs, comme de précédents taxonomistes (Sogonov et collab., 2008), soupçonnaient une erreur de classification puisque toutes les autres espèces de *Sirococcus* décrites n'attaquent que les conifères. L'étude de Broders et Boland a donc permis de repositionner l'agent pathogène responsable du CNC parmi les espèces d'*Ophiognomonia* évolutivement plus apparentées, et qui ont toutes des angiospermes comme plantes hôtes.

### Les hôtes naturels et expérimentaux (après inoculation artificielle)

Le noyer cendré, qui semble montrer une faible variabilité génétique selon certains (Morin et collab., 2000), mais une forte diversité selon d'autres (Parks et collab., 2014), est la seule espèce réellement vulnérable aux attaques d'*Oc-j* en nature. Même si la maladie est présente chez la majorité des noyers cendrés aux États-Unis et que son aire de répartition chevauche en grande partie celle du noyer noir (*J. nigra*), ce dernier se montre peu sensible au chancre, et ce, même s'il a sûrement été exposé à un nombre considérable de spores au fil du temps. Malgré tout, le noyer noir n'est pas totalement résistant puisque ses plants sont sensibles lorsqu'inoculés sous conditions propices, par exemple s'ils sont poivrés de conidies sous des noyers cendrés malades (Sinclair et Lyon, 2005). En revanche, on trouve très rarement des noyers noirs matures manifestement affectés par le CNC et, lorsqu'ils le sont, ils semblent être en mesure de se défendre et de survivre à l'infection même s'ils montrent des chancres. À notre connaissance, seulement 3 cas ont été répertoriés en nature : 1 seul gros noyer noir avait développé des chancres au tronc — un arbre de 48 cm de diamètre poussant en Caroline du Nord — alors que 2 autres noyers noirs d'une vingtaine d'années et poussant au Minnesota exhibaient des chancres, mais sur leurs branches seulement (Ostry et collab., 1997). Ces auteurs avaient pris soin d'ajouter que ces noyers noirs avoisinaient des noyers cendrés lourdement affectés par le CNC, qui, de toute évidence, représentaient la source probable de spores qui les avaient contaminés. Bien que ces mentions semblent anecdotiques, ces noyers noirs infectés, ou même d'autres demeurant asymptomatiques, pourraient constituer des réservoirs de spores dans certains peuplements et perpétuer ainsi l'épidémie en conditions favorables. Avec des noix de ces 2 espèces provenant de plusieurs endroits au Québec, on a montré qu'elles pouvaient être infectées par *Oc-j*; les plants qui en émergeaient développaient fréquemment des symptômes et pouvaient même en mourir (Innes, 1998). Cette étude indiquait que des pycnides se formaient dans les lésions apparaissant sur le brou et que la colonisation d'*Oc-j* pouvait même atteindre l'amande.

Même si la possibilité n'est pas totalement exclue (Ostry et Woeste, 2004), le noyer cendré ne semble pas s'hybrider avec le noyer noir. Il peut cependant se croiser avec le noyer

commun (*J. regia*) et le noyer japonais (*J. ailantifolia*). Le noyer commun, dont certaines variétés sont mieux connues sous l'appellation « Noix de Grenoble », s'est avéré modérément à très sensible au CNC lorsque différentes provenances ont été inoculées en serre (Ostry et Moore, 2007), et il a même été plus sensible au CNC que le noyer cendré lors d'une autre étude où les inoculations ont été effectuées au champ (Orchard et collab., 1982). Le noyer commun n'a pas été cultivé à grande échelle en Amérique du Nord, sauf en Californie où la valeur des noix atteignait 1 242 milliard de dollars US en 2016 (USDA-NASS, 2017). L'agent pathogène n'a pas été détecté dans cet État, et les producteurs prennent toutes les précautions nécessaires pour empêcher son introduction. Les hybrides entre le noyer cendré et le noyer commun se forment spontanément et sont appelés *J. ×quadrangulata*. La faible incidence de ces hybrides naturels en sol nord-américain s'explique par la rareté du *J. regia* et par la faible production de fruits chez *J. ×quadrangulata* (Woeste et collab., 2009).

Le noyer japonais a été introduit aux États-Unis vers les années 1860 et a été abondamment planté par la suite (Crane et collab., 1937). Bien qu'il puisse être atteint par le CNC, il se montre passablement résistant. Orchard et ses collaborateurs (1982) ont rapporté que les chancres sont plus petits chez cette essence que chez les autres noyers qui ont été testés. Ils ont même observé chez un individu que la blessure d'inoculation s'était complètement refermée. La variété la plus populaire de ce noyer a été nommée *J. ailantifolia* var. *cordiformis*, en référence à ses noix qui ont une forme en cœur. Lorsque cette variété s'hybride avec le noyer cendré, l'hybride formé (dont le nom latin officiel est *J. ×bixbyi*) est souvent désigné par le nom commun anglais *butternut* et *heartnut* (Woeste et Pijut, 2009). Plusieurs des hybrides testés montrent une résistance intéressante au CNC et, comme ces individus sont fréquents en nature et assez semblables aux noyers cendrés, ceci devient une source de préoccupation lorsque l'on souhaite identifier et multiplier des individus qui ne contiennent aucune trace d'hybridation lors de programmes visant à rétablir l'espèce (Environnement Canada, 2010; Parks et collab., 2014). Comme nous le mentionnons plus loin, au moins une étude a indiqué que la variabilité génétique des noyers cendrés en nature ne pouvait expliquer à elle seule les différences observées quant à l'état de santé des individus (LaBonte et collab., 2015). Par ailleurs, s'il s'avérait impossible d'identifier des noyers cendrés suffisamment résistants au chancre, l'exploitation de ces hybrides pourrait constituer une solution de rechange intéressante pour restaurer des sites avec des arbres portant des gènes du noyer cendré, d'autant plus qu'il est maintenant possible de différencier le noyer cendré de ces hybrides en utilisant des outils de biologie moléculaire (voir par exemple Hoban et collab., 2009).

À l'aide d'inoculations artificielles (Ostry et Moore, 2007), on a rapporté que l'*Oc-j* pouvait coloniser et être réisolé par la suite dans les tissus du *Prunus serotina* (cerisier tardif) et de certaines espèces appartenant aux genres *Quercus* (les chênes), *Carya* (les caryers), *Corylus* (les noisetiers) et *Castanea* (les châtaigniers). Ces essences pourraient donc constituer un

réservoir d'inoculum en nature si les conditions devenaient propices au développement du CNC dans leur entourage, même si ces auteurs n'ont pas noté, au cours de leurs essais, de sporulation chez les individus inoculés.

### Symptômes et propagation de la maladie

Les premiers symptômes apparaissant chez les noyers cendrés affectés par le chancre sont habituellement la présence de rameaux morts dans la cime de l'arbre. Les chancres se forment partout dans les parties aériennes de l'arbre : branches, tronc et empatement racinaire (Sinclair et Lyon, 2005). Au début, les chancres peuvent causer une dépression dans l'écorce, et il arrive qu'un liquide noirâtre suinte de la zone atteinte. À la base de l'arbre, lorsque les chancres fusionnent, ils finissent par tuer par annélation (figure 2). Au fil des ans, ces chancres pérennes prennent souvent une forme en cible causée par la formation de bourrelets cicatriciels. Ces derniers sont des tissus de défense qui visent à cloisonner l'agent pathogène. Ils se forment chaque saison de croissance, mais deviennent inefficaces pendant la dormance de l'arbre, lorsque la température avoisine 0°C, puisqu'ils sont alors colonisés par l'agent pathogène (Rioux et collab., 2018).

Les chancres se développent sur des arbres de tous âges. Les conidies d'*Oc-j* pénètrent par des blessures diverses ainsi que par des ouvertures naturelles telles les cicatrices foliaires, les lenticelles et diverses fissures de l'écorce (Ostry, 1997; Sinclair et Lyon, 2005). Les conidies sont produites surtout dans la partie inférieure de la cime des arbres et sont disséminées par ruissellement vers le bas de l'arbre lors des pluies, ou par des éclaboussures qui forment alors de fines gouttelettes qui peuvent aussi être transportées par le vent vers les arbres adjacents (Tisserat et Kuntz, 1983; 1984). Il a été démontré expérimentalement que les conidies peuvent se répandre sur une distance variant de 40 m (Tisserat et Kuntz, 1983) à 46 m (Nicholls, 1979) lors de pluies accompagnées de vents. Des noix infectées peuvent transmettre la maladie aux plants qui en émergent (Innes, 1998). Comme les écureuils raffolent des noix, ils pourraient propager la maladie sur de longues distances. La dissémination par les insectes est aussi fort probable puisque des scolytes collectés parmi des arbres infectés étaient porteurs de conidies d'*Oc-j* (Halik et Bergdahl, 2002; Katovich et Ostry, 1998).

Outre les pluies, accompagnées de vents ou non, nécessaires à la dissémination des conidies d'*Oc-j*, on connaît peu de choses sur les facteurs favorisant le développement du CNC. Il semblerait que de petites populations de noyer cendré pourraient s'être développées de façon cryptique, c'est-à-dire dans des refuges à l'abri de toute contamination, particulièrement dans le nord-est de l'aire de répartition de l'espèce après la dernière glaciation (Laricchia et collab., 2015). Une étude récente (Sambaraju et collab., 2018) a rapporté que les noyers cendrés poussant au sud et à l'ouest du Québec avaient plus de chances de développer des chancres que ceux situés au nord-est de l'aire de répartition de l'espèce. D'après les analyses des autres données obtenues, il semble que la



Figure 2. Ces chancres ont fusionné à la base de ce noyer cendré, ce qui finit par tuer l'arbre. L'écoulement d'un liquide noirâtre est visible chez certains chancres (flèches).

température permettrait d'expliquer une partie de l'aptitude des arbres poussant au sud de développer le CNC. Par exemple, la « moyenne maximale quotidienne de température » était de loin le facteur climatique le plus significativement associé au développement du CNC, comme l'ont démontré différents coefficients statistiques obtenus sur des périodes d'analyse des données de 3 et 5 ans. Naturellement, d'autres hypothèses ont été avancées pour expliquer ce gradient négatif du sud-ouest au nord-est, particulièrement celles suggérant que les arbres du sud avaient été infectés plus tôt (donc depuis plus longtemps que ceux du nord) et qu'une densité plus forte des individus malades au sud pourrait avoir favorisé le développement de la maladie (notamment en accentuant la dissémination de l'agent pathogène). Dans sa thèse de doctorat, Brosi (2010) avait aussi souligné une tendance à la baisse du nombre de noyers cendrés malades selon un gradient sud-nord. Par ailleurs, LaBonte et collab. (2015) ont rapporté que la survie des noyers cendrés était meilleure sur des sites en altitude avec des humidités relatives faibles. De leur côté, Sambaraju et ses collaborateurs (2018) ont noté que les chancres étaient plus nombreux en terrain plat que sur de fortes pentes, mais que la mort en cime n'était pas influencée par ces facteurs.

L'étude de Sambaraju et collab. (2018) portait aussi sur l'analyse de phénotypes d'écorce qui pourraient avoir un

lien avec la résistance au CNC. En effet, comme l'ont rapporté Ross-Davis et ses collaborateurs (2008) lors de l'analyse d'une population de noyers cendrés, les individus à écorce foncée et à crevasses profondes (assez semblable à l'écorce du noyer noir) présentaient moins de symptômes que ceux à écorce pâle et lisse. Il est bon d'ajouter, cependant, que ces auteurs n'ont pas trouvé de lien significatif entre la profondeur des crevasses de l'écorce et la gravité des symptômes. Même si l'on mentionne souvent que les noyers cendrés à écorce rugueuse semblent plus résistants au chancre (voir par exemple Ostry et Woeste, 2004), il nous a été impossible, lorsque nous avons examiné quelque 540 noyers cendrés au Québec, d'établir une relation significative entre l'état de santé des arbres et les phénotypes d'écorce (Sambaraju et collab., 2018).

### La lutte au chancre

Comme le noyer cendré est en voie de disparition au Canada, le lecteur peut se douter, avec raison, qu'il existe actuellement peu de moyens efficaces pour combattre le CNC. Passons tout de même rapidement en revue les stratégies qui semblent les plus prometteuses dans ce domaine.

#### Rétablissement de l'espèce

Tout indique qu'il existe en nature des noyers cendrés présentant une certaine résistance au chancre. Lors d'un suivi sur plus d'une douzaine d'années aux États-Unis, Ostry et Woeste (2004) ont trouvé des noyers cendrés vigoureux et en bonne santé parmi d'autres qui étaient mourants ou qui avaient été tués par le chancre. Pour repérer des noyers cendrés en santé sur des sites où la maladie est présente, on se sert des critères proposés en 1994 par Ostry et ses collaborateurs : 1) plus de 70 % de la cime est vivante et moins de 20 % de la circonférence du tronc et de l'empatement racinaire sont chancreux; ou 2) plus de 50 % de la cime est vivante et les chancres sont absents. On suggère de conserver ces arbres et d'éliminer les autres le plus rapidement possible pour limiter la propagation de la maladie. En 2011, nous avons pu localiser au Québec 202 noyers cendrés qui répondaient à ces critères (Nadeau-Thibodeau, 2015). Des suivis annuels subséquents ont cependant montré une dégradation de l'état de santé et même la mort de plusieurs de ces arbres. Nous avons tenté de multiplier végétativement ces individus potentiellement résistants, par bouturage ou par culture *in vitro* de bourgeons axillaires, en vue de confirmer et de caractériser la composante génétique de cette résistance par des expériences d'inoculation artificielle en serre. Comme ces noyers cendrés étaient matures, la plupart des 200 arbres ayant alors au moins une cinquantaine d'années, et que le noyer est plutôt récalcitrant à la multiplication végétative (Pijut, 2004), nous n'avons obtenu aucun progrès en ce sens malgré plusieurs tentatives. Des succès ont été obtenus ailleurs, avec des boutures par exemple, mais celles-ci provenaient d'individus juvéniles, âgés de seulement 5-6 ans (Pijut et Moore, 2002). La multiplication par greffage aurait pu être envisagée dès le départ de notre projet, mais cette méthode exige aussi beaucoup de temps et de précaution; de plus, d'après une sommité dans le domaine (Pijut, 1997), elle ne

donne pas toujours les résultats escomptés. Il semble maintenant que ce type de multiplication végétative donne parfois de très bons résultats lorsque les greffons sont prélevés sur les dernières pousses du noyer cendré et qu'ils sont ligaturés à des porte-greffes de noyer noir, atteignant parfois 80 % de succès avec du matériel mature (Sylvia Greifenhagen [Ontario Ministry of Natural Resources and Forestry], communication personnelle).

Comme la multiplication végétative s'avérait alors impossible à réaliser, nous avons récolté des noix sous des arbres potentiellement résistants au CNC. Les plants issus de ces noix ont été inoculés avec *Oc-j* en serre en 2012. Lors de leur première année de croissance, aucun symptôme de la maladie n'a été observé. Les plants ont été progressivement exposés au froid pour induire leur dormance. Tôt le printemps suivant (soit 40 jours après leur débournement et 290 jours après l'inoculation), la plupart montraient alors des symptômes évidents, comme de petits chancres et des nécroses près des points d'inoculation, ainsi que des feuilles flétries ou rabougries (Rioux et collab., 2018). Seulement 1 des 48 plants inoculés était parfaitement sain au moment où nous les avons disséqués pour y noter les nécroses internes et pour préparer les échantillons en vue d'observations microscopiques. Nous avons pu montrer que tous les témoins non inoculés (figure 3) et les individus les plus sains après l'inoculation avaient formé des tissus de compartimentage pour limiter le développement de l'agent pathogène. Cependant, dans tous les plants à l'exception de celui mentionné ci-dessus, l'agent pathogène avait tout de même réussi à contourner ces zones ou les avait pénétrées directement, pour ensuite envahir les tissus sains adjacents (Rioux et collab., 2018). Fait à noter, nous avons examiné en parallèle à nos échantillons, et à l'aveugle (ils n'étaient pas alors identifiés selon leur résistance présumée), des greffons de noyer cendré inoculés avec *Oc-j* en Ontario. Le seul montrant des mécanismes de défense similaires (figure additionnelle S1 dans Rioux et collab., 2018) à ceux de nos plants inoculés demeurés les plus sains était aussi celui qui provenait d'un arbre ayant été évalué comme le plus résistant parmi une population de noyers cendrés étudiée en Ontario (Sylvia Greifenhagen [Ontario Ministry of Natural Resources and Forestry], communication personnelle).

Une meilleure conservation des individus potentiellement résistants au chancre a déjà été proposée et mise en place aux États-Unis (Boraks et Broders, 2016; Ostry et Woeste, 2004) et au Canada (Poisson et Ursic, 2013), à tout le moins dans quelques sites. On a suggéré d'utiliser des souches agressives et de les inoculer à l'automne pour tester la résistance des arbres les plus prometteurs (Ostry et Moore, 2008). Nous avons aussi fait des recommandations en ce sens dans un article récent où l'on indiquait notamment de s'assurer de placer les individus inoculés en dormance avant d'évaluer leur état de santé (Rioux et collab., 2018). En particulier, comme aucun symptôme n'a été observé plusieurs semaines après l'inoculation de 48 individus (alors que la saison suivante, tôt après leur sortie de dormance, la plupart montraient des symptômes évidents de la maladie), nous avons suggéré de multiplier les individus présentant peu ou



Martine Blais, RNCCan

Figure 3. Chez un témoin inoculé avec une pastille d'agar non colonisée par *Ophiognomonium clavignenti-juglandacearum* (*Oc-j*), coupes transversales d'une tige d'un plant montrant la zone affectée (astérisque) par la blessure (à gauche). Cette zone est recouverte entre autres par des tissus subérisés (flèches rouges) laissés par l'écorce externe des deux parties du bourrelet cicatriciel qui sont sur le point de fusionner (flèche noire). À 1,5 cm au-dessus de la blessure, il n'y a aucune trace de nécrose (à droite). Un seul individu inoculé avec *Oc-j* présentait exactement ce genre de mécanismes de défense.

pas de symptômes après la dormance, et de les disséquer pour examiner si le compartimentage était efficace pour confiner les tissus envahis. Seuls les individus réussissant à compartimenter efficacement les zones affectées devraient être retenus dans des programmes de conservation et de rétablissement de l'espèce.

## Protection

### Fongicides

À notre connaissance, aucun fongicide n'est homologué au Canada pour traiter les individus atteints par le CNC. Bien que de telles substances puissent contribuer à protéger, et peut-être à l'occasion à sauver des noyers cendrés de grande valeur, il est clair que cette stratégie ne pourrait être déployée à grande échelle en forêt. En laboratoire, des résultats encourageants ont été obtenus avec le bénomyl et le chlorothalonil (Nicholls, 1979), ainsi qu'avec le bicarbonate de potassium (Srivastava et collab., 2005). Comme mentionné précédemment, les noix peuvent être infectées et elles devraient normalement être décontaminées pour éviter que les plants qui en émergent soient infectés par l'*Oc-j*. Des essais de traitement de noix ont été réalisés au Québec avec du peroxyde d'hydrogène, de l'éthanol

et de l'eau bouillante; celui avec l'eau chaude, notamment, a eu un certain succès (Rainville et collab., 2001).

Nous avons récemment testé quelques fongicides supplémentaires en condition *in vitro* (résultats non publiés). Parmi les produits examinés, le propiconazole a inhibé le plus la croissance de l'agent pathogène. Il serait sans doute approprié de poursuivre les recherches pour trouver des fongicides efficaces pour contrer le CNC et d'entreprendre des démarches pour homologuer ces produits en Amérique du Nord. Leur utilisation en milieu urbain, en pépinière ou en plantations, pourrait à tout le moins viser à protéger les plus beaux spécimens de noyer cendré.

### Dégagement des noyers cendrés

Les études préliminaires ont indiqué que les noyers cendrés vivant à découvert ou en position dominante dans le couvert forestier étaient en meilleure santé que les individus intermédiaires ou supprimés (Sambaraju et collab., 2018). Cette dernière étude indique en particulier que le pourcentage de la mort en cime provoqué par le CNC est plus faible dans les zones où le noyer cendré pousse à découvert que dans

celles où les arbres intermédiaires ou supprimés reçoivent peu de lumière, alors qu'aucune différence significative n'a été notée concernant la proportion de chancres au tronc entre ces deux groupes d'individus. Il semble donc qu'un bon apport de lumière favorise la résistance au CNC. Afin de vérifier cette hypothèse, la cime des noyers cendrés potentiellement résistants a été dégagée de deux façons (Nadeau-Thibodeau, 2015) : dans un premier traitement, la cime des arbres compétiteurs a été réduite de façon à ouvrir le couvert forestier dans un rayon de 5 m autour des noyers cendrés (20 noyers cendrés, soit 10 sur 2 sites); dans le second traitement, les arbres compétiteurs ont été abattus de façon à créer un puits de lumière d'un rayon égal à la hauteur des noyers cendrés dégagés (10 noyers cendrés sur 1 site). La santé de ces noyers cendrés a été suivie pendant 6 ans après ces traitements. Des noyers cendrés sans dégagement (total = 20 témoins ou 10 sur 2 sites) ont aussi été suivis de la même manière. Les résultats de cette expérience sur la santé des noyers cendrés sont actuellement à l'étude, mais il apparaissait dès lors que la croissance des arbres codominants ayant été dégagés avait été stimulée à la suite du traitement (Nadeau-Thibodeau, 2015).

Nous nous sommes intéressés aussi à la production de conidies par l'agent pathogène chez les arbres dégagés ou non, en espérant voir une diminution des spores émises lorsque la vigueur du noyer était stimulée par ce traitement sylvicole. Les conidies qui sont produites dans la cime des arbres malades sont entraînées, lors de précipitations, par les eaux de ruissellement. Nous avons capté les conidies à l'aide d'un entonnoir, placé sous la cime des noyers cendrés, muni d'un papier filtre à son embouchure. En plus des conidies d'*Oc-j*, des débris de toutes sortes (par exemple : excréments d'insectes, autres spores, pollen, poussières, fragments d'écorce et de feuilles) sont recueillis sur les filtres, ce qui posait un problème technique majeur pour l'identification et le dénombrement microscopique des spores de l'agent pathogène du CNC. Dans un des laboratoires de biologie moléculaire du Centre de foresterie des Laurentides, un test PCR (*polymerase chain reaction*) a été élaboré. Ce test a permis, après l'extraction de l'ADN de tous les microorganismes présents sur les filtres, de détecter même la présence d'une seule spore d'*Oc-j* dans les échantillons analysés (Tanguay et collab., 2018). En plus de permettre de détecter une quantité infime d'ADN, cet outil est aussi très spécifique. En particulier, ce test ne réagit sur aucune de la trentaine d'espèces d'*Ophiognomonina* (Walker et collab., 2012) qui ont été testées. Plus de 1 000 échantillons collectés sur filtres au cours de 2 années ont été analysés. Contrairement à notre hypothèse, nous n'avons pu montrer de différences significatives quant à la production de conidies 3 et 4 ans après les traitements puisque nous récoltions toujours autour de 12 000 conidies et plus hebdomadairement sur nos filtres. Nous pensons que ceci s'explique en partie par l'effet du traitement qui, si vraiment présent, pourrait ne se faire sentir que plusieurs années après avoir dégagé les noyers cendrés, tel que rapporté par exemple pour le noyer noir dont la vigueur a été stimulée seulement une douzaine d'années après les avoir dégagés (Stringer et Wittwer, 1985).

## Conclusion

Cette synthèse a montré qu'une maladie exotique, comme ce chancre semble l'être, peut avoir des conséquences désastreuses pour la survie d'une espèce comme le noyer cendré. Il faut donc continuer de tout mettre en œuvre pour empêcher l'introduction de tels indésirables, par exemple en utilisant des outils de détection moléculaire lors de l'inspection du matériel importé au pays, ces outils étant de plus en plus précis et faciles d'utilisation. Les résultats que nous avons obtenus en réponse aux inoculations artificielles, de même que les données publiées dans des études semblables conduites aux États-Unis (Ostry et Moore, 2008), indiquent que des individus potentiellement résistants au chancre existent en nature et pourraient être utilisés à bon escient lors de programmes visant à rétablir l'espèce sur certains sites. À condition d'y consacrer suffisamment de ressources, il serait aussi envisageable de protéger avec succès, par des travaux de dégagement par exemple, et à long terme, les plus beaux spécimens de noyer cendré. On devrait alors aussi envisager de multiplier ces individus par bouturage et de les conserver dans des sites appropriés (en plantations par exemple).

La Loi canadienne sur les espèces en péril (Ministre de la Justice, 2018) stipule que le ministre est tenu d'élaborer des programmes de rétablissement pour toute espèce sauvage disparue, en voie de disparition ou menacée. Cependant, cette loi ne précise pas suffisamment les modalités d'un tel programme, et surtout quelles seraient les ressources disponibles pour le mettre en application. Comme il existe en ce moment plus de 300 espèces classées dans ces 3 catégories, il nous semble évident que le défi est gigantesque pour toutes les rétablir. Les espèces pouvant être fort probablement rétablies devraient-elles être priorisées aux dépens d'espèces d'importance moindre ou ayant peu de chances d'être sauvées? Ces questions sont légitimes, et il est urgent d'y répondre si l'on veut conserver et améliorer le patrimoine naturel canadien.

Nous espérons que cette synthèse aura démontré que le noyer cendré est une des espèces méritant que l'on y consacre d'autres ressources pour la protéger du CNC. La présence apparente de noyers cendrés résistants au chancre laisse présager que ce feuillu noble a des chances raisonnables de se rétablir dans nos forêts et nos milieux urbains.

## Remerciements

Nos études n'auraient pu voir le jour sans la contribution financière du Fonds interministériel pour le rétablissement, géré principalement par Environnement et Changement climatique Canada. De sincères remerciements vont à Martine Blais et Caroline Bourdon (Centre de foresterie des Laurentides) pour le travail sur le terrain, notamment pour le suivi de l'état de santé de nombreux noyers cendrés. Robert Werbiski (Défense nationale) a été impliqué dès le début dans toutes nos études; nous lui serons toujours reconnaissants du temps et des efforts qu'il a consacrés à ce projet. Les collaborations de Benoît Roberge (Environnement et Changement climatique Canada), de Julie Bouliane et Louis

Bernier (Université Laval), de la Commission de la capitale nationale du Québec, de Parcs Canada et d'Agriculture et Agroalimentaire Canada ont aussi été grandement appréciées, particulièrement lors de l'inventaire des noyers cendrés réalisé de 2006 à 2008 sur des terres fédérales. Finalement, nous remercions Yan Boucher, les réviseurs scientifiques anonymes et toute l'équipe éditoriale du *Naturaliste canadien* pour leurs commentaires qui ont contribué à améliorer cet article. ◀

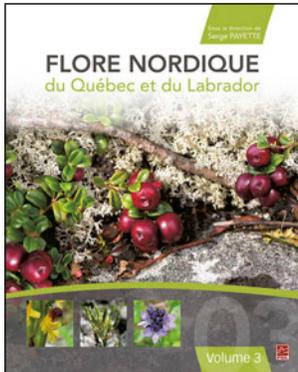
## Références

- AGRIOS, G.N., 2005. Plant Pathology. 5<sup>e</sup> édition. Elsevier Academic Press, Burlington, MA, USA, 922 p.
- ANAGNOSTAKIS, S.L., 1987. Chestnut blight: the classical problem of an introduced pathogen. *Mycologia*, 79: 23-37.
- ANDERSON, R.L. et L.A. LAMADELEINE, 1978. The distribution of butternut decline in the eastern United States. USDA Forest Survey Report S-3-78, Northeastern Area State and Private Forestry, Broomall, PA, 5 p.
- BORAKS, A. et K.D. BRODERS, 2016. Population genetic diversity of the rare hardwood butternut (*Juglans cinerea*) in the northeastern USA. *Tree Genetics & Genomes*, 12: article 43.
- BRODERS, K.D. et G.J. BOLAND, 2011. Reclassification of the butternut canker fungus, *Sirococcus clavignenti-juglandacearum*, into the genus *Ophiognomonia*. *Fungal Biology*, 115: 70-79.
- BROSI, S.L., 2010. Steps toward butternut (*Juglans cinerea* L.) restoration. Thèse de doctorat, University of Tennessee, 312 p. Disponible en ligne à : [https://trace.tennessee.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1411&context=utk\\_graddiss](https://trace.tennessee.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1411&context=utk_graddiss).
- CRANE, H.L., C.A. REED et M.N. WOOD, 1937. Nut breeding. Dans : USDA yearbook of agriculture: 75<sup>th</sup> Congress, 1<sup>st</sup> Session. House Document No. 28, US Government Printing Office, Washington, USA, p. 827-889.
- CUMMINGS-CARLSON, J. et M. GUTHMILLER, 1993. Incidence and severity of butternut canker in Wisconsin in 1976 and 1992. *Phytopathology*, 83: 1352.
- DAVIS, C.N., D.T. MYREN et E.J. CZERWINSKI, 1992. First report of butternut canker in Ontario. *Plant Disease*, 75: 972.
- DAVISON, V.E., 1964. Selection of foods by gray squirrels. *The Journal of Wildlife Management*, 28: 346-352.
- DESROCHERS, P., D. CLOUTIER, J. BÉRUBÉ, M. BLAIS, K. SAVARD et J. THIBAUT, 2011. État de santé du noyer cendré (*Juglans cinerea* L.) sur les terres fédérales au Québec en 2006-2008. Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts, Centre de foresterie des Laurentides, Québec, Rapport interne, 70 p.
- ENVIRONNEMENT CANADA, 2010. Programme de rétablissement du noyer cendré (*Juglans cinerea*) au Canada [Proposition], Série de Programmes de rétablissement de la *Loi sur les espèces en péril*, Environnement Canada, Ottawa, vii + 27 p. Disponible en ligne à : [https://www.registrelep-sararegistry.gc.ca/virtual\\_sara/files/plans/rs\\_butternut\\_0910\\_f.pdf](https://www.registrelep-sararegistry.gc.ca/virtual_sara/files/plans/rs_butternut_0910_f.pdf).
- FARRAR, J.L., 1995. Les arbres du Canada. Fides, Saint-Laurent, Québec et Service canadien des forêts, Ottawa, Ontario, 502 p.
- FARRAR, J.L., 2017. Les arbres du Canada. Fides et Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts, Ottawa, Ontario, 502 p.
- FORESTPRODUCTSLABORATORY, 2010. Wood handbook—Wood as an engineering material. USDA Forest Service, General Technical Report FPL-GTR-190, Forest Products Laboratory, Madison, WI, 508 p. Disponible en ligne à : [https://www.fpl.fs.fed.us/documnts/fplgtr/fpl\\_gtr190.pdf](https://www.fpl.fs.fed.us/documnts/fplgtr/fpl_gtr190.pdf).
- GAZETTE DU CANADA, 2005. Décret modifiant les annexes 1 à 3 de la *Loi sur les espèces en péril*. P. 1755. Disponible en ligne à : [http://www.registrelep-sararegistry.gc.ca/virtual\\_sara/files/orders/g2-13915\\_f.pdf](http://www.registrelep-sararegistry.gc.ca/virtual_sara/files/orders/g2-13915_f.pdf). [Visité le 2017-04-17].
- GRAVES, A.H., 1923. The Melanconis disease of the butternut (*Juglans cinerea* L.). *Phytopathology*, 13: 411-435.
- HALIK, S. et D.R. BERGDAHL, 2002. Potential beetle vectors of *Sirococcus clavignenti-juglandacearum* on butternut. *Plant Disease*, 86: 521-527.
- HARLOW, W.M., E.S. HARRAR et F.M. WHITE, 1979. Textbook of dendrology. 6<sup>e</sup> édition. McGraw Hill Book Company, New York, 510 p.
- HARRISON, K.J., J.E. HURLEY et M.E. OSTRY, 1998. First Report of butternut canker caused by *Sirococcus clavignenti-juglandacearum* in New Brunswick, Canada. *Plant Disease*, 82: 1282.
- HOBAN, S., T. MCCLEARY, S. SCHLARBAUM et J. ROMERO-SEVERSON, 2009. Geographically extensive hybridization between the forest trees American butternut and Japanese walnut. *Biology Letters*, 5: 324-327.
- HOLMES, F.W., 1976. The American elm fights back. *Horticulture*, 54: 72-78.
- INNES, L., 1998. *Sirococcus clavignenti-juglandacearum* on butternut and black walnut fruit. Dans : LAFLAMME, G., J.A. BÉRUBÉ et R.C. HAMELIN (édit.). Foliage, shoot and stem diseases of trees. Comptes-rendus de la conférence de l'UUFRO WP 7.02.02, Québec, 25-31 mai 1997. Ressources naturelles Canada, Sainte-Foy, Québec, Canada, p. 129-132.
- INNES, L. et A. RAINVILLE, 1996. Distribution et détection du *Sirococcus clavignenti-juglandacearum* au Québec. *Phytoprotection*, 77: 75-78.
- KATOVICH, S.A. et M.E. OSTRY, 1998. Insects associated with butternut and butternut canker in Minnesota and Wisconsin. *Great Lakes Entomologist*, 31: 97-108.
- KUNTZ, J.E., A.L. PREY, S. JUTTE et V.M.G. NAIR, 1979. The etiology, distribution, epidemiology, histology and impacts of butternut canker in Wisconsin. Dans : Walnut insects and diseases. Workshop proceedings, June 13-14, 1978. USDA Forest Service, General Technical Report NC-52, North Central Forest Experimental Station, St. Paul, MN, p. 69-72. Disponible en ligne à : <https://www.fs.usda.gov/treesearch/pubs/10117>.
- LABONTE, N.R., M.E. OSTRY, A. ROSS-DAVIS et K.E. WOESTE, 2015. Estimating heritability of diverse resistance and factors that contribute to long-term survival in butternut (*Juglans cinerea* L.). *Tree Genetics & Genomes*, 11: article 63.
- LARICCHIA, K.M., T.S. MCCLEARY, S.M. HOBAN, D. BORKOWSKI et J. ROMERO-SEVERSON, 2015. Chloroplast haplotypes suggest preglacial differentiation and separate postglacial migration paths for the threatened North American forest tree *Juglans cinerea* L. *Tree Genetics & Genomes*, 11: article 30.
- MCDANIEL, J.C., 1979. Other walnuts including butternut, heartnut, and hybrids. Dans : JAYNE, R.A. (édit.). Nut tree culture in North America. The Northern Nut Growers Association Inc., Hamden, CT, p. 98-110.
- MINISTRE DE LA JUSTICE, 2018. *Loi sur les espèces en péril*. Disponible en ligne à : <https://laws-lois.justice.gc.ca/fra/lois/s-15.3/> [à jour au 2018-12-06].
- MORIN, R., J. BEAULIEU, M. DESLAURIERS, G. DAoust et J. BOUSQUET, 2000. Low genetic diversity at allozyme loci in *Juglans cinerea*. *Canadian Journal of Botany*, 78: 1238-1243.
- NADEAU-THIBODEAU, N., 2015. Le chancre causé par l'*Ophiognomonia clavignenti-juglandacearum* : protection et rétablissement du noyer cendré. Mémoire de maîtrise, Université Laval, Québec, 120 p. Disponible en ligne à : <https://corpus.ulaval.ca/jspui/handle/20.500.11794/25821>.
- NAIR, V.M.G., C.J. KOSTICHKA et J.E. KUNTZ, 1979. *Sirococcus clavignenti-juglandacearum*: An undescribed species causing canker on butternut. *Mycologia*, 71: 641-646.
- NICHOLLS, T.H., 1979. Butternut canker. Dans : Walnut insects and diseases. Workshop proceedings, June 13-14, 1978. USDA Forest Service, General Technical Report NC-52, North Central Forest Experiment Station, St. Paul, MN, p. 73-82. Disponible en ligne à : <https://www.fs.usda.gov/treesearch/pubs/10117>.
- NIELSEN, C., M. CHERRY, B. BOYSEN, A. HOPKIN, J. MCLAUGHLIN et T. BEARDMORE, 2003. Rapport de situation du COSEPAC sur le noyer cendré (*Juglans cinerea*) au Canada. Dans : Évaluation et rapport de situation du COSEPAC sur le noyer cendré (*Juglans cinerea*) au Canada. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, Ontario, p. 1-37.

- ORCHARD, L.P., J.E. KUNTZ et K.J. KESSLER, 1982. Reactions of *Juglans* species to butternut canker and implications for disease resistance. Dans : Black Walnut for the Future. USDA Forest Service, General Technical Report NC-74, North Central Forest Experiment Station, St. Paul, MN, p. 27-31. Disponible en ligne à : <https://www.fs.usda.gov/treearch/pubs/10138>.
- OSTRY, M.E., 1997. Butternut canker: History, biology, impact, and resistance. Dans : Knowledge for the future of black walnut. Proceedings of the 5<sup>th</sup> black walnut symposium. USDA Forest Service, General Technical Report NC-191, North Central Forest Experiment Station, p. 192-199. Disponible en ligne à : <https://www.fs.usda.gov/treearch/pubs/10255>.
- OSTRY, M.E. et M. MOORE, 2007. Natural and experimental host range of *Sirococcus clavigignenti-juglandacearum*. Plant Disease, 91 : 581-584.
- OSTRY, M.E. et M. MOORE, 2008. Response of butternut selections to inoculation with *Sirococcus clavigignenti-juglandacearum*. Plant Disease, 92 : 1336-1338.
- OSTRY, M.E. et K. WOESTE, 2004. Spread of butternut canker in North America, host range, evidence of resistance within butternut populations and conservation genetics. Dans : Black walnut in a new century. Proceedings of the 6<sup>th</sup> walnut council research symposium. USDA Forest Service, North Central Research Station, Technical Report NC-243, p. 114-120. Disponible en ligne à : <https://www.fs.usda.gov/treearch/pubs/11988>.
- OSTRY, M.E., M.E. MIELKE et D.D. SKILLING, 1994. Butternut—Strategies for managing a threatened tree. USDA Forest Service, General Technical Report NC-165, North Central Forest Experiment Station, St. Paul, MN, 7 p. Disponible en ligne à : <https://www.fs.usda.gov/treearch/pubs/10229>.
- OSTRY, M.E., S. KATOVICH et R.L. ANDERSON, 1997. First report of *Sirococcus clavigignenti-juglandacearum* on black walnut. Plant Disease, 81 : 830.
- PAOLETTI, M., K.W. BUCK et C.M. BRASIER, 2006. Selective acquisition of novel mating type and vegetative incompatibility genes via interspecies gene transfer in the globally invading eukaryote *Ophiostoma novo-ulmi*. Molecular Ecology, 15 : 249-262.
- PARKS, A., M. JENKINS, M. OSTRY, P. ZHAO et K. WOESTE, 2014. Biotic and abiotic factors affecting the genetic structure and diversity of butternut in the southern Appalachian Mountains, USA. Tree Genetics & Genomes, 10 : 541-554.
- PIJUT, P.M., 1997. Micropropagation of *Juglans cinerea* L. (Butternut). Dans : BAJAJ, Y.P.S. (édit.). Biotechnology in agriculture and forestry, Vol. 39, High-tech and micropropagation V. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, p. 345-357. Disponible en ligne à : [https://www.nrs.fs.fed.us/pubs/book/nc\\_1997\\_Pijut\\_001.pdf](https://www.nrs.fs.fed.us/pubs/book/nc_1997_Pijut_001.pdf).
- PIJUT, P.M., 2004. Vegetative propagation of butternut (*Juglans cinerea*) field results. Dans : Black walnut in a new century. Proceedings of the 6<sup>th</sup> walnut council research symposium. USDA Forest Service, North Central Research Station, Technical Report NC-243, p. 37-44. Disponible en ligne à : <https://www.fs.usda.gov/treearch/pubs/11988>.
- PIJUT, P.M. et M.J. MOORE, 2002. Early season softwood cuttings effective for vegetative propagation of *Juglans cinerea*. HortScience, 37 : 697-700.
- POISSON, G. et M. URSIC, 2013. Recovery strategy for the Butternut (*Juglans cinerea*) in Ontario. Ontario Recovery Strategy Series, Prepared for the Ontario Ministry of Natural Resources, Peterborough, Ontario, v + 12 p. + Appendix vii + 24 p. Adoption of the Recovery Strategy for the Butternut (*Juglans cinerea*) in Canada (Environment Canada 2010). Disponible en ligne à : [http://files.ontario.ca/environment-and-energy/species-at-risk/mnr\\_rs\\_var\\_rs\\_bttrnt\\_en.pdf](http://files.ontario.ca/environment-and-energy/species-at-risk/mnr_rs_var_rs_bttrnt_en.pdf).
- PREY, A.J. et J.E. KUNTZ, 1982. The distribution and impact of butternut canker. Dans : Black Walnut for the Future. USDA Forest Service, General Technical Report NC-74, North Central Forest Experiment Station, St. Paul, MN, p. 23-26. Disponible en ligne à : <https://www.fs.usda.gov/treearch/pubs/10138>.
- RAINVILLE, A., L. INNES, F. COLAS, M. BETTEZ et S. MERCIER, 2001. Butternut canker in Quebec: a 5-year history that led to seed treatments. Dans : Canadian Tree Improvement Association, News Bulletin No. 34 (novembre), p. 14-16.
- RENLUND, D.W., 1971. Forest pest conditions in Wisconsin. Dans : Annual Report of the Wisconsin Department of Natural Resources, Madison, WI, p. 26-28.
- RINK, G., 1990. *Juglans cinerea* L. Butternut. Dans : BURNS, R.M. et B.H. HONKALA (édit.). Silvics of North America. Vol. 2 Hardwoods. USDA Forest Service Agricultural Handbook 654, Washington, DC, p. 386-390.
- RIOUX, D., M. BLAIS, N. NADEAU-THIBODEAU, M. LAGACÉ, P. DESROCHERS, K. KLIMASZEWSKA et L. BERNIER, 2018. First extensive microscopic study of butternut defense mechanisms following inoculation with the canker pathogen *Ophiognomonia clavigignenti-juglandacearum* reveals compartmentalization of tissue damage. Phytopathology, 108 : 1237-1252. doi: 10.1094/PHYTO-03-18-0076-R.
- ROSS-DAVIS, A., J. MCKENNA, M. OSTRY et A. WOESTE, 2008. Morphological and molecular methods to identify butternut (*Juglans cinerea*) and butternut hybrids: relevance to butternut conservation. Tree Physiology, 28 : 1127-1133.
- SAMBARAJU, K.R., P. DESROCHERS, D. RIOUX, D., Y. BOULANGER, N. KULKARNI, R.K. VERMA, M. PAUTASSO, D. PURESWARAN, V. MARTEL, C. HÉBERT, M. CUSSON et J. DELISLE, 2016. Forest ecosystem health and biotic disturbances: perspectives on indicators and management approaches. Dans : LAROCQUE, G.R. (édit.). Ecological forest management handbook. CRC Press, Boca Raton, FL, p. 459-515.
- SAMBARAJU, K.R., P. DESROCHERS et D. RIOUX, 2018. Factors influencing the regional dynamics of butternut canker. Plant Disease, 102 : 743-752.
- SINCLAIR, W.A. et H.H. LYON, 2005. Butternut canker. Dans : Diseases of trees and shrubs. 2<sup>e</sup> édition. Cornell University Press, Ithaca, NY, p. 116.
- SOGONOV, M.V., L.A. CASTLEBURY, A.Y. ROSSMAN, L.C. MEJÍA et J.F. WHITE, 2008. Leaf-inhabiting genera of the Gnomoniaceae, Diaporthales. Studies in Mycology, 62 : 1-77.
- SRIVASTAVA, K.K., M.E. OSTRY et S. KUMAR, 2005. Efficacy of Armicarb™ 100 against *Sirococcus clavigignenti-juglandacearum* (a butternut canker pathogen). Indian Journal of Forestry, 28 : 162-163.
- STRINGER, J.W. et R.F. WITWER, 1985. Release and fertilization of black walnut in natural stands. Dans : DAWSON, O.J. et A.K. MAJERUS (édit.). Proceedings of the 5<sup>th</sup> Central hardwood forest conference. University of Illinois, Urbana-Champaign, IL, États-Unis, p. 62-67.
- TANGUAY, P., M. BLAIS, A. POTVIN, D. STEWART, D. WALKER, N. NADEAU-THIBODEAU, P. DESROCHERS et D. RIOUX, 2018. qPCR quantification of *Ophiognomonia clavigignenti-juglandacearum* from infected butternut trees under different release treatments. Forest Pathology, 48:e12418. <https://doi.org/10.1111/efp.12418>.
- TISSERAT, N. et J.E. KUNTZ, 1983. Dispersal gradients of conidia of the butternut canker fungus in a forest during rain. Canadian Journal of Forest Research, 13 : 1139-1144.
- TISSERAT, N. et J.E. KUNTZ, 1984. Butternut canker: Development on individual trees and increase within a plantation. Plant Disease, 68 : 613-616.
- [USDA-NASS] UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE-NATIONAL AGRICULTURAL STATISTICS SERVICE, 2017. 2017 California walnut objective measurement report. Released on Sept. 6, 2017. Disponible en ligne à : [https://www.nass.usda.gov/Statistics\\_by\\_State/California/Publications/Specialty\\_and\\_Other\\_Releases/Walnut/Objective-Measurement/201709walom.pdf](https://www.nass.usda.gov/Statistics_by_State/California/Publications/Specialty_and_Other_Releases/Walnut/Objective-Measurement/201709walom.pdf).
- VOGLMAYR, H., L.A. CASTLEBURY et W.M. JAKLITSCH, 2017. *Juglanconis* gen. nov. on *Juglandaceae*, and the new family *Juglanconidaceae* (Diaporthales). Persoonia, 38 : 136-155.
- WALKER, D.M., L.A. CASTLEBURY, A.Y. ROSSMAN et L.C. MEJÍA, 2012. Phylogeny and taxonomy of *Ophiognomonia* (Gnomoniaceae, Diaporthales), including twenty-five new species in this highly diverse genus. Fungal Diversity, 57 : 87-147.
- WOESTE, K. et P.M. PIJUT, 2009. The peril and potential of butternut. Arnoldia, 66 : 2-12.
- WOESTE, K., L. FARLEE, M. OSTRY, J. MCKENNA et S. WEEKS, 2009. A forest manager's guide to butternut. Northern Journal of Applied Forestry, 26 : 9-14.

# Les livres

## Flore nordique du Québec et du Labrador, volume 3



Les occasions d'herboriser dans la toundra sont plutôt rares. Il ne faudrait pas pour autant vous priver d'acquérir la *Flore nordique*. Tout naturaliste en manque de données inédites sur les plantes du Québec sera conquis par cet ouvrage fondamental. On peut considérer cet ouvrage comme le compagnon naturel de la *Flore laurentienne* du frère Marie-Victorin, dont il est le complément septentrional

moderne. D'ailleurs, plusieurs des espèces décrites par la *Flore nordique* se trouvent également plus au sud en forêt boréale ou ailleurs dans le Québec méridional. Quoi qu'il en soit, ce n'est certes pas tous les jours qu'on voit éclore une telle entreprise dans le domaine des sciences naturelles au Québec.

Le volume 3 de la *Flore nordique* est l'avant-dernier jalon d'un projet colossal, visant à cataloguer, à décrire, à photographier et à cartographier l'ensemble des plantes au nord du 54° parallèle de la péninsule du Québec-Labrador, un territoire immense dont la limite sud se situe au nord des réservoirs hydroélectriques La Grande et Smallwood et qui englobe la presque totalité du Nunavik au Québec, du Nunatsiavut au Labrador ainsi que les îles du Nunavut bordant le littoral des baies d'Hudson et d'Ungava. Sur le plan écologique, cet ouvrage couvre le nord de la forêt boréale ouverte jusqu'à la toundra arctique, une région qui, aux dires de Serge Payette, est « *parmi les plus froides et les moins perturbées du Nord-Est américain* ».

Ce troisième volume présente 23 familles de plantes, soit des Elaeagnaceae aux Apiaceae, et comprend plusieurs espèces emblématiques du nord, telles que les draves, les kalmias, les airelles, les rhododendrons et les pédiculaires. Il est utile de rappeler ici que le volume 1 (561 pages; publié en 2013 et couronné du Prix scientifique de l'année 2013) propose en introduction un historique des inventaires floristiques dans l'aire d'étude, de même qu'une description du contexte géographique et de la structure biogéographique de la flore nordique. Il traite de 32 familles de plantes allant des Lycopodiaceae aux Eriocaulaceae, y compris, notamment, les fougères, les lycopodes, les gymnospermes, de même que les orchidées et les joncs. Le volume 2, quant à lui (711 pages; publié en 2015), présente 22 familles allant des

Papaveraceae aux Rosaceae, y compris, notamment, les renoncules, les droséras, les saxifrages, les saules et les bouleaux.

Si, au cours des dernières années, vous n'avez pas suivi les changements taxinomiques en botanique, vous risquez d'être surpris par la nouvelle nomenclature scientifique de certaines espèces. À mon avis, cet aspect milite en faveur de l'achat du livre même si, comme moi, vous n'avez pas souvent l'habitude d'herboriser aux abords de Kangihsualujjuaq. Par exemple, connaissez-vous le nouveau nom latin du thé du Labrador ou celui de l'épilobe à feuilles étroites?

La rédaction des comptes rendus d'espèces a été confiée à une équipe de 9 spécialistes qui nous présentent tour à tour une description de la famille, des genres et des espèces, puis proposent une ou plusieurs clés d'identification des espèces ainsi que de nombreuses et très belles photographies des plantes, dont plusieurs vues rapprochées des organes présentant des caractères diagnostiques. Malgré la participation de plusieurs auteurs, l'ensemble des textes proposés dans la flore est d'une grande cohérence, notamment en ce qui concerne la terminologie, la morphologie et les couleurs, grâce à un glossaire exhaustif, un ensemble couleur de planches anatomiques (à la manière d'un dictionnaire visuel) et d'un nuancier des couleurs d'une grande subtilité, que l'on trouve en deux exemplaires, l'un relié et l'autre mobile. Chaque volume contient ces trois sections fondamentales, de sorte qu'il est possible de les consulter sans devoir feuilleter les autres volumes. À mon avis, ces outils théoriques universels justifient également l'achat du livre. De plus, la section qui traite de la répartition des espèces et de leur habitat est normalisée, puisqu'elle a été rédigée par un seul auteur, soit Serge Payette, le directeur du projet. Cette section s'accompagne d'une carte qui illustre avec précision les occurrences connues de chaque taxon, sur un fond de couleurs illustrant les domaines bioclimatiques à titre de référence. Finalement, une liste exhaustive de références bibliographiques complète la présentation de chaque famille.

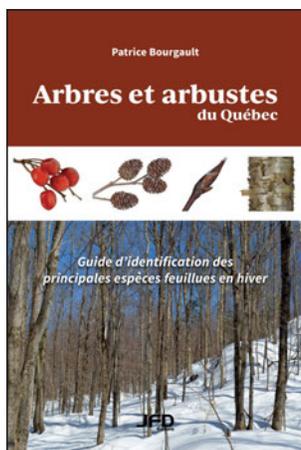
On attend déjà impatiemment la sortie du quatrième et dernier volume de cette série qui se présente déjà comme une nouvelle référence incontournable de la botanique québécoise.

Payette, S. (sous la direction de). 2018. *Flore nordique du Québec et du Labrador, volume 3*. Avec la collaboration des auteurs Marcel Blondeau, Alain Cuerrier, Norman Dignard, Michelle Garneau, Robert Gauthier, Jacques Labrecque, André Sabourin et Annie St-Louis. Presses de l'Université Laval. viii + 711 p.

Les trois premiers volumes de la série sont disponibles en ligne aux Presses de l'Université Laval ([www.pulaval.com](http://www.pulaval.com)) en format papier ou PDF au prix de 89,95 \$ par volume.

Source : Bruno Drolet

## Arbres et arbustes du Québec : guide d'identification des principales espèces feuillues en hiver



Au Québec, de la mi-octobre à la mi-avril, les feuillus, petits et grands, sont dénudés. Et il s'agit là d'un scénario optimiste puisque cette période est encore plus longue à mesure que l'on s'éloigne de la vallée du Saint-Laurent. C'est donc dire que pendant la moitié de l'année ou plus, on ne peut pas compter sur le plus simple caractère morphologique des espèces décidues — leurs feuilles — pour les identifier.

Pour contourner le problème, plusieurs auteurs ont développé

des clés d'identification faisant appel à des caractères autres que les feuilles. Ces clés se trouvent dans des ouvrages techniques tels que le classique *Arbres, arbustes et arbrisseaux du Québec : comment les identifier en toutes saisons*, de Parrot et Dignard, qui en est à sa neuvième édition. Plus récemment, on a vu apparaître des clés accessibles sur Internet, notamment celle produite par FloraQuebeca, *Identification des plantes ligneuses rencontrées en hiver*. Ces clés dichotomiques sont détaillées et précises, mais il faut déjà s'y connaître en morphologie végétale ou faire montre de patience pour les maîtriser.

Patrice Bourgault, l'auteur d'*Arbres et arbustes du Québec : guide d'identification des principales espèces feuillues en hiver*, était conscient du problème. Docteur en écologie, il coordonne les travaux pratiques en écologie au Département de biologie

de l'Université de Sherbrooke. Son expérience auprès des étudiants lui a montré que les outils existants se prêtaient mal à l'identification sur le terrain d'espèces végétales dépouillées de leurs feuilles, surtout pendant l'hiver alors que les conditions météorologiques sont peu clémentes. Il a donc choisi de créer un outil mieux adapté à ses besoins et à ceux de ses étudiants. Son but avoué : produire un guide épuré, concis et très visuel permettant d'accoler le plus rapidement possible un nom sur l'arbre ou l'arbuste à identifier.

Le résultat est fidèle à ces objectifs. L'auteur présente en cinq pages bien tassées ce qu'il faut savoir sur la morphologie des arbres et la façon d'utiliser le guide. Viennent ensuite les fiches de 57 espèces d'arbres et d'arbustes. Chaque espèce a droit à une description qui va à l'essentiel et à quelques photos de bonne taille permettant d'appuyer l'identification. La netteté de ces quelque 200 photos et l'information qu'elles véhiculent succinctement constituent la principale force de ce guide.

L'ouvrage est organisé en deux sections : la première réunit les 17 espèces ayant des rameaux et bourgeons opposés et la seconde les 40 espèces ayant des rameaux et bourgeons alternes. À l'intérieur de chaque section, les espèces sont présentées par ordre alphabétique. Cette simplicité a le défaut de ses qualités. À moins d'avoir une idée de l'espèce à laquelle il a affaire, l'utilisateur devra feuilleter les pages de chaque section une à une pour arriver à poser un verdict.

Le format de l'ouvrage permet de l'apporter facilement sur le terrain. Il s'agit donc d'un outil d'apprentissage, de loisir ou de travail qui plaira aux étudiants, aux naturalistes amateurs, aux propriétaires de boisés et même aux professionnels de la forêt, quitte à faire appel à des ouvrages plus techniques pour les espèces problématiques.

Bourgault, Patrice. 2019. *Arbres et arbustes du Québec : guide d'identification des principales espèces feuillues en hiver*. Les Éditions JFD, Montréal (Québec). 135 p. Prix : 34,95 \$.

Source : Jean Hamann



**Gervais Comeau** Conseiller en placement  
1040, avenue Belvédère bureau 101, Québec (Québec) G1S 3G3  
Téléphone : 418 681-2442 • gervais.comeau@iagto.ca



www.iavaleursmobilières.ca

# 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

## Vie de la Société



Une belle occasion d'étreindre les nouvelles pastilles éducatives !

### Des pastilles éducatives pour stimuler les jeunes

Le 4 octobre 2018, la Société Provancher accueillait 54 étudiants de l'École secondaire de Donnacona à la Réserve naturelle du Marais-Léon-Provancher. La visite de ces jeunes a été l'occasion d'étreindre nos nouvelles pastilles éducatives réparties le long des sentiers de la Réserve.

Cette sortie de terrain se voulait en appui à un cours d'introduction à l'écologie donné en première année du secondaire par madame Samantha Voyer. Ce type d'activité s'inscrit exactement dans la mission éducative de notre organisme.

Pour faire un rallye nature, les jeunes ont été répartis en quatre groupes dans les sentiers avec les animatrices de la Société Provancher, soit Pascale Forget, Sophie Prayal-Brown, Louise Fortin et Élisabeth Bossert. Lors de cette balade, ils ont eu l'occasion de découvrir les habitats du territoire, mais aussi diverses infrastructures installées pour aider les animaux dans leur quête d'abris, telles que les auberges à insectes, les nichoirs d'oiseaux, les dortoirs de chauves-souris et l'hibernacle à couleuvres.

Les étudiants étaient invités à bien observer les diverses manifestations de l'automne et ont vu comment la nature se prépare à l'hiver. Les écureuils roux étaient passablement actifs, et nous les avons vus manger les fruits d'un vieux pommier abandonné. Les oiseaux, quant à eux, recherchaient les graines de plusieurs plantes ainsi que les baies abondantes des aubépines et des sorbiers.

#### Au sujet de nos nouvelles pastilles éducatives :

Les nouvelles pastilles ont été créées dans le cadre du « Projet de mise en valeur, de sensibilisation et d'atténuation des menaces dans la Réserve naturelle du Marais-Léon-Provancher », financé par la Fondation Hydro-Québec pour l'environnement et la MRC de Portneuf. Il a été réalisé en collaboration avec la Fondation québécoise pour la protection du patrimoine naturel.

Plus de 30 pastilles ont été conçues sur plusieurs sujets. Elles peuvent être facilement disposées sur le terrain pour des circuits de rallye. Destinées aux familles et aux écoles fréquentant la Réserve naturelle du Marais-Léon-Provancher, elles sont particulièrement originales et ont été conçues pour piquer la curiosité des visiteurs. Il vous faudra venir « goûter » à ces pastilles éducatives!

Source : Élisabeth Bossert, Société Provancher

### Bar des Sciences : À quand la prochaine extinction massive de la biodiversité ?

Le jeudi 15 novembre 2018 a eu lieu le deuxième Bar des Sciences de la Société Provancher, présenté à la brasserie artisanale La Korrigan de Québec. C'est à 19 h 30, devant une salle bien remplie — soit 66 personnes — et très animée, que le débat a pris son envol. Le thème retenu était : À quand la prochaine extinction massive de la biodiversité ? Pour en débattre, nous avons invité trois spécialistes : la climatologue de l'environnement M<sup>me</sup> Nathalie Barrette, le paléontologue M. Fritz Neuweiler, et l'écologiste de la biodiversité M. Pierre Legagneux, tous trois rattachés à l'Université Laval. M. Jean-Luc Desgranges, biologiste à la retraite, a été le modérateur du débat.

#### Concept d'extinction massive

Voici ce que nous en disent les spécialistes : une extinction massive est un événement relativement bref à l'échelle du temps géologique au cours duquel au moins 75 % des espèces animales et végétales présentes sur la Terre disparaissent, autant dans sa partie terrestre qu'océanique. À ce jour, la Terre en aurait connu cinq, et ce, sur un horizon de 445 millions d'années !

Les causes de ces catastrophes sont multiples. De façon générale, les chercheurs en ce domaine reconnaissent la tombée d'astéroïdes sur la Terre comme l'une des principales causes. À cela serait associé le volcanisme. De tels phénomènes ont apporté des changements majeurs autant à la surface de la planète que dans les océans et ont eu d'importantes répercussions sur les êtres vivants de chaque époque. La plus remarquable — et la plus récente — des extinctions massives est sûrement celle appelée « extinction du Crétacé-Tertiaire » survenue il y a 65 millions d'années. Même si elle a occasionné la disparition de 75 % des poissons, elle se caractérise par la perte des grands dinosaures.

Dans ce contexte, il devient fort hasardeux de prédire à quel moment de l'histoire de la Terre surviendra une sixième extinction massive. Mais, si nous avions à la prédire, il est fort possible qu'elle soit d'origine anthropique.

#### À quand la prochaine extinction massive de la biodiversité ?

Notre modérateur, Jean-Luc Desgranges, nous a d'abord mis en appétit en relatant brièvement l'impact qu'a eu sur le paysage de notre planète l'*Homo sapiens* depuis sa très récente apparition, il y a environ 195 000 ans. Plus récemment, au cours des deux derniers siècles, plusieurs espèces animales et végétales ont disparu à cause de leur surexploitation, de la destruction des habitats et de la pollution sous toutes ses formes. De plus, la population humaine n'a jamais été aussi grande, et l'on prévoit qu'elle croîtra encore, malgré le constat que la Terre ne peut suffire à tous nous nourrir convenablement.

Pierre Legagneux a d'abord répondu à une question sur l'intégrité écologique. Par définition, la nature exige des adaptations constantes. Cependant, ces modifications sont actuellement plus rapides, en raison notamment des changements climatiques. Et il semble bien que l'*Homo sapiens* moderne soit le plus grand responsable de cette situation, mais il est difficile d'en prédire l'impact sur le long terme.



Pierre Fontaine

De gauche à droite : M. Fritz Neuweiler, paléontologue, Mme Nathalie Barrette, climatologue de l'environnement, M. Pierre Legagneux, écologiste de la biodiversité et M. Jean-Luc Desgranges, modérateur.



Pascale Forget

M. Daniel St-Onge s'adresse aux participants lors de la rencontre du 6 décembre 2018.

À la question à savoir quand surviendra une sixième extinction massive des espèces, Fritz Neuweiler a rappelé que pour qu'il y ait un tel événement, il faut que 75 % des espèces vivantes disparaissent. Or, on estime qu'il y aurait environ 9 millions d'espèces actuellement sur la Terre. S'il en disparaît 30 000, ça ne fera que 0,33 % d'entre elles ! Par conséquent, on ne peut donc pas parler d'extinction massive, même si ce constat nous paraît incroyable. La nature ne fait pas de romantisme. La disparition d'espèces en fait apparaître d'autres. C'est le cas notamment des coraux. L'histoire de l'évolution des espèces nous montre qu'une espèce vivante aurait une espérance de vie de l'ordre de 0,5 à 1 million d'années.

Depuis la « création » de la Terre, le climat a toujours été en constant changement. Nathalie Barrette nous a dit que plusieurs facteurs agissent individuellement ou en synergie pour faire varier le climat. Et cela a toujours été, avec parfois des périodes de stabilité de longue durée. Même l'axe de la Terre et son orbite autour du soleil ont sûrement joué un rôle dans les changements climatiques antérieurs.

#### **Comment peut-on agir pour réduire le risque d'une potentielle extinction des espèces ?**

Voilà une question de la salle, répondue par plusieurs intervenants. Un des plus grands problèmes actuels et futurs sur la Terre est celui de la démographie humaine. La pression exercée sur les écosystèmes pour subvenir aux besoins primaires des humains est telle que la planète ne peut « fournir à la tâche ». De plus, le concept d'économie basée sur la « croissance constante » est un paradigme insoutenable. Travailler à l'échelle de l'espèce est utopique. Il faut le faire de façon écosystémique. Les habitats sont au cœur de la survie des espèces. L'homme, l'espèce soi-disant la plus « intelligente » ayant existé sur la Terre, s'autodétruit petit à petit. Devrons-nous attendre d'atteindre le point de non-retour pour agir collectivement ? Que nous réserve l'avenir ? Où *Homo sapiens* sera-t-il rendu dans... 100, 1000, 10 000 ans ?

Source : Daniel Banville

#### **Hommage aux anciens administrateurs de la Société Provancher**

Le 6 décembre 2018 s'est tenu notre traditionnel déjeuner des anciens administrateurs de la Société Provancher. Cette rencontre des anciens administrateurs, organisée tous les deux ans, vise à entretenir les liens profonds qui unissent les anciens et les nouveaux administrateurs de la Société Provancher et à recueillir l'avis des anciens sur divers sujets d'actualité pour la Société. C'est toujours une belle occasion d'échanger sur les orientations, les projets et les activités à venir au sein de la Société. Il a été question en particulier des activités prévues pour souligner notre centième anniversaire en 2019, du lancement de notre toute première campagne de financement 2018-2020 et du projet de mise à niveau des infrastructures de notre précieux Parc naturel et historique de l'Île-aux-Basques.

M. Daniel St-Onge, actuel président de la Société, a souligné l'importante contribution de M. Evan Price qui a accepté d'agir comme président d'honneur de notre cérémonie d'ouverture des festivités du centenaire, activité qui s'est tenue le 2 mai 2019 à l'Aquarium du Québec. Il a aussi fait le point sur les contributions majeures qui ont été obtenues dans le cadre de notre campagne de dons.

M. William Garneau, président d'honneur de cette campagne de financement, a présenté une belle réflexion sur l'importance de bien planifier la relève afin d'assurer la pérennité des organisations.

Ce fut un beau moment de partage au cœur d'un milieu d'une grande beauté, l'Hôtel Entourage sur-le-lac, à Lac-Beauport.

Source : Pascale Forget,  
Société Provancher

### De nouveaux panneaux d'interprétation au préau de l'île aux Basques

Sept nouveaux panneaux d'interprétation et une nouvelle carte d'orientation ont été installés au préau de l'île aux Basques, à l'anse d'en Bas. Ils relatent l'historique de la présence des Basques dans l'estuaire du Saint-Laurent au 16<sup>e</sup> siècle. Les anciens panneaux d'interprétation, portant sur l'occupation amérindienne et basque sur l'île, s'étaient beaucoup dégradés depuis leur mise en place en 1999, en raison des embruns salés et des conditions climatiques sévères qui prévalent en hiver.

Au cours de l'été 2018, une équipe de bénévoles composée de Robert Patenaude, Ghislain Bergeron, Justin Boissinot et Pierre Fontaine a commencé les travaux d'enlèvement des anciens panneaux. Du 16

au 19 septembre 2018, une seconde équipe de bénévoles composée de Jean Tremblay, Hélène Fréchette, Guy Hamelin, Fabien Murdock, Gilles Harvey, Daniel Banville et Joan Ross s'est rendue à l'île pour achever le travail.

La préparation de ces nouveaux panneaux d'interprétation a nécessité beaucoup de bénévolat et a été possible grâce à des contributions financières de Parcs Canada, de la MRC des Basques et des fonds propres de la Société Provancher. Les textes ont été produits par Nathalie Le Coz et la conception graphique a été réalisée par la firme R-Design de Québec.

Source : Daniel Banville



Le préau de l'île aux Basques avec les nouveaux panneaux.

Daniel Banville

# Saviez-vous que...

## Création de la zone de protection marine du Banc-des-Américains

En mars 2019, Pêches et Océans Canada (MPO) a désigné la zone de protection marine (ZPM) du Banc-des-Américains en vertu de la *Loi sur les océans*. Cette désignation permettra de protéger une aire supplémentaire de 1 000 km<sup>2</sup> (0,02%) des océans du Canada, contribuant ainsi à l'atteinte des objectifs internationaux visant à conserver 10% des zones marines et côtières du Canada d'ici 2020. Situé à la pointe est de la Gaspésie, le banc des Américains est un habitat unique dans le golfe du Saint-Laurent. Le site comprend tout le talus sous-marin du banc des Américains et la zone environnante. Sa formation rocheuse particulière, alliée aux éléments nutritifs apportés par le courant de Gaspé, soutient une gamme extraordinaire d'habitats et d'espèces marines, et notamment une abondance d'espèces pêchées à des fins commerciales comme le crabe des neiges, la crevette nordique, le flétan de l'Atlantique, le flétan du Groenland, la morue de l'Atlantique, la plie canadienne, la plie grise, et le maquereau, ainsi que plusieurs espèces fourragères comme le capelan, le hareng, le lançon et le krill.

La zone abrite également des mollusques et des crustacés, comme le crabe et le homard. Elle présente un grand potentiel en tant qu'aire d'alimentation pour différentes espèces de poissons et de mammifères marins et offre un important habitat aux populations de poissons de fond.

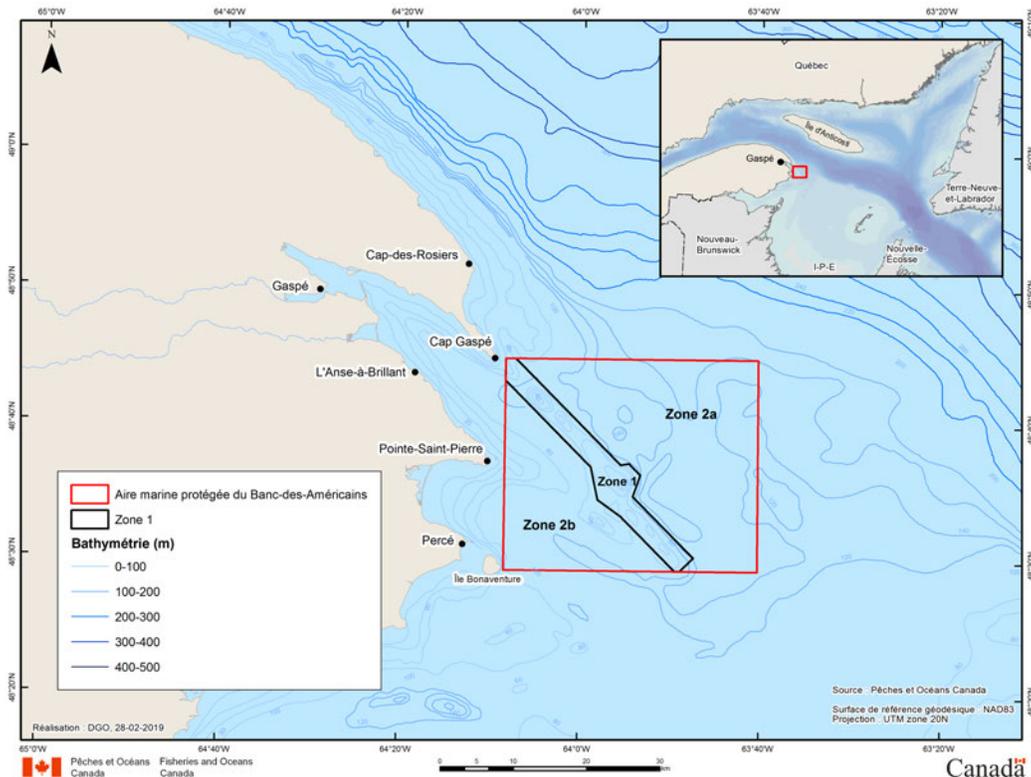
La zone de protection marine vise à protéger les habitats des fonds marins, les espèces fourragères et la colonne d'eau, en plus de faciliter le rétablissement d'espèces en péril, en particulier le rorqual bleu, le

loup tacheté et le loup à large tête. Les gouvernements du Canada et du Québec travaillent ensemble afin de protéger cet important écosystème. La toute nouvelle ZPM possédera un double statut, soit celui de réserve aquatique selon la législation du Québec, et celui de zone de protection marine en vertu de la *Loi sur les océans*.

Le Règlement de la ZPM du Banc-des-Américains établit deux zones de gestion qui offrent des niveaux de protection différents, selon la fragilité de chaque secteur. Dans la zone 1, qui est la plus fragile, la pêche au mouillage, la pêche commerciale et la pêche récréative sont interdites, mais la pêche autochtone à des fins alimentaires, sociales et rituelles continue d'y être autorisée. Dans la zone 2, la pêche commerciale au casier, la pêche à la palangre et la pêche à la ligne à main sont autorisées dans la mesure où elles ne visent pas certaines espèces fourragères. Ensemble, ces mesures assurent un niveau approprié de conservation et de protection de la zone.

Les activités pétrolières et gazières, le rejet d'eaux usées et le rejet d'eaux grises par les grands navires sont interdits dans l'ensemble de la ZPM. La création de la ZPM du Banc-des-Américains est le résultat de la collaboration avec les collectivités autochtones, l'industrie de la pêche, l'industrie du transport maritime, les organisations non gouvernementales en environnement, le milieu universitaire et les intervenants locaux, ainsi que les différents ordres de gouvernement. De vastes consultations auprès de ces partenaires et de ces intervenants ont permis de concevoir les objectifs de conservation, de déterminer les limites et d'élaborer l'approche à adopter en matière de réglementation.

Source : Pêches et Océans Canada



Aire de protection marine du Banc-des-Américains

### Parcs nationaux du Québec au Nunavik – Un 15<sup>e</sup> anniversaire dignement souligné

Les parcs nationaux du Québec au Nunavik ont 15 ans. Ce sont là une occasion rêvée pour le ministre des Forêts, de la Faune et des Parcs, M. Pierre Dufour, de rappeler le caractère unique de ces territoires riches d'une biodiversité insoupçonnée, lui qui était de passage à Kuujuaq le 12 février 2019 afin de souligner cet important anniversaire.

C'est en effet il y a un peu plus de 15 ans, le 1<sup>er</sup> janvier 2004, que le premier parc national du Québec au Nunavik était créé: le parc national des Pingualuit. Au fil des ans, les parcs nationaux Kuururjuaq (2009), Tursujuq (2013) et Ulittaniujalik (2016) se sont ajoutés. Ce sont autant de trésors régionaux majestueux où se côtoient des cours d'eau ruisselants, des populations de mammifères nobles ainsi que des vestiges d'occupation humaine datant de plus de 3000 ans.

M. Dufour a également profité de la présence de nombreux employés de ces parcs pour souligner la construction prochaine d'un pavillon des parcs du Nunavik à Kuujuaq. Ce pavillon, en plus de servir de lieu d'accueil, de rassemblement et de partage des connaissances, tant pour les visiteurs que pour les résidents, présentera une exposition permanente sur l'ensemble des parcs nationaux situés au Nunavik.

L'exploitation des parcs nationaux du Québec au Nunavik relève de l'Administration régionale Kativik (ARK). Leur aménagement découle à la fois d'engagements pris par le Gouvernement du Québec dans le cadre du Plan Nord et de l'Entente de partenariat sur le développement économique et communautaire au Nunavik. Fruits d'un travail de concertation, ces parcs n'auraient pu être créés sans la participation active des communautés inuite, crie et naskapie, de l'ARK et de la Société Makivik. Tous ces acteurs travaillent ensemble, avec le ministre des Forêts, de la Faune et des Parcs, afin de mettre en valeur les connaissances sur le territoire et la culture autochtone tout en respectant les souhaits et les préoccupations des communautés concernées.

Les parcs nationaux sont des ambassadeurs des richesses du Nunavik. En plus de contribuer à l'essor économique régional, ils représentent autant de lieux propices à la pratique d'activités traditionnelles, pour les générations d'aujourd'hui et de demain (M. Pierre Dufour, ministre des Forêts, de la Faune et des Parcs).

Source : Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs

### Atlas des milieux côtiers d'intérêt pour la conservation dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent

Environnement et Changement climatique Canada est heureux d'informer la population de la finalisation de l'*Atlas des milieux côtiers d'intérêt pour la conservation dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent*. Cet atlas présente les résultats d'une analyse visant à déterminer les sites qui présentent un grand intérêt pour la conservation de la biodiversité, autant en ce qui a trait aux grands types d'écosystèmes (milieux forestiers, milieux humides d'intérieur, marais côtiers, milieux sableux) qu'à d'autres éléments d'importance comme des colonies d'oiseaux, des aires de concentrations de l'arlequin plongeur, ou des occurrences fauniques et floristiques d'importance. Il est important de préciser que les limites du territoire d'étude de cet *Atlas* correspondent aux districts écologiques qui bordent l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent (y compris les îles), soit le niveau 4 du cadre écologique de référence du Québec (CERQ) produit par le ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC), ce qui exclut le milieu pélagique et les espèces marines.

Les données et les résultats de cet *Atlas* sont maintenant disponibles en ligne sur le site de l'Observatoire global du Saint-Laurent (OGSL<sup>1</sup>).

Vous trouverez sur ce site un rapport méthodologique qui présente les sources et l'analyse des données utilisées ainsi que les résultats des analyses et les cartes illustrant la répartition des territoires d'intérêt pour la conservation. De plus, les données géospatiales associées à cet *Atlas* et un document descriptif des métadonnées sont disponibles pour téléchargement. Les usagers peuvent les consulter pour connaître de façon plus précise la répartition spatiale des sites d'intérêt et leur valeur de conservation associée; ils pourront ainsi adapter l'analyse de ces données à leur réalité territoriale et selon leurs objectifs de conservation particuliers.

Produit dans le cadre du Plan d'action Saint-Laurent<sup>2</sup>, ce travail résulte d'une étroite collaboration entre le Service canadien de la faune d'Environnement et Changement climatique Canada (ECCC), le MELCC, ainsi que des organismes de conservation et des experts du monde de la conservation. La conservation des milieux naturels et des espèces en situation précaire étant une responsabilité partagée, cet *Atlas* permettra de répondre aux priorités de nombreuses organisations impliquées dans la conservation des milieux naturels des régions côtières de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent: organismes de conservation, municipalités, municipalités régionales de comté (MRC), organisations gouvernementales et institutions académiques. Cet *Atlas* se veut un outil d'aide à l'aménagement du territoire qui pourra soutenir l'élaboration de stratégies de conservation des milieux naturels à l'échelle locale et régionale.

Source : Benoît Jobin, Environnement et Changement climatique Canada, Service canadien de la faune

1. <https://catalogue.ogsl.ca/dataset/0a232214-05cc-438a-b914-6a8b53ac184e>

2. <http://planstlaurent.qc.ca/>

# EN ACTION

## POUR LA FAUNE EN DANGER

Grâce à la générosité de nos donateurs et aux contributions des chasseurs, des pêcheurs et des piégeurs, la Fondation de la faune soutient des projets de protection et de restauration d'habitats des espèces menacées et vulnérables du Québec.



Gilles Beauchamp / Québec couleur nature

### ➤ Aidez la faune en danger!

Devenez donateur mensuel:

[www.fondationdelafaune.qc.ca/aide/don\\_mensuel/](http://www.fondationdelafaune.qc.ca/aide/don_mensuel/)



Fondation  
de la faune  
du Québec



Groupe **Hemispheres**  
*15 ans* en environnement

-  Inventaire faunique
-  Caractérisation et cartographie des écosystèmes
-  Évaluation environnementale
-  Gestion écologique du territoire
-  Lacs et cours d'eau
-  Utilisation du drone pour la gestion des espaces naturels
-  Aide à la décision par la télédétection

QUÉBEC  
LÉVIS

MONTRÉAL  
ST-EUGÈNE, ON

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

SANS FRAIS 1 866 569-7140

[info@hemis.ca](mailto:info@hemis.ca)

 **aiglon indigo**

Végétaux et  
semences indigènes

Optez pour la plus importante pépinière de plantes indigènes dans le nord-est de l'Amérique du Nord. Nous contribuons à la préservation de la biodiversité et des écosystèmes avec plus de 600 produits au catalogue.

332 rang St-Joseph  
Lourdes, QC, G0S 1T0  
[info@aiglonindigo.com](mailto:info@aiglonindigo.com)  
[aiglonindigo.com](http://aiglonindigo.com)  
819-385-4509



Résistance naturelle.  
Avantages essentiels.

# Pour vos randonnées : deux territoires à découvrir...

## La Réserve naturelle du Marais-Léon-Provancher

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

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

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

[www.provancher.org](http://www.provancher.org)



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

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

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



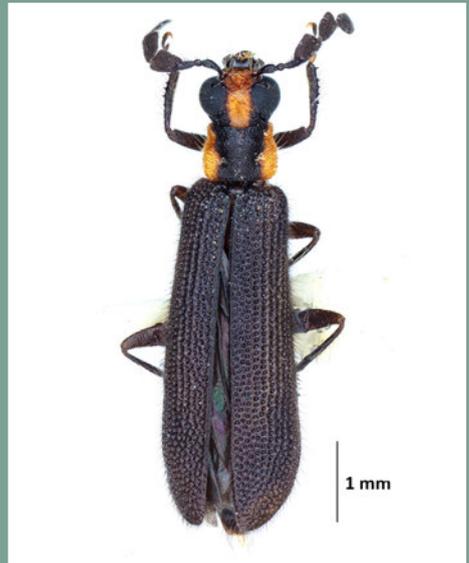
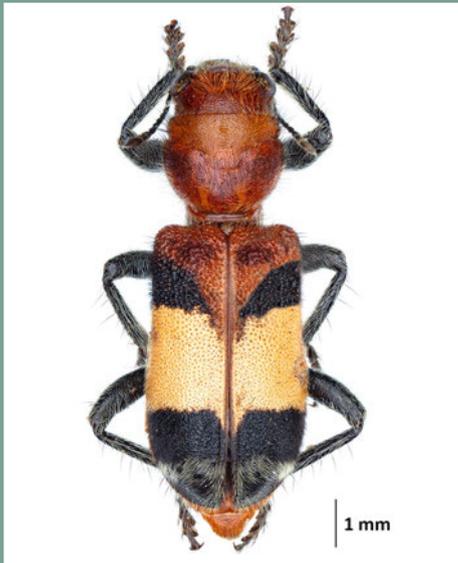
La location de chalets est offerte aux membres de la Société Provancher pour des séjours allant d'une à sept nuitées. Les modalités de réservation, le tableau des disponibilités et la grille tarifaire sont disponibles sur le site Internet de la Société Provancher :

[www.provancher.org](http://www.provancher.org)



Tommy Landry

Hampes fructifères du conopogon d'Amérique, p. 4



Joseph Moisan-De Serres et Étienne Normandin

*Enoclerus ichneumoneus*, *Monophylla terminata* et *Pyticeroidea laticornis*, p. 12



Jean-David Moore

*Lumbricus rubellus*, p. 33

CONVENTION DE LA POSTE-PUBLICATION NO 40999003  
 RETOURNER TOUTE CORRESPONDANCE NE POUVANT ÊTRE  
 LIVRÉE AU CANADA À:  
 SOCIÉTÉ PROVANCHER  
 C.P. 1335,  
 PORTNEUF QC G0A 2Y0