Sommaire des éléments probants relativement aux constatations clés pour les écozones+ du Bouclier boréal et Boréale de Terre-Neuve

Biodiversité canadienne : état et tendances des écosystèmes en 2010

Rapport sommaire des éléments probants relativement aux constatations clés n° 10

Publié par les Conseils canadiens des ministres des ressources

Catalogage avant publication de Bibliothèque et Archives Canada

Sommaire des éléments probants relativement aux constatations clés pour les écozones+ du Bouclier boréal et Boréale de Terre-Neuve.

Publié aussi en anglais sous le titre :
Boreal Shield and Newfoundland Boreal ecozones+ evidence for key findings summary
Monographie électronique en version PDF
ISBN 978-0-660-22638-5
N° de catalogue : En14-43/0-10-2010F-PDF

Le contenu de cette publication ou de ce produit peut être reproduit en tout ou en partie, et par quelque moyen que ce soit, sous réserve que la reproduction soit effectuée uniquement à des fins personnelles ou publiques, mais non commerciales, sans frais ni autre permission, à moins d'avis contraire.
On demande seulement :

- de faire preuve de diligence raisonnable en assurant l'exactitude du matériel reproduit;
- d'indiquer le titre complet du matériel reproduit et l'organisation qui en est l'auteur;
- d'indiquer que la reproduction est une copie d'un document officiel publié par le gouvernement du Canada et que la reproduction n'a pas été faite en association avec le gouvernement du Canada ni avec l'appui de celui-ci.
- La reproduction et la distribution à des fins commerciales est interdite, sauf avec la permission écrite de l'auteur. Pour de plus amples renseignements, veuillez communiquer avec l'informathèque d'Environnement Canada, au 1-800-668-6767 (au Canada seulement) ou au 819-997-2800, ou par courriel, à enviroinfo@ec.gc.ca.

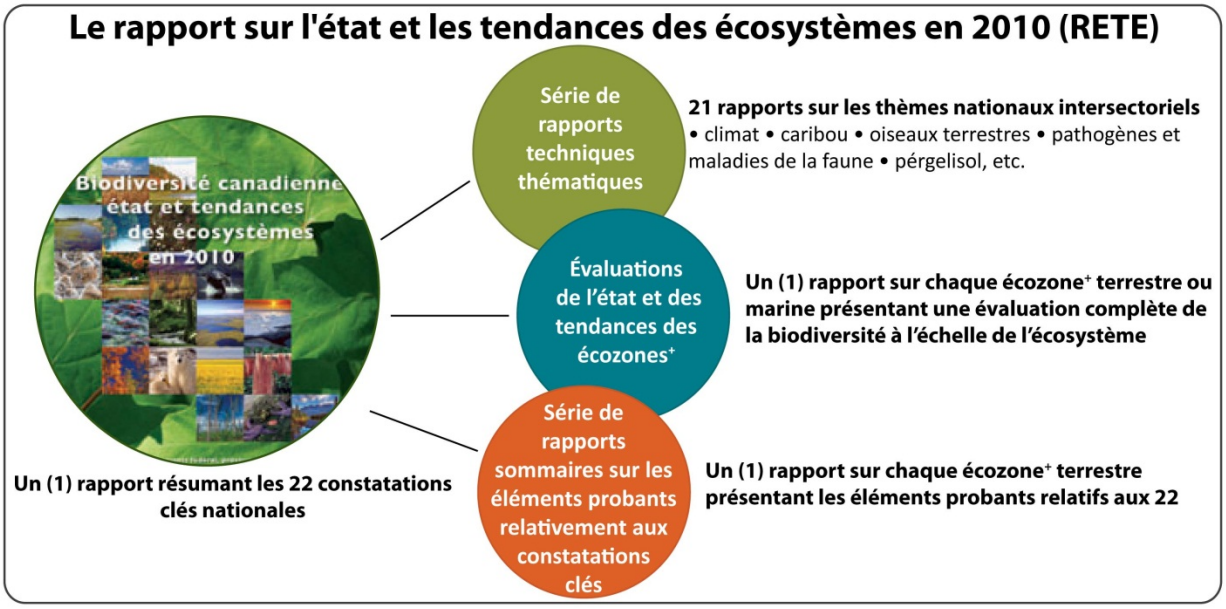
Photos, page couverture : mésange à tête brune, © istockphoto.com/C. Griggs/Parc national du Canada Pukaskwa, © istockphoto.com/vividus

Ce rapport devrait être cité comme suit :
Secrétariat du RETE. 2014. Sommaire des éléments probants relativement aux constatations clés pour les écozones+ du Bouclier boréal et Boréale de Terre-Neuve. Biodiversité canadienne : état et tendances des écosystèmes en 2010, Rapport sommaire des éléments probants relativement aux constatations clés n° 10. Conseils canadiens des ministres des ressources. Ottawa, (Ontario). xvii+230 p. http://www.biodivcanada.ca/default.asp?lang=Fr&n=137E1147-1

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2014
Also available in English

PRÉFACE

En 2006, les Conseils canadiens des ministres des ressources ont élaboré un *Cadre axé sur les résultats en matière de biodiversité*[4] visant à cibler les mesures de conservation et de restauration conformément à la *Stratégie canadienne de la biodiversité*[5]. Le rapport *Biodiversité canadienne : état et tendances des écosystèmes en 2010*[6] a été le premier rapport rédigé suivant ce cadre. Il présente 22 constatations clés issues de la synthèse et de l'analyse de rapports techniques préparés dans le cadre du présent projet. Ces rapports présentaient des renseignements et des analyses sur l'état et les tendances pour de nombreux thèmes nationaux intersectoriels (série de rapports techniques thématiques) et pour les écozones⁺ terrestres et marines du Canada (évaluations de l'état et des tendances des écozones⁺). Plus de 500 experts ont participé à l'analyse des données ainsi qu'à la rédaction et à l'examen de ces documents de base. Des rapports sommaires ont également été élaborés pour chaque écozone⁺ terrestre afin de présenter les éléments probants propres à ces écozones relativement à chacune des 22 constatations clés nationales (série de rapports sommaires sur les éléments probants relativement aux constatations clés). Ensemble, l'ensemble de ces produits constitue le *Rapport sur l'état et les tendances des écosystèmes en 2010* (RETE).



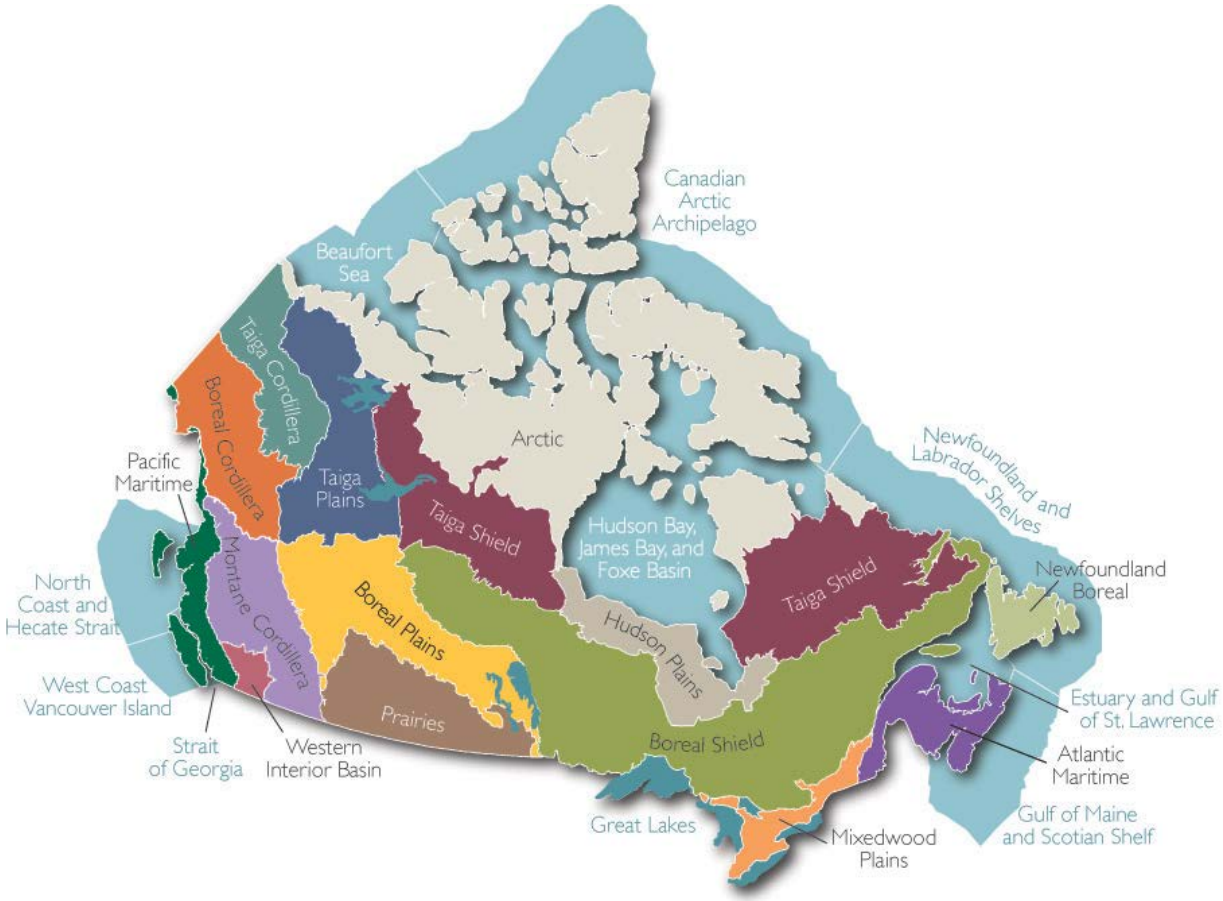
Le présent rapport, *Sommaire des éléments probants relativement aux constatations clés pour les écozones⁺ du Bouclier boréal et Boréale de Terre-Neuve*, présente les éléments probants des écozones⁺ du Bouclier boréal et Boréale de Terre-Neuve liés aux 22 constatations clés nationales et souligne les tendances importantes propres à ces écozones⁺. Ce rapport sommaire a comme fondement l'*Évaluation de l'état et des tendances de l'écozone⁺ du Bouclier boréal*[7] et l'ébauche de l'*Évaluation de l'état et des tendances de l'écozone⁺ Boréale de Terre-Neuve*, de même que la série de rapports techniques thématiques nationaux qui faisaient partie du programme de Rapport sur l'état et les tendances des écosystèmes. De plus, il met en relief les grandes tendances propres à cette écozone⁺, sans toutefois fournir une évaluation complète des données existant sur ses

divers écosystèmes. Le degré de détail de l'information présentée varie selon les constatations clés, et il se peut que des questions ou des ensembles de données aient été omis. Les renseignements tirés de la série de rapports techniques thématiques nationaux ont fait l'objet d'une certaine attention. Comme dans le cas de tous les produits du RETE, les périodes de référence utilisées pour l'évaluation des tendances varient – parce que la période permettant de dégager une tendance significative varie selon les divers aspects des écosystèmes et parce que l'évaluation s'appuie sur la meilleure information disponible, qui peut elle-même viser des périodes fort diverses.

Bien que les écozones+ du Bouclier boréal et de la Boréale de Terre-Neuve aient été traitées dans des rapports distincts des évaluations de l'état et des tendances, ils ont été combinés pour ce Sommaire des éléments probants relativement aux constatations clés parce que certains des rapports techniques thématiques combinaient ces écozones+ et parce que le cadre original[8] combinait ces régions en une seule écozone boréale. Lorsque c'était possible, on a fait une distinction entre les renseignements des deux écozones+ dans ce rapport.

Système de classification écologique – écozones[+]

Une version légèrement modifiée des écozones terrestres du Canada, décrite dans le *Cadre écologique national pour le Canada*[9], a permis de déterminer les zones représentatives d'écosystèmes pour tous les rapports compris dans le présent projet. Les modifications comprennent : un ajustement des limites terrestres pour tenir compte des améliorations résultant des activités de vérification au sol; la fusion des trois écozones de l'Arctique en une seule écozone; l'utilisation de deux écoprovinces, à savoir le bassin intérieur de l'Ouest et la forêt boréale de Terre-Neuve; l'ajout de neuf zones marines représentatives d'écosystèmes; et l'ajout de l'écozone des Grands Lacs. Ce système de classification modifié est appelé « écozones[+] » dans ces rapports afin d'éviter toute confusion avec les « écozones » mieux connues du cadre initial[8]. Pour ce qui est du Bouclier boréal, la limite entre les écozones des plaines hudsonniennes et du Bouclier boréal a été mise à jour dans l'Ontario, tandis que Terre-Neuve est considérée comme une écozone[+] distincte, l'écozone Boréale de Terre-Neuve[+].



Remerciements

Le secrétariat du rapport sur l'état et les tendances des écosystèmes pour le Canada (RETE) tient compte de Gregg Sheehy, Shelley Pardy Moores, et Isabelle Turcotte dans la préparation des différentes ébauches du rapport. Ce rapport a été examiné et modifié par Emily Gonzales. Kelly Badger en a été la principale conceptrice graphique. Un soutien additionnel a été offert par Ellorie McKnight, Michelle Connolly, Eric Jacobsen, Clementine Hiltner, et par d'autres personnes. Il est fondé sur l'Évaluation de l'état et des tendances de l'écozone+ du Bouclier boréal. D'autres spécialistes ont contribué d'une manière appréciable à cette ébauche de rapport et leurs noms sont énumérés ci-dessous. Des examens ont été fournis par des scientifiques et des gestionnaires de ressources provenant d'organismes pertinents des gouvernements provinciaux, territoriaux et fédéral. La Société canadienne d'écologie et d'évolution a également coordonné les examens en collaboration avec les experts externes.

Remerciements pour l'Évaluation de l'état et des tendances de l'écozone+ du Bouclier boréal

Auteurs principaux : I. Turcotte, L. Venier et D. Kirk

Auteurs collaborateurs: J. Boyd, M. McLaughlan, B. Dalton, R. Miller, B. Rodrigues, E. Muto, K. Pawley, É. Cadieux et A.-M. Turgeon

Auteurs des rapports techniques thématiques du RETE d'où proviennent les renseignements :

Oscillations climatiques à grande échelle ayant une incidence sur le Canada, de 1900 à 2008 : B. Bonsal et A. Shabbar

Tendances climatiques au Canada, de 1950 à 2007 : X. Zhang, R. Brown, L. Vincent, W. Skinner, Y. Feng et E. Mekis

Tendances des grands incendies de forêts au Canada, de 1959 à 2007 : C. C. Krezek-Hanes, F. Ahern, A. Cantin et M. D. Flannigan

Pathogènes et maladies de la faune au Canada : F. A. Leighton. Collaborateurs : I. K. Barker, D. Campbell, P.-Y. Daoust, Z. Lucus, J. Lumsden, D. Schock, H. Schwantje, K. Taylor et G. Wobeser

Tendances relatives à la reproduction des sauvagines au Canada : M. Fast, B. Collins et M. Gendron

Tendances relatives aux conditions du pergélisol et à l'écologie dans le nord du Canada : S. Smith

[Northern caribou population trends in Canada] : A. Gunn, D. Russell et J. Eamer

[Woodland caribou, boreal population, trends in Canada] : C. Callaghan, S. Virc et J. Duffe

Tendances relatives aux oiseaux terrestres au Canada, de 1968 à 2006 : C. Downes, P. Blancher et B. Collins. Collaborateurs : G. Falardeau, K. Mawhinney, J. Paquet, M. Cadman, L. Friesen, K. Hannah, B. Dale, W. Easton et P. Sinclair

Tendances relatives aux oiseaux de rivage canadiens : C. Gratto-Trevor, R.I.G. Morrison, B. Collins, J. Rausch et V. Johnston

Tendances de la capacité d'habitat faunique des terres agricoles du Canada, de 1986 à 2006 : S.K. Javorek et M.C. Grant

Tendances de l'azote résiduel dans le sol pour les terres agricoles du Canada, de 1981 à 2006 : C.F. Drury, J.Y. Yang et R. De Jong

Érosion des terres cultivées : introduction et tendances au Canada : B.G. McConkey, D.A. Lobb, S. Li, J.M.W. Black et P.M. Krug

Surveillance à distance de la biodiversité – sélection de tendances mesurées à partir d'observations par satellite du Canada : F. Ahern, J. Frisk, R. Latifovic et D. Pouliot

Tendances relatives aux oiseaux aquatiques coloniaux de l'arrière-pays et aux oiseaux de marais au Canada : D.V.C. Weseloh. Collaborateurs : G. Beyersbergen, S. Boyd, A. Breault, P. Brousseau, S.G. Gilliland, B. Jobin, B. Johns, V. Johnston, S. Meyer, C. Pekarik, J. Rausch et S.I. Wilhelm
Tendances dictées par le climat dans les écoulements fluviaux au Canada, de 1961 à 2003 : A. Cannon, T. Lai et P. Whitfield
Collaborateurs : R.A. Curry, N. Glozier et D.L. Peters

Biodiversité dans les rivières et lacs du Canada : W.A. Monk et D.J. Baird

Examen effectué par des scientifiques et des gestionnaires de ressources renouvelables et de la faune provenant d'organismes pertinents des gouvernements provinciaux et fédéral par l'intermédiaire d'un processus d'examen administré par le comité directeur du RETE. Des examens supplémentaires de sections particulières ont été menés par des chercheurs universitaires dans leur domaine d'expertise à la demande des auteurs.

Orientation offerte par le comité directeur du RETE réunissant des représentants d'organismes fédéraux, provinciaux et territoriaux.

Révision, synthèses, contributions techniques, cartes et graphiques et production de rapports par le Secrétariat du RETE d'Environnement Canada.

Connaissances traditionnelles autochtones compilées par D.D. Hurlburt à partir de sources accessibles au public.

Écozone+ Boréale de Terre-Neuve

Remerciements pour l'ébauche de l'Évaluation de l'état et des tendances de l'écozone Boréale de Terre-Neuve

Auteurs principaux : S.P. Moores, J. Humber et T. Leonard

Auteurs collaborateurs: G. Luther, J. Blake, M. McGrath, C. Sheffield, J. Gosse, D. Pelley, S. Squires, C. Hanel

Auteurs des rapports techniques thématiques du RETE d'où proviennent les renseignements :
Oscillations climatiques à grande échelle ayant une incidence sur le Canada, de 1900 à 2008 : B. Bonsal et A. Shabbar
Tendances climatiques au Canada, de 1950 à 2007 : X. Zhang, R. Brown, L. Vincent, W. Skinner, Y. Feng et E. Mekis
Tendances des grands incendies de forêts au Canada, de 1959 à 2007 : C. C. Krezek-Hanes, F. Ahern, A. Cantin et M. D. Flannigan
Pathogènes et maladies de la faune au Canada : F.A. Leighton
Collaborateurs : I.K. Barker, D. Campbell, P.-Y. Daoust, Z. Lucus, J. Lumsden, D. Schock, H. Schwantje, K. Taylor et G. Wobeser
Tendances relatives à la reproduction des sauvagines au Canada : M. Fast, B. Collins et M. Gendron
Tendances relatives aux conditions du pergélisol et à l'écologie dans le nord du Canada : S. Smith
Tendances des populations de caribou des zones septentrionales du Canada : A. Gunn, D. Russell et J. Eamer
Tendances relatives aux oiseaux terrestres au Canada, de 1968 à 2006 : C. Downes, P. Blancher et B. Collins. Collaborateurss : G. Falardeau, K. Mawhinney, J. Paquet, M. Cadman, L. Friesen, K. Hannah, B. Dale, W. Easton et P. Sinclair
Surveillance à distance de la biodiversité – sélection de tendances mesurées à partir d'observations

par satellite du Canada : F. Ahern, J. Frisk, R. Latifovic et D. Pouliot

Biodiversité dans les rivières et lacs du Canada : W.A. Monk et D.J. Baird

Orientation offerte par le comité directeur du RETE réunissant des représentants d'organismes fédéraux, provinciaux et territoriaux.

Révision, synthèses, contributions techniques, cartes et graphiques et production de rapports par le Secrétariat du RETE d'Environnement Canada.

Connaissances traditionnelles autochtones compilées par D.D. Hurlburt à partir de sources accessibles au public.

Table des matières

PRÉFACE II
Système de classification écologique – écozones+ iv
Remerciements v

GÉNÉRALITÉS SUR L'ÉCOZONE+ 1
Écozone+ du Bouclier boréal : notions de base sur l'écozone+ 1
Écozone+ Boréale de Terre-Neuve : notions de base sur l'écozone+ 6

COUP D'ŒIL SUR LES CONSTATATIONS CLÉS À L'ÉCHELLE NATIONALE ET À L'ÉCHELLE DE L'ÉCOZONE+ .. 10
Écozone+ du Bouclier boréal : constatations clés 10
Écozone+ Boréale de Terre-Neuve : constatations clés 19

THÈME : BIOMES 27
Forêts 27
Écozone+ du Bouclier boréal : forêts 27
Écozone+ du Bouclier boréal : oiseaux forestiers 35
Oiseaux nichant dans une cavité 40
Écozone+ Boréale de Terre-Neuve : forêts 40
Écozone+ Boréale de Terre-Neuve : oiseaux forestiers 43
Milieux humides 45
Écozone+ du Bouclier boréal : milieux humides 45
Écozone+ du Bouclier boréal : sauvagine 47
Écozone+ du Bouclier boréal : oiseaux de rivage 53
Écozone+ Boréale de Terre-Neuve : milieux humides 54
Écozone+ Boréale de Terre-Neuve : oiseaux des zones humides 55
Lacs et cours d'eau 56
Écozone+ du Bouclier boréal : lacs et cours d'eau 56
Débits fluviaux dans le bassin de la rivière Winnipeg 62
Écozone+ du Bouclier boréal : Cours d'eau régularisés 64
Écozone+ Boréale de Terre-Neuve : lacs et cours d'eau 65
Écozone+ Boréale de Terre-Neuve : Cours d'eau régularisés 68
Zone côtières 69
Écozone+ du Bouclier boréal : zones côtières 69
Écozone+ Boréale de Terre-Neuve : zones côtières 71
Écozone+ Boréale de Terre-Neuve : dunes littorales 71
Écozone+ Boréale de Terre-Neuve : élévation du niveau de la mer et érosion 72
Écozone+ Boréale de Terre-Neuve : zostère 74
Écozone+ Boréale de Terre-Neuve : oiseaux côtiers 74
La glace dans l'ensemble des biomes 77
Écozone+ du Bouclier boréal : la glace dans l'ensemble des biomes 77
Écozone+ du Bouclier boréal : glace lacustre 77
Écozone+ du Bouclier boréal : pergélisol 80
Écozone+ Boréale de Terre-Neuve 82
Écozone+ Boréale de Terre-Neuve : glace lacustre 82

THÈME : INTERACTIONS HUMAINS-ÉCOSYSTÈMES 82
Aires protégées 82
Écozone+ du Bouclier boréal : aires protégées 82

Intendance 87
Écozone+ du Bouclier boréal : intendance 87
Écozone+ Boréale de Terre-Neuve : intendance 88
Espèces non indigènes envahissantes 90
Écozone+ du Bouclier boréal : invertébrés non indigènes envahissants 91
Invertébrés non indigènes envahissants 91
Invertébrés non indigènes envahissants aquatiques 92
L'écrevisse américaine 93
La moule zébrée 94
Le cladocère épineux 94
Écozone+ du Bouclier boréal : agents pathogènes envahissants 96
Écozone+ du Bouclier boréal : plantes envahissantes 97
Écozone+ Boréale de Terre-Neuve : espèces non indigènes envahissantes 99
Écozone+ Boréale de Terre-Neuve : mammifères envahissants 99
Écozone+ Boréale de Terre-Neuve : plantes envahissantes 100
Écozone+ Boréale de Terre-Neuve : amphibiens envahissants 101
Écozone+ Boréale de Terre-Neuve : invertébrés terrestres envahissants 102
Écozone+ Boréale de Terre-Neuve : maladies invasives 102
Écozone+ Boréale de Terre-Neuve : invertébrés aquatiques envahissants 103
Le bryozoaire croûte de dentelle 103
Le botrylle étoilé 103
Le botrylloïde violet 104
Le crabe européen 104
Écozone+ Boréale de Terre-Neuve : poisson envahissant 105
Contaminants 106
Écozone+ du Bouclier boréal : contaminants 106
Contamination par le mercure 106
Écozone+ Boréale de Terre-Neuve : contaminants 112
Pollution par le pétrole 112
Eaux usées domestiques 112
Charge en éléments nutritifs et efflorescences algales 113
Écozone+ du Bouclier boréal : charge en éléments nutritifs et efflorescences algales 113
Écozone+ Boréale de Terre-Neuve : charge en éléments nutritifs et efflorescences algales 116
Dépôts acides 118
Écozone+ du Bouclier boréal : Dépôts acides 118
Écozone+ du Bouclier boréal : charges critiques et excédents 119
Écozone+ du Bouclier boréal : tendances concernant les écosystèmes aquatiques 120
Écozone+ du Bouclier boréal : effets de l'acidification sur les écosystèmes aquatiques 121
Changements climatiques 125
Écozone+ du Bouclier boréal : changements climatiques 125
Écozone+ Boréale de Terre-Neuve : changements climatiques 131
Services écosystémiques 134
Écozone+ du Bouclier boréal : services écosystémiques 134
Écozone+ Boréale de Terre-Neuve : écoservices 137

THÈME : HABITATS, ESPÈCES SAUVAGES ET PROCESSUS ÉCOSYSTÉMIQUES 138
Thème Habitats, espèces sauvages et processus écosystémiques 138
Paysages terrestres et marins intacts 138

Écozone+ du Bouclier boréal : paysages terrestres et marins intacts 138
Écozone+ Boréale de Terre-Neuve : paysages terrestres et marins intacts 140
Paysages agricoles servant d'habitat 141
Écozone+ du Bouclier boréal : paysages agricoles servant d'habitat 141
Écozone+ du Bouclier boréal : capacité d'habitat faunique 142
Écozone+ du Bouclier boréal : oiseaux d'habitats ouverts 145
Écozone+ Boréale de Terre-Neuve : paysages agricoles servant d'habitat 145
Espèces présentant un intérêt économique, culturel ou écologique particulier 146
Écozone+ du Bouclier boréal : espèces présentant un intérêt économique, culture ou écologique particulier 146
Écozone+ du Bouclier boréal : oiseaux 146
Oiseaux terrestres 146
Oiseaux forestiers 147
Oiseaux d'arbustes ou d'habitats au stade pionnier 148
Oiseaux d'autres habitats ouverts 148
Écozone+ du Bouclier boréal : caribou des bois (population boréale) 149
Écozone+ du Bouclier boréal : poisson 151
Écozone+ du Bouclier boréal : mammifères et animaux à fourrure carnivores 152
Écozone+ Boréale de Terre-Neuve : espèces présentant un intérêt économique, culture ou écologique particulier 155
Écozone+ Boréale de Terre-Neuve : caribou des bois (population de Terre-Neuve) 155
Écozone+ Boréale de Terre-Neuve : martre d'Amérique (population de Terre-Neuve) 156
Écozone+ Boréale de Terre-Neuve : poissons d'eau douce et poissons diadromes 157
Écozone+ Boréale de Terre-Neuve : plantes 157
Le braya 159
L'érioderme 159
Productivité primaire 161
Écozone+ du Bouclier boréal : productivité primaire 161
Écozone+ Boréale de Terre-Neuve : productivité primaire 162
Perturbations naturelles 163
Écozone+ du Bouclier boréal : perturbations naturelles 163
Écozone+ du Bouclier boréal : feu 164
Écozone+ du Bouclier boréal : infestations d'insectes indigènes à grande échelle 165
La tordeuse des bourgeons de l'épinette 165
L'arpenteuse de la pruche 166
Autres insectes phyllophages 167
Écozone+ Boréale de Terre-Neuve : perturbations naturelles 167
Écozone+ Boréale de Terre-Neuve : feu 167
Écozone+ Boréale de Terre-Neuve : infestations d'insectes indigènes à grande échelle 168
Le diprion du sapin 168
La tordeuse des bourgeons de l'épinette 170
L'arpenteuse de la pruche 171
Réseaux trophiques 172
Écozone+ du Bouclier boréal : réseaux trophiques 172

THÈME : INTERFACE SCIENCE-POLITIQUE 174
Surveillance de la biodiversité, recherche, gestion de l'information et communication des résultats 174

Changements rapides et seuils 175
CONCLUSION : BIEN-ÊTRE HUMAIN ET BIODIVERSITÉ 176
RÉFÉRENCES 177

Liste des figures

Figure 1. Carte générale des écozones+ du Bouclier boréal et Boréale de Terre-Neuve. 1
Figure 2. Couverture terrestre de l'écozone+ du Bouclier boréal, 2005. 3
Figure 3. Population humaine de l'écozone+ du Bouclier boréal, de 1971 à 2006. 4
Figure 4. Couverture terrestre en 2005 pour l'écozone+ Boréale de Terre-Neuve. 8
Figure 5. Population humaine de l'écozone Boréale de Terre-Neuve de 1971 à 2006. 8
Figure 6. Carte des forêts aménagées des portions de l'écozone+ du Bouclier boréal situées en Saskatchewan et au Manitoba. 28
Figure 7. Carte des forêts aménagées des portions de l'écozone+ du Bouclier boréal situées en Ontario et au Québec. 29
Figure 8. Aire des types de couverture selon les espèces d'arbres dans la section de forest Pineland pour les années 1970, 1980 et 1990. 30
Figure 9. Changements dans la proportion des groupes de composition des espèces d'arbres après la récolte dans 1 522 parcelles partout dans la forêt boréale de la région de l'Ontario entre la période de 1970 à 1985 et 1990 (de 5 à 20 ans après l'abattage). 31
Figure 10. Aire proportionnelle selon le type de couverture dans le sous-domaine de l'est est de l'épinette et de la de pessière à mousse au Québec. 31
Figure 11. La superficie (en milliers de km^2) de la distribution par classe d'âge pour les forêts aménagées de l'Ontario, pour tous les types de forêt en 1996, 2001 et 2006. 32
Figure 12. Aire proportionnelle des sous-domaines les plus communs par stade de développement dans la portion du Québec de l'écozone+ du Bouclier boréal. 34
Figure 13. Aire de chaque classe d'âge pour les forêts de l'écozone+ Boréale de Terre-Neuve, 2009. 41
Figure 14. Incidence des orignaux sur la régénération de la forêt dans le parc national du Canada Terra-Nova, T.-N.-L. 43
Figure 15. Nombre de couples reproducteurs pour a) des canards barboteurs sélectionnés : le canard d'Amérique le canard colvert et la sarcelle d'hiver et b) des canards plongeurs et canards de mer sélectionnés : le petit garrot, le garrot, le fuligule à collier, le petit fuligule et le fuligule milouinan et la macreuse dans la partie ouest de l'écozone+ du Bouclier boréal de 1970 à 2006. 50
Figure 16. Nombre de couples reproducteurs pour a) des canards barboteurs sélectionnés : le canard noir, la sarcelle d'hiver et le canard colvert et b) des canards plongeurs et canards de mer sélectionnés : le petit garrot, le garrot et le fuligule à collier dans la partie est de l'écozone+ du Bouclier boréal de 1990 à 2006. 51
Figure 17. Nombre de couples reproducteurs de bernaches du Canada au cours des années dans les parties ouest (1970 à 2006) et est (1990 à 2006) de l'écozone+ du Bouclier boréal. 53

Figure 18. Le nombre de sites présentant des tendances à la hausse ou à la baisse significatives (p < 0,1) pour chaque indicateur de variable d'altération hydrologique dans l'écozone+ du Bouclier boréal de 1970 à 2005. 57
Figure 19. Stations hydrométriques naturelles dans l'écozone+ du Bouclier boréal selon le groupe hydrologique (de 1 à 6) et l'action de l'écoulement fluvial (de a à c), de 1961 à 2003. 58
Figure 20. Changements dans l'écoulement fluvial, la température et les précipitations entre 1961 et 1982 et entre 1983 et 2003 dans le groupe hydrologique 1 de l'écozone+ du Bouclier boréal, ainsi qu'un exemple de Grass River représentant le groupe 1b. 60
Figure 21. Changements dans l'écoulement fluvial, la température et les précipitations entre 1961 et 1982 et entre 1983 et 2003 dans le groupe hydrologique 3 de l'écozone+ du Bouclier boréal, ainsi qu'un exemple de Sturgeon River représentant le groupe 3c. 61
Figure 22. Carte illustrant les tendances du débit a) minimal et b) maximal sur un jour des rivières naturelles au Canada, maximal selon l'écozone+, de 1970 à 2005. 63
Figure 23. Répartition des barrages de plus de 10 m de hauteur dans l'écozone+ du Bouclier boréal, groupés par année d'achèvement de la construction de 1830 à 2005. 64
Figure 24. Nombre de barrages de plus de 10 m construits dans l'écozone+ du Bouclier boréal par décennie, des années 1900 aux années 2000 (sauf de 2000 à 2005). 65
Figure 25. Stations hydrométriques naturelles dans l'écozone+ Boréale de Terre-Neuve selon le groupe hydrologique (1 ou 4) et l'action de l'écoulement fluvial (a, c ou d), de 1961 à 2003. 65
Figure 26. Changements dans a) l'écoulement fluvial, b) la température et c) les précipitations pour le groupe hydrologique 4 dans l'écozone+ Boréale de Terre-Neuve, de 1961 à 2003. 66
Figure 27. Changements dans l'écoulement fluvial comparant la période de 1961 à 1982 à celle de 1983 à 2003 pour la rivière Bay du Nord (à gauche) et la rivière Gander (à droite). 68
Figure 28. Répartition des barrages de plus de 10 m de hauteur dans l'écozone+ Boréale de Terre-Neuve, groupés par année d'achèvement de la construction de 1830 à 2005. 68
Figure 29. Sensibilité à l'érosion côtière des quatre types principaux de systèmes côtiers du secteur maritime laurentien du Québec selon les taux d'érosion historiques et récents. 70
Figure 30. Nombre de cormorans à aigrettes dans les refuges sur la rive nord du golfe du Saint-Laurent de 1925 à 2005. 71
Figure 31. Dunes de sable dans l'écozone+ Boréale de Terre-Neuve. 72
Figure 32. Érosion côtière à Admiral's Beach, à la presqu'île Avalon, érodant cette voie de transport. 73
Figure 33. Élévation le long du transect d'une plage à Mobile, T.-N.-L., de 1995 à 2005, montrant l'érosion dans la partie supérieure du système de plage. 73
Figure 34. Nombre de collectivités dans l'est de Terre-Neuve présentant divers niveaux de sensibilité à l'élévation du niveau de la mer. 74
Figure 35. Changements dans la date de dégel de la glace sur les lacs au Canada, de 1950 à 2005. 78
Figure 36. a) Tendances pour la débâcle et b) tendances pour l'englacement de 12 lacs de l'écozone+ du Bouclier boréal, de 1970 à 2004. 79

Figure 37. Carte du pergélisol au Canada. 80
Figure 38. Taux de dégel du pergélisol (cm/année) à quatre sites de l'écozone+ du Bouclier boréal de 1940 à 2000. 81
Figure 39. Accumulation des aires protégées dans l'écozone+ du Bouclier boréal, de 1893 à 2009. 83
Figure 40. Distribution des aires protégées de l'écozone+ du Bouclier boréal, mai 2009. 84
Figure 41. Accumulation des aires protégées dans l'écozone+ Boréale de Terre-Neuve, de 1957 à 2009. 85
Figure 42. Carte des aires protégées de l'écozone+ Boréale de Terre-Neuve, 2009. 86
Figure 43. Nombre cumulatif d'unités de gestion et aire totale gérés dans le cadre d'ententes municipales d'intendance dans l'écozone+ Boréale de Terre-Neuve, de 1993 à 2013. 89
Figure 44. Nombre d'espèces de plantes exotiques envahissantes au Canada par écozone+. 91
Figure 45. Croissance de la répartition basée sur l'observation d'écrevisse américaine en Ontario en fonction du temps, de 1964 à 2008. 93
Figure 46. Croissance de la répartition basée sur l'observation de moules zébrées en Ontario en fonction du temps, de 1988 à 2008. 94
Figure 47. Changements dans a) la richesse des espèces, b) la diversité de Shannon-Wiener, c) E_{var} et d) l'abondance totale (individus par m^3) pour le zooplancton crustacé, les cladocères et les copépodes dans les lacs envahis par le cladocère épineux et dans des lacs de référence du sud de l'écozone+ du Bouclier boréal. 95
Figure 48. Croissance de la répartition basée sur l'observation de cladocères épineux en Ontario en fonction du temps, de 1980 à 2007. 96
Figure 49. Expansion de l'étendue de la salicaire pourpre en Amérique du Nord de 1880 à 1992. 98
Figure 50. Expansion de l'étendue du myriophylle en épi en Amérique du Nord de 1950 à 1985. 98
Figure 51. Distribution généralisée d'alliaire officinale en Amérique du Nord selon les spécimens et la flore d'herbiers. 98
Figure 52. Espèces non indigènes de l'écozone+ Boréale de Terre-Neuve, 2000. 99
Figure 53. Nombre de sites (max = 3) dans chacune des trois régions où les espèces de grenouilles et de crapaud ont été relevées dans l'ouest de Terre-Neuve, 2001-2002. 101
Figure 54. Dépôt annuel de l'hiver et de la saison des eaux libres (c.-à-d. de la fin du printemps à l'automne) de Hg total de la précipitation en espace découvert dans la région des lacs expérimentaux (RLE) du nord-ouest de l'Ontario de 1992 à 2006. 107
Figure 55. Teneurs en mercure de sédiments de l'ère préindustrielle et d'aujourd'hui recueillis dans la zone profonde de 171 lacs du sud et du centre de l'Ontario. 107
Figure 56. Concentrations moyennes (±95 % IC) du Hg total (µg/g de poids humide) dans le tissu musculaire du grand corégone provenant des réservoirs hydroélectriques du nord du Manitoba. 109
Figure 57. Niveaux de mercure (poids sec) dans les poils de loutres âgées de 0,5 à 11,5 ans provenant de cantons en Ontario. 110
Figure 58. Concentrations de mercure chez le doré jaune provenant de quatre lacs, selon l'année de récolte et la distance du lac de récolte de la source ponctuelle de contamination, 1973, 1985, 1989, et 2003. 111

Figure 59. a) Apport et perte d'azote et azote résiduel dans le sol (ARS) et b) quantité d'azote provenant du fumier, de l'engrais et de la fixation par les récoltes de légumineuses dans l'écozone+ du Bouclier boréal, de 1981 à 2006. 114
Figure 60. Carte a) des classes de risque pour l'azote résiduel dans le sol (ARS) en 2006 et b) des changements dans les classes de risque de l'ARS de 1981 à 2006 pour les terres agricoles dans l'écozone+ du Bouclier boréal..... 115
Figure 61. Nombre de lacs et de cours d'eau (en piles) dans lesquels des algues bleu-vert ont été relevées pour les unités administratives du Québec situées dans l'écozone+ du Bouclier boréal de 2006 à 2012. 116
Figure 62. a) Apport et perte d'azote et azote résiduel dans le sol (ARS) de 1981 à 2006, b) carte des changements d'ensemble dans les classes de risque d'ARS de 1981 à 2006 et c) carte des classes de risque en 2006 pour les terres agricoles dans l'écozone+ Boréale de Terre-Neuve. 117
Figure 63. Excédents de charge critique à l'état d'équilibre calculés en utilisant les dépôts totaux estimés « actuels » de soufre et d'azote, selon les meilleures données disponibles en 2009. 120
Figure 64. Graphique d'une fonction en escalier modélisant la relation entre le pH et la richesse des espèces de zooplancton. 122
Figure 65. Nombre de sites colonisés par les éphéméroptères (Stenacron interpunctatum) (bleu foncé), S. femoratum (bleu pâle) et l'amphipode Hyatella azteca (vert) dans a) le lac George et b) le lac Partridge près de Killarney, en Ontario, entre 1997 et 2002. 123
Figure 66. Le nombre total de couples reproducteurs de plongeons huards (line tiretée) et de petits (ligne pleine) observé durant les relevés de 76 lacs dans le parc national du Canada de la Mauricie, au Québec, entre 1987 et 2002. 124
Figure 67. Changement dans les températures moyennes de l'écozone+ du Bouclier boréal de 1950 à 2007 pour : a) le printemps (de mars à mai), b) l'été (de juin à août), c) l'automne (de septembre à novembre) et d) l'hiver (de décembre à février). 127
Figure 68. Changement dans les quantités de précipitations mesurées dans l'écozone+ du Bouclier boréal de 1950 à 2007 pour : a) le printemps (de mars à mai), b) l'été (de juin à août), c) l'automne (de septembre à novembre) et d) l'hiver (de décembre à février)..... 128
Figure 69. Changement dans la durée des neiges (le nombre de jours avec ≥2 cm de neige au sol) dans l'écozone+ du Bouclier boréal de 1950 à 2007 dans a) la première moitié de la saison de neige (d'août à janvier), qui indique un changement dans la date de début de la couverture de neige et b) la deuxième moitié de la saison de neige (de février à juillet), qui indique un changement dans la date finale de la couverture de neige. 129
Figure 70. Anomalies dans les températures moyennes a) durant l'été (de juin à août) et b) durant l'automne (de septembre à novembre) de 1950 à 2007 par rapport aux moyennes de la période de base (de 1961 à 1990) dans l'écozone+ Boréale de Terre-Neuve. 132
Figure 71. Anomalies des précipitations a) au printemps (de mars à mai), b) à l'automne (de septembre à novembre) et c) à l'hiver (de décembre à février) de 1950 à 2007 par rapport aux moyennes pour la période de base (de 1961 à 1990) dans l'écozone+ Boréale de Terre-Neuve. 133

Figure 72. a) Nombre total de peaux d'animaux sauvages (représentant toutes les espèces de l'écozone+ qui sont piégées) et b) valeur des peaux d'animaux sauvages piégés par province de 1970 à 2006. 136
Figure 73. a) Nombre total de peaux d'animaux sauvages (représentant toutes les espèces de l'écozone+ qui sont piégées) et b) valeur des peaux d'animaux sauvages piégés à Terre-Neuve-et-Labrador de 1970 à 2006. 137
Figure 74. Parcelles de paysages terrestres intacts d'une superficie supérieure à 10 km^2 (montrés en vert) dans l'écozone+ du Bouclier boréal en 2006. 138
Figure 75. Régions faisant l'objet de revendications dans le « grand nord » de l'Ontario, en 1998 et en 2008. 139
Figure 76. Parcelles de paysages terrestres intacts d'une superficie supérieure à 10 km^2 (montrés en vert) dans l'écozone+ Boréale de Terre-Neuve en 2006. 140
Figure 77. Pourcentage de terrain défini comme terres agricoles dans l'écozone+ du Bouclier boréal en 2006. 141
Figure 78. Superficie totale des terres agricoles, quantité de terrain par type de couverture et pourcentage relatif de chaque type de couverture (dans le tableau) pour l'écozone+ du Bouclier boréal en 1986, 1996 et 2006. 143
Figure 79. La proportion de terres agricoles dans chaque catégorie de capacité d'habitat (ordonnée de gauche, barres empilées) et la capacité d'habitat moyenne (ordonnée de droite, points et ligne) pour l'écozone+ du Bouclier boréal en 1986, 1996 et 2006. 143
Figure 80. Changements dans la capacité d'habitat de la faune sur les terres agricoles de l'écozone+ du Bouclier boréal de 1986 à 2006. 144
Figure 81. Changement en pourcentage de l'abondance relative moyenne des assemblages d'oiseaux dans l'écozone+ du Bouclier boréal entre les années 1970 et 2000 à 2006. 147
Figure 82. Changements dans l'indice d'abondance annuel pour les oiseaux forestiers de l'écozone+ du Bouclier boréal de 1968 à 2006. 147
Figure 83. Changements dans l'indice d'abondance annuel pour les oiseaux d'arbustes ou d'habitats au stade pionnier dans l'écozone+ du Bouclier boréal de 1968 à 2006. 148
Figure 84. Changements dans l'indice d'abondance annuel pour les oiseaux d'autres habitats ouverts dans l'écozone+ du Bouclier boréal de 1968 à 2006. 149
Figure 85. État de populations locales de caribou boréal dans l'écozone+ du Bouclier boréal. 151
Figure 86. Nombre total de fourrures du Québec, de l'Ontario, du Manitoba et de la Saskatchewan selon le type d'animaux sauvages de 1970 à 2009. 153
Figure 87. Nombre de carcajous récoltés par les trappeurs chaque année en Saskatchewan, au Manitoba, en Ontario et au Québec, de 1970 à 2009. 153
Figure 88. Aire de répartition historique et « actuelle » (2003) des carcajous en Amérique du Nord. 154
Figure 89. Nombre de visons sauvages piégés au Québec, en Ontario, au Manitoba et en Saskatchewan de 1970 à 2009. 154
Figure 90. Estimation des populations de caribous sur l'île de Terre-Neuve, de 1952 à 2008. 156
Figure 91. Carte des changements observés dans l'indice de végétation par différence normalisée (IVDN) pour l'écozone+ du Bouclier boréal, de 1985 à 2006. 161

Figure 92. Carte des changements observés dans l'indice de végétation par différence normalisée (IVDN) pour l'écozone+ Boréale de Terre-Neuve, de 1985 à 2006. 163
Figure 93. Superficie totale brûlée par des incendies de grande taille (> 2 km^2) par décennie dans l'écozone+ du Bouclier boréal, de 1960 à 2000. 164
Figure 94. Évolution spatio-temporelle du risque de feu irréprimé de 1901 à 2002 selon un modèle tiré du [code de sécheresse mensuel] de la Méthode canadienne de l'indice forêt-météo. 165
Figure 95. Superficie totale annuelle de défoliation modérée à grave de la tordeuse des bourgeons de l'épinette en Ontario, au Québec, à Terre-Neuve-et-Labrador, au Nouveau-Brunswick, en Nouvelle-Écosse, à l'Île-du-Prince-Édouard et dans le Maine, aux É.-U., de 1909 à 2007. 166
Figure 96. Surface annuelle totale brûlée par de grands incendies (> 2 km^2) pour l'écozone+ Boréale de Terre-Neuve, de 1959 à 2007. 168
Figure 97. Carte des emplacements et de la gravité de la défoliation par le diprion du sapin à Terre-Neuve de 1996 à 2008. 169
Figure 98. Estimations annuelles de la surface gravement défoliée par le diprion du sapin dans la partie ouest de Terre-Neuve entre 1940 et 2011. 170
Figure 99. Superficie défoliée par la tordeuse des bourgeons de l'épinette à Terre-Neuve-et-Labrador de 1975 à 2011. 171
Figure 100. Nombre de coyotes récoltés dans l'écozone+ Boréale de Terre-Neuve de 1993 à 2009. 173

Liste des tableaux

Tableau 1. Aperçu de l'écozone+ du Bouclier boréal. 2
Tableau 2. Aperçu de l'écozone+ Boréale de Terre-Neuve. 7
Tableau 3. Aperçu des constatations clés pour l'écozone+ du Bouclier boréal. 10
Tableau 4. Aperçu des constatations clés pour l'écozone+ Boréale de Terre-Neuve. 19
Tableau 5. Espèces d'oiseaux migrants néotropicaux ayant plus de 30 % de leur aire de répartition canadienne dans l'écozone+ du Bouclier boréal. Ce tableau comprend les oiseaux forestiers et de maquis. 37
Tableau 6. Tendances de l'abondance et fiabilité de celles-ci dans le cas des espèces d'oiseaux sélectionnées et caractéristiques des forêts de l'écozone+ du Bouclier boréal, de 1970 à 2012. Espèces d'oiseaux de maquis* 39
Tableau 7. Tendances de l'abondance et fiabilité de celles-ci dans le cas des pics dans les portions ontariennes et québécoises de l'écozone+ du Bouclier boréal, de 1970 à 2012. 40
Tableau 8. Tendances relatives à l'abondance des oiseaux nichant dans les cavités dans l'écozone+ Boréal de Terre-Neuve de 1980 à 2012 et fiabilité de celles-ci. 41
Tableau 9. Tendances de l'abondance et fiabilité de celles-ci dans le cas des espèces d'oiseaux sélectionnées et caractéristiques des forêts de l'écozone+ Boréale de Terre-Neuve, de 1980 à 2012. 44

Tableau 10.Tendances de l'abondance et fiabilité de celles-ci dans le cas des espèces d'oiseaux de maquisde l'écozone+ Boréale de Terre-Neuve, de 1980 à 2012. 45
Tableau 11. Tendances d'abondance pour des espèces sélectionnées de sauvagine dans les parties est et ouest de l'écozone+ du Bouclier boréal par décennies des années 1970 aux années 2000 et le Relevé des oiseaux nicheurs de 1970 à 2012. 48
Tableau 12. Tendances relatives à l'abondance (variation en % par année) et fiabilité de celles-ci dans le cas des oiseaux de rivage dans certains secteurs de l'écozone+ du Bouclier boréal. 54
Tableau 13. Tendances relatives à des oiseaux aquatiques et autres espèces d'oiseaux sélectionnés qui se servent des milieux humides de l'écozone+ Boréal de Terre-Neuve, de 1980 à 2012. 56
Tableau 14. Résumé des tendances hydrologiques dans les cours d'eau à régularisation minimale ou dont l'impact en amont est minimal. 67
Tableau 15. Tendances de populations pour des espèces communes d'oiseaux de rivage en migration du sud durant les années 1980 et 1990, et entre 2000 et 2005 dans l'écozone+ Boréale de Terre-Neuve. 75
Tableau 16. Tendances relatives à l'abondance des oiseaux côtiers de l'écozone+ Boréal de Terre-Neuve de 1980 à 2012 et fiabilité de celles-ci. 76
Tableau 17. Résumé des changements dans les variables climatiques de l'écozone+ du Bouclier boréal de 1950 à 2007. 126
Tableau 18. Résumé des changements dans les variables climatiques de l'écozone+ Boréale de Terre-Neuve de 1950 à 2007. 131
Tableau 19. Sommaire des valeurs économiques du capital naturel pour la région boréale du Canada. 135
Tableau 20.Tendances relatives à l'abondance (variation en % par année) et fiabilité de celles-ci dans le cas des oiseaux d'habitats ouverts dans les portions ontariennes et québécoises de l'écozone+ du Bouclier boréal, de 1970 à 2012. 145
Tableau 21. Identification des taxons de poissons d'eau douce et de poissons diadromes dans l'écozone+ du Bouclier boréal. 152
Tableau 22. Description des types de landes dans l'écozone+ Boréale de Terre-Neuve. 158

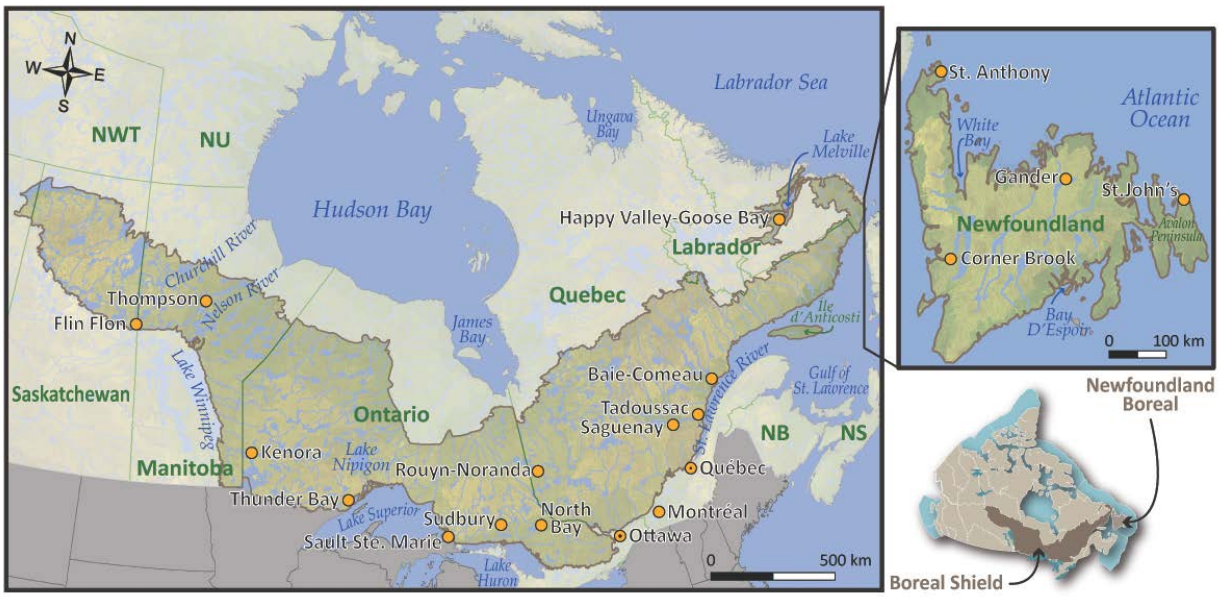


Figure 1. Carte générale des écozones⁺ du Bouclier boréal et Boréale de Terre-Neuve.

GÉNÉRALITÉS SUR L'ÉCOZONE⁺

Écozone⁺ du Bouclier boréal : notions de base sur l'écozone⁺

L'écozone⁺ du Bouclier boréal (Tableau 1) est la plus grande écozone⁺ du Canada, représentant 18,2 % de la surface terrestre du pays[10]. Elle contient l'un des plus grands écosystèmes forestiers encore intacts au monde et possède une abondance de forêts, d'eau douce et de faune. Le développement est concentré dans sa partie sud; la portion nord demeure relativement peu développée[11]. Les humains ont modifié cette écozone⁺ directement par le développement de ressources naturelles, y compris les mines, les forêts et la production d'énergie hydroélectrique, et indirectement par les dépôts acides, la contamination au mercure et les changements climatiques.

L'écozone⁺ du Bouclier boréal s'étend sur cinq provinces : l'Alberta, le Saskatchewan, le Manitoba, l'Ontario, le Québec et le Labrador. Étant donné la grande superficie de cette écozone⁺, la fonction de l'écosystème, sa composition, sa structure et ses processus varient d'une région à l'autre. Dans la mesure du possible, ce rapport est basé sur les données disponibles les plus détaillées ayant trait à l'écozone⁺ et la couvrant en entier; les résultats ont été groupés par province. Par exemple, la Région de Conservation d'Oiseaux (RCO) 8 et la partie nord de la RCO 12 se trouvent dans l'écozone⁺. Pour d'autres constations clés, les données n'existaient que pour une portion de l'écozone⁺ ou les données de différentes provinces n'étaient pas comparables ou compatibles à l'échelle de l'écozone⁺. De plus, pour certains sujets, seules les données à l'échelle des provinces étaient accessibles, ce qui fait que les données communiquées débordent des limites de l'écozone⁺. À l'exception de discussions particulières sur le lac Athabasca en Alberta, les parties de l'écozone⁺ du Bouclier boréal situées en Alberta et au Labrador ont généralement été exclues en raison de leur faible contribution.

Tableau 1. Aperçu de l'écozone[+] du Bouclier boréal.

Superficie	1 781 391 km^2 (18,2 % du Canada)
Topographie	Terrain bas et vallonneux, parsemé de lacs et de milieux humides.
Climat	Les précipitations annuelles vont de 400 mm du côté ouest à 1 600 mm sur la côte Est[12]. Les températures estivales moyennes (de juin à août) les plus élevées se retrouvent au sud (17,6 °C) et les températures hivernales moyennes les plus basses au nord-ouest (-24,2 °C)[13].
Bassins fluviaux	Les ruisseaux du sud-est sont des affluents du Saint-Laurent; les ruisseaux qui s'écoulent vers le nord se jettent dans la baie d'Hudson. Les bassins hydrographiques de l'ouest font partie des bassins de drainage du fleuve Nelson et du Grand lac des Esclaves[14]. Les bassins hydrographiques contiennent près de 25 % de l'eau douce du Canada[15].
Géologie	Façonnés par le recul des glaciers, les matériaux de surface sont formés de till dans une proportion de plus de 60 %[15]. Dans la région centrale nord, de fins matériaux forment ce qu'on appelle la « ceinture d'argile »[15].
Pergélisol	Le pergélisol présente une distribution sporadique dans l'écozone[+] du nord-est et de l'ouest, se limitant surtout aux terrains organiques[16].
Zones habitées	Thunder Bay, Sudbury et le Saguenay comptent parmi les plus grandes zones habitées[17].
Économie	Les industries primaires (la foresterie, les mines et l'hydroélectricité) constituent les principaux employeurs. Les zones cultivées sont petites et contribuent peu à l'économie de l'écozone[+][18].
Développement	En plus des petites villes, les chemins forestiers et les projets hydroélectriques représentent la majorité du développement[11]. Les établissements urbains gagnent du terrain vers le nord à partir de l'écozone[+] des plaines à forêts mixtes[17].
Signification au niveau national et mondial	Les Zones importantes pour la conservation des oiseaux (ZICO) d'importance mondiale, continentale et nationale sont situées le long de la rive nord du Golfe et de l'estuaire du Saint-Laurent[19]. Les sites du littoral de la baie Georgienne et de Manicouagan–Uapishka sont des réserves de la biosphère reconnues par l'UNESCO[20]. Les forêts de cette écozone[+] figurent parmi les plus grands écosystèmes forestiers vierges au monde; elles captent une quantité considérable de dioxyde de carbone. L'écozone[+] renferme une grande partie des habitats essentiels de la population boréale de caribous sylvicoles des bois, qui est menacée. Tout comme l'écozone[+] du bouclier de la taïga, l'écozone[+] du Bouclier boréal fournit un habitat de reproduction à plus de la moitié des populations mondiales de 40 espèces communes d'oiseaux.

Compétences : L'écozone+ du Bouclier boréal comprend certaines parties du Labrador, du Québec, de l'Ontario, du Manitoba, de la Saskatchewan et de l'Alberta. Dans les Premières Nations de l'écozone+, on retrouve les Dénés (de la famille athapascane), les Anishnaabe (Ojibwa, Ojibwé), les Cris, les Algonquins, les Attikamègues, les Huron-Wendat et les Innu (Montagnais)[21].

Le Bouclier boréal, couvert à 97 % de forêts et d'arbustaies (voir la Figure 2), est en majorité non développé mais compte une petite population humaine qui va en augmentant (voir la Figure 3). La croissance de population est concentrée dans les régions suburbaines le long de la frontière sud adjacente à l'écozone+ des plaines à forêts mixtes[17]. Cependant, quelques-uns des déclins de population les plus rapides au Canada se produisent dans l'écozone+ du Bouclier boréal, où l'on a constaté une diminution de la population de nombreuses régions urbaines de moyenne taille entre 2001 et 2006[17, 22].

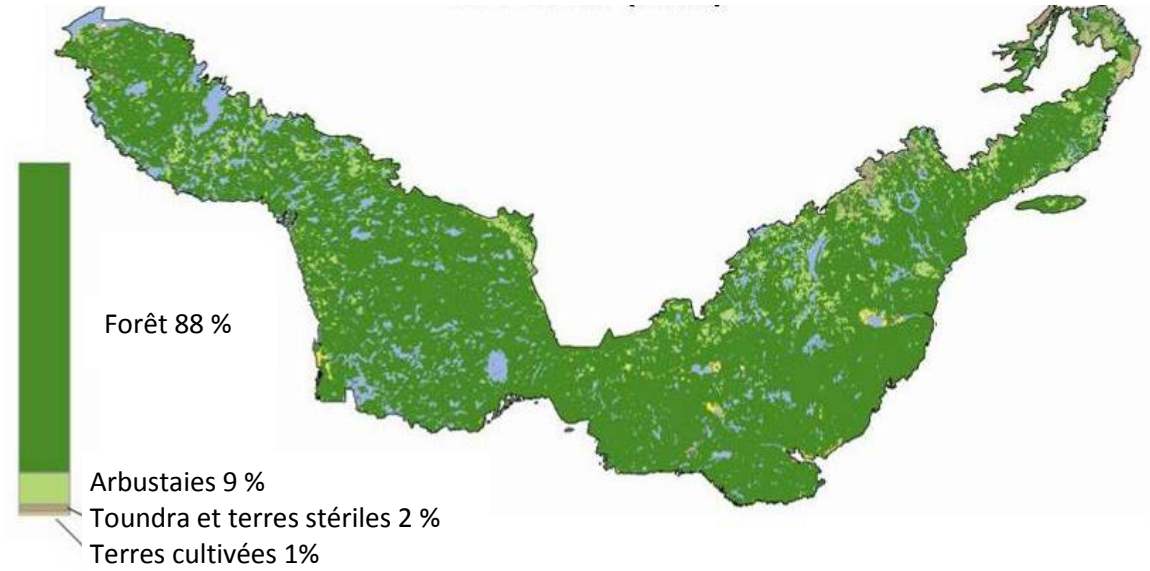


Figure 2. Couverture terrestre de l'écozone+ du Bouclier boréal, 2005.
Source : Ahern, 2011[23] selon des données de Latifovic et Pouliot, 2005[24]

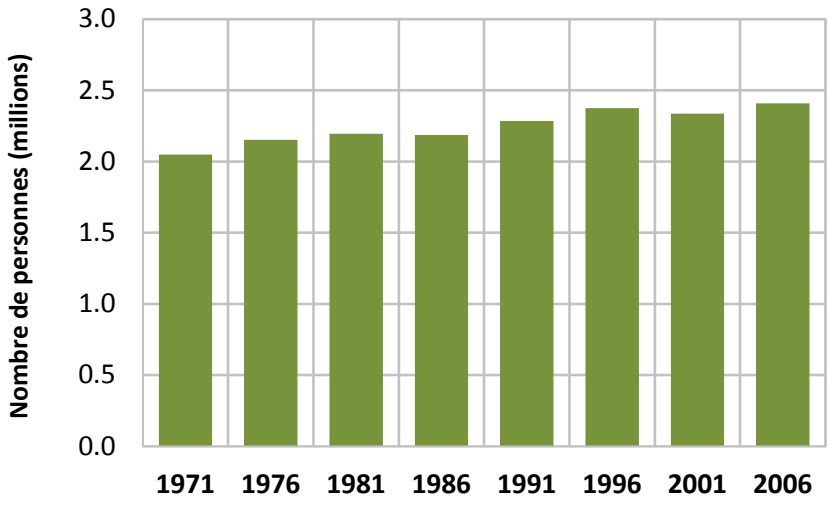


Figure 3. Population humaine de l'écozone[+] du Bouclier boréal, de 1971 à 2006.
Source : Statistique Canada, 2008[25]

Images d'écosystèmes typiques de l'écozone[+] du Bouclier boréal[+] [26]
Photos : Francine Bérubé, Collection Les forêts du Canada du Service canadien des forêts

Écozone⁺ Boréale de Terre-Neuve : notions de base sur l'écozone⁺

L'écozone⁺ Boréale de Terre-Neuve (Figure 1 et le Tableau 2) est composée de la grande île de Terre-Neuve et des petites îles au large de ses côtes. Avec une superficie de 112 134 km^2, Terre-Neuve est la 16e plus grande île au monde. L'île abrite des espèces endémiques, des sous-espèces, de même que des espèces présentant des paramètres inhabituels du cycle biologique. L'écozone⁺ est dominée par les arbustaies (51,4 %) et la forêt (44 %) (Figure 4). Terre-Neuve a d'abord été habitée par de nombreux groupes de peuples autochtones, dont les Indiens de l'archaïque maritime (de 9000 à 2400 ans avant le présent (BP)), les peuples Paléo-Esquimau et du Dorset (de 3850 à 1300 BP), ainsi que les Béothuks, les Micmacs, les Naskapi-Montagnais et les Inuits (de 1200 à 200 BP)[27]. L'île avait tout d'abord été visitée par les Scandinaves du Groenland dès l'an 1001 A.D. à l'Anse aux Meadows[28]. Les colons européens et leurs descendants ont introduit un certain nombre d'espèces non indigènes à Terre-Neuve. Les établissements humains sont situés principalement le long de la côte, faisant en sorte que les habitants de Terre-Neuve et leur culture sont intimement liés à la mer[29]. Les populations ont grossi des années 1970 aux années 1980, mais ont diminué dans les années 2000 (Figure 5).

Tableau 2. Aperçu de l'écozone[+] Boréale de Terre-Neuve.

	112 134 km^2 (1,1 % du Canada)
Topographie	Plateau incliné situé à la limite la plus au nord-est de la chaîne des Appalaches[30, 31]. Caractérisé par de profondes vallées alternant avec des crêtes montagneuses longues et hautes, et par un trait de côte présentant un grand nombre de baies, fjords, péninsules, îles et havres[32]. Les lacs, étangs, rivières et tourbières sont omniprésents et de grande envergure, de sorte qu'environ 10 % de l'écozone[+] est recouverte d'eau[32].
Climat	Le climat est régi par le courant froid du Labrador, l'oscillation nord-atlantique et l'emplacement de l'île dans un océan froid[33]. Une couverture nuageuse moyenne élevée, une abondance de brouillard et de précipitations et des vents forts fréquents. Les étés sont courts et frais; les hivers sont relativement doux. Les températures annuelles moyennes sont froides pour cette latitude et les niveaux de précipitation varient en fonction de la latitude et de la topographie dans l'ensemble de l'écozone[+].
Bassins fluviaux	Les principaux cours d'eau sont les rivières Exploits, Gander, Humber et Main[34].
Géologie	La plus grande partie de l'écozone[+] était sous la glace entre 7000 et 1000 BP[35, 36]; par conséquent, la majorité de l'île est couverte de dépôts glaciaires[32]. Les principaux types de roches comprennent les roches sédimentaires, intrusives, ignées volcaniques et métamorphiques[30].
Zones habitées	Les principaux centres urbains comprennent St. John's et Mount Pearl sur la côte est, Gander et Grand Falls-Windsor dans la partie centrale de Terre-Neuve, Corner Brook sur la côte ouest et St. Anthony sur la péninsule Great Northern.
Économie	Les industries de services et de ressources (la foresterie, les mines, le pétrole et le gaz, et les pêches) sont des employeurs importants.
Développement	Le développement a lieu principalement dans les régions côtières, mais on note quelques établissements dans la région intérieure.
Signification au niveau national et mondial	Les rivières Main et Bay du Nord sont des rivières du patrimoine canadien. On compte 25 zones importantes pour la conservation des oiseaux. Il y a environ 20 000 km^2 de landes, ce qui en fait la plus grande étendue de ce type de végétation en Amérique du Nord.

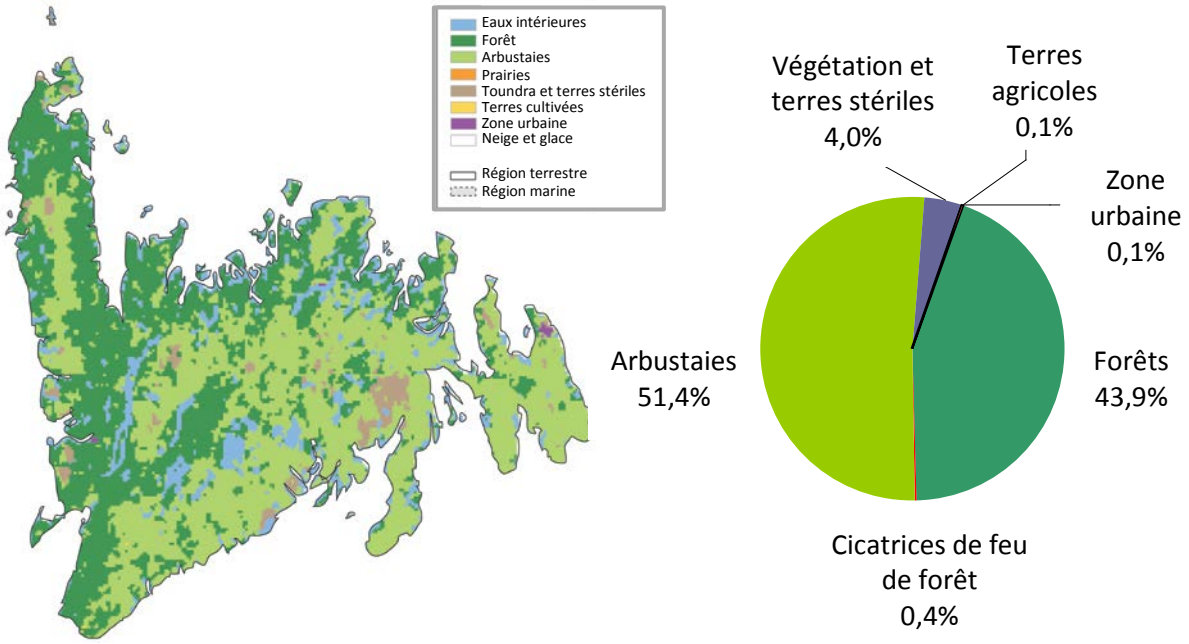


Figure 4. Couverture terrestre en 2005 pour l'écozone[+] Boréale de Terre-Neuve.
Source : Ahern, 2011[23] selon des données de Latifovic et Pouliot, 2005[24]

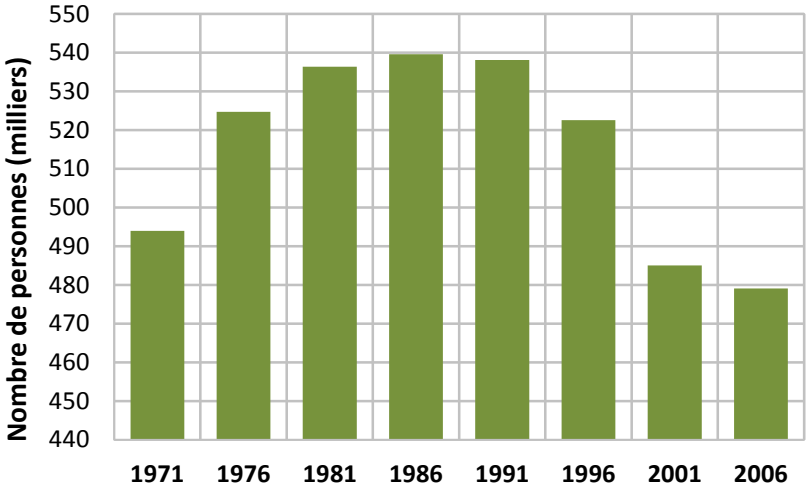


Figure 5. Population humaine de l'écozone Boréale de Terre-Neuve de 1971 à 2006.
Source : Statistique Canada, 2008[25]

Milieu humide à Carmanville, T.-N.
Photo : Shelley Pardy Moores

Berge sablonneuse
Photo : Shelley Pardy Moores

COUP D'ŒIL SUR LES CONSTATATIONS CLÉS À L'ÉCHELLE NATIONALE ET À L'ÉCHELLE DE L'ÉCOZONE+

Tableau 3 et Tableau 4 présentent les constatations clés nationales du rapport *Biodiversité canadienne : état et tendances des écosystèmes en 2010* [6] de même qu'un sommaire des tendances correspondantes dans les écozones+ du Bouclier boréal et Boréale de Terre-Neuve, respectivement. Le numéro des sujets fait référence aux constatations clés nationales dans Biodiversité canadienne : état et tendances des écosystèmes en 2010. Les sujets grisés correspondent aux constatations clés au niveau national, mais n'étaient pas pertinents ou n'ont pas été évalués pour cet écozone et n'apparaissent pas dans le corps de ce document. Les éléments probants relatifs aux énoncés qui apparaissent dans ce tableau se trouvent dans le texte subséquent organisé par constatation clé. Voir la préface à la page ii.

Écozone+ du Bouclier boréal : constatations clés

Tableau 3. Aperçu des constatations clés pour l'écozone+ du Bouclier boréal.

Thèmes et sujets	Constatations clés : ÉCHELLE NATIONALE	Constatations clés : ÉCOZONE+ DU BOUCLIER BORÉAL
THÈME: BIOMES		
1. Forêts	Sur le plan national, la superficie que couvrent les forêts a peu changé depuis 1990; sur le plan régional, la réduction de l'aire des forêts est considérable à certains endroits. La structure de certaines forêts du Canada, y compris la composition des espèces, les classes d'âge et la taille des étendues forestières intactes, a subi des changements sur des périodes de référence plus longues.	En 2005, les forêts couvraient 88 % de l'écozone+ du Bouclier boréal. Bien que la couverture soit demeurée stable de 1985 à 2005 pour les forêts aménagées, les peuplements mixtes et à feuilles caduques ont remplacé les peuplements dominés par les conifères à la suite de la régénération naturelle après la récolte du bois. L'exploitation forestière a remplacé le feu comme perturbation principale de la forêt; l'industrie forestière a ralenti depuis 2004.
2. Prairies	L'étendue des prairies indigènes n'est plus qu'une fraction de ce qu'elle était à l'origine. Bien qu'à un rythme plus lent, la disparition des prairies se poursuit dans certaines régions. La santé de bon nombre de prairies existantes a également été compromise par divers facteurs de stress.	Non pertinente

Thèmes et sujets	Constatations clés : ÉCHELLE NATIONALE	Constatations clés : ÉCOZONE+ DU BOUCLIER BORÉAL
3. Milieux humides	La perte de milieux humides a été importante dans le sud du Canada; la destruction et la dégradation continuent sous l'influence d'une gamme étendue de facteurs de stress. Certains milieux humides ont été restaurés ou sont en cours de restauration.	Les milieux humides occupent plus de 320 000 km^2 dans cette écozone+. Entre les années 1960 et 2000, 9 000 km^2 de milieux humides ont été inondés pour des projets hydroélectriques. Entre 1980 et 2000, 250 km^2 de tourbières ont été drainés pour la foresterie.
4. Lacs et cours d'eau	Au cours des 40 dernières années, parmi les changements influant sur la biodiversité qui ont été observés dans les lacs et les cours d'eau du Canada, on compte des changements saisonniers des débits, des augmentations de la température des cours d'eau et des lacs, la baisse des niveaux d'eau et la perte et la fragmentation d'habitats.	Les conditions dans les lacs et les rivières varient d'un endroit à un autre dans l'écozone+. On note, parmi les tendances dominantes, la diminution des débits annuels, des débits maximaux plus tôt dans la saison, des taux décroissants d'élévation du niveau de l'eau et des taux croissants de diminution du niveau de l'eau.
5. Zones côtières	Les écosystèmes côtiers, par exemple les estuaires, les marais salés et les vasières, semblent sains dans les zones côtières moins développées, même s'il y a des exceptions. Dans les zones développées, l'étendue des écosystèmes côtiers diminue, et leur qualité se détériore en raison de la modification de l'habitat, de l'érosion et de l'élévation du niveau de la mer.	Le taux d'érosion a augmenté entre 1990 et 2004, particulièrement pour les littoraux sablonneux et les falaises argileuses basses.
6. Zones marines	Les changements observés sur le plan de la biodiversité marine au cours des 50 dernières années sont le résultat d'une combinaison de facteurs physiques et d'activités humaines comme la variabilité océanographique et climatique et la surexploitation. Bien que les populations de certains mammifères marins se soient rétablies à la suite d'une surexploitation par le passé, de nombreuses espèces de pêche commerciale ne se sont toujours pas rétablies.	Non pertinente

Thèmes et sujets	Constatations clés : ÉCHELLE NATIONALE	Constatations clés : ÉCOZONE+ DU BOUCLIER BORÉAL
7. La glace dans l'ensemble des biomes	La réduction de l'étendue et de l'épaisseur des glaces marines, le réchauffement et le dégel du pergélisol, l'accélération de la perte de masse des glaciers et le raccourcissement de la durée des glaces lacustres sont observés dans tous les biomes du Canada. Les effets sont visibles à l'heure actuelle dans certaines régions et sont susceptibles de s'étendre; ils touchent à la fois les espèces et les réseaux trophiques.	La débâcle des lacs se produit plus tôt et plus rapidement et l'englacement des lacs se produit plus tard dans la région sud de l'écozone+. La fonte et la destruction des tourbières ont lieu depuis les 50 ou 100 dernières années au nord de la Saskatchewan et du Manitoba.
THÈME : INTERACTIONS HUMAINS-ÉCOSYSTÈMES		
8. Aires protégées	La superficie et la représentativité du réseau d'aires protégées ont augmenté ces dernières années. Dans bon nombre d'endroits, la superficie des aires protégées est bien au-delà de la valeur cible de 10 % qui a été fixée par les Nations Unies. Elle se situe en deçà de la valeur cible dans les zones fortement développées et dans les zones océaniques.	En 2009, 8,1 % (143 491 km^2) de l'écozone+ était protégé et 7,9 % était désigné comme aires protégées classées dans les catégories I à IV de l'UICN, des aires protégées pour la conservation naturelle et culturelle plutôt que pour l'utilisation durable par des traditions culturelles établies. En 1992, seulement 3 % de l'écozone+ était protégé. Le taux de protection a augmenté depuis les années 1970.
9. Intendance	Les activités d'intendance au Canada, qu'il s'agisse du nombre et du type d'initiatives ou des taux de participation, sont à la hausse. L'efficacité d'ensemble de ces activités en ce qui a trait à la préservation et à l'amélioration de la biodiversité et de la santé des écosystèmes n'a pas été entièrement évaluée.	Les activités d'intendance dans l'écozone+ font l'objet d'une coordination entre les plus grands réseaux de conservation, les Premières Nations et les réseaux des industries. L'Entente sur la forêt boréale, le Conseil principal de la forêt boréale, l'Oil Sands Leadership Initiative (initiative de prise en charge concernant les sables bitumineux) en Alberta, la Boreal Peatlands Stewardship Strategy (Stratégie d'intendance pour les tourbières boréales) au Manitoba, le Safe Harbour Agreement (Entente sur les refuges sécuritaires) de l'Ontario, et les projets de Canards Illimités en sont des exemples.

Thèmes et sujets	Constatations clés : ÉCHELLE NATIONALE	Constatations clés : ÉCOZONE+ DU BOUCLIER BORÉAL
10. Espèces non indigènes envahissantes	Les espèces exotiques envahissantes sont un facteur de stress important en ce qui concerne le fonctionnement, les processus et la structure des écosystèmes des milieux terrestres, des milieux d'eau douce et d'eau marine. Leurs effets se font sentir de plus en plus à mesure que leur nombre augmente et que leur répartition géographique progresse.	Les espèces envahissantes se sont étendues vers l'est à partir du sud du Québec et vers l'ouest à partir de l'Ontario. Les espèces qui posent une préoccupation particulière sont l'écrevisse américaine, le cladocère épineux et la salicaire pourpre.
11. Contaminants	Dans l'ensemble, les concentrations d'anciens contaminants dans les écosystèmes terrestres et dans les écosystèmes d'eau douce et d'eau marine ont diminué au cours des 10 à 40 dernières années. Les concentrations de beaucoup de nouveaux contaminants sont en progression dans la faune; les teneurs en mercure sont en train d'augmenter chez certaines espèces sauvages de certaines régions.	Les dépôts acides, la foresterie et les projets hydroélectriques font augmenter les concentrations de mercure. Les concentrations de mercure dans les milieux aquatiques s'élèvent puis déclinent dans les années et les décennies qui suivent la création de réservoirs. Les mesures de mercure dans l'air à l'intérieur ou près de l'écozone+ du Bouclier boréal indiquent que les concentrations sont faibles et s'approchent des niveaux naturels mondiaux. Les espèces qui se nourrissent de poisson présentent des taux de mercure élevés.
12. Charge en éléments nutritifs et efflorescences algales	Les apports d'éléments nutritifs aux systèmes d'eau douce et marins, et plus particulièrement dans les paysages urbains ou dominés par l'agriculture, ont entraîné la prolifération d'algues qui peuvent être nuisibles ou nocives. Les apports d'éléments nutritifs sont en hausse dans certaines régions et en baisse dans d'autres.	L'écozone+ du Bouclier boréal recèle une quantité relativement petite de terres agricoles étant donné sa taille. Entre 1981 et 2006, les apports d'azote ont augmenté de 82,4 à 107 kg N/ha. Entre 1981 et 2006, les pertes d'azote ont augmenté de 62,6 à 74,0 kg N/ha. L'azote résiduel dans le sol a augmenté de 19,8 kg N/ha en 1981 à 33,0 kg N/ha en 2006. Le nombre de lacs et de rivières touchés par les algues bleu-vert dans l'est de l'écozone+ est passé de moins de 10 en 2004 à plus de 80 en 2008.

Thèmes et sujets	Constatations clés : ÉCHELLE NATIONALE	Constatations clés : ÉCOZONE+ DU BOUCLIER BORÉAL
13. Dépôts acides	Les seuils d'incidence écologique des dépôts acides, notamment ceux des pluies acides, sont dépassés dans certaines régions; les émissions acidifiantes sont en hausse dans diverses parties du pays et la récupération sur le plan biologique ne se déroule pas au même rythme que la réduction des émissions dans d'autres régions.	On constate des terres sensibles aux acides partout dans l'écozone+. Les zones où les dépôts acides sont les plus élevés sont concentrées dans la partie sud-est de l'écozone+ au Québec et près des fonderies de métal dans l'ouest de l'Ontario. Les lacs au Québec et en Ontario sont sensibles aux dépôts acides. À la suite des pics d'acidité dans les lacs atteints dans les années 1970, les conditions se sont améliorées dans les endroits où les sources ponctuelles ont été strictement contrôlées.
14. Changements climatiques	L'élévation des températures partout au Canada ainsi que la modification d'autres variables climatiques au cours des 50 dernières années ont eu une incidence directe et indirecte sur la biodiversité dans les écosystèmes terrestres et dans les écosystèmes d'eau douce et d'eau marine.	De 1950 à 2007, la température a augmenté au printemps (de 1,7 °C), à l'été (de 1,3 °C) et à l'hiver (de 1,8 °C) et les précipitations ont augmenté de 17 % à l'automne. La proportion de neige par rapport à la précipitation totale s'est abaissée de 3,3 %. L'épaisseur maximale annuelle de neige s'est abaissée de 13,7 cm. La durée de la couverture de neige a connu un déclin pour la deuxième moitié de la saison de neige, de février à juillet, mais n'a pas changé pour sa première moitié, d'août à janvier.
15. Services écosystémiques	Le Canada est bien pourvu en milieux naturels qui fournissent des services écosystémiques dont dépend notre qualité de vie. Dans certaines régions où les facteurs de stress ont altéré le fonctionnement des écosystèmes, le coût pour maintenir les écoservices est élevé, et la détérioration de la quantité et de la qualité des services écosystémiques ainsi que de leur accès est évidente.	En 2009, la valeur marchande nette des produits extraits de la forêt boréale atteignait 50,9 milliards de dollars annuellement. Les biens et services non négociables liés aux écosystèmes étaient évalués à703,2 milliards de dollars. Les peuples autochtones ont fait mention d'une certaine détérioration dans l'approvisionnement de bleuets, de riz sauvage et de poisson à l'intérieur de l'écozone+.

Thèmes et sujets	Constatations clés : ÉCHELLE NATIONALE	Constatations clés : ÉCOZONE+ DU BOUCLIER BORÉAL
THÈME : HABITATS, ESPÈCES SAUVAGES ET PROCESSUS ÉCOSYSTÉMIQUES		
Paysages terrestres et marins intacts*	Les paysages terrestres et marins intacts ont d'abord été caractérisés comme constatation clé récurrente à l'échelle nationale; les renseignements ont été compilés et évalués par la suite pour l'écozone+ du Bouclier boréal. Dans la version définitive du rapport national[6], les renseignements relatifs aux paysages terrestres et marins intacts ont été incorporés à d'autres constatations clés. Ces renseignements ont été maintenus comme constatation clé distincte pour l'écozone+ du Bouclier boréal.	En 2006, 64 % de l'écozone+ était composé d'aires naturelles intactes y compris des forêts et des milieux humides d'une superficie de plus de 100 km^2. La portion sud de l'écozone+ est considérablement plus modifiée et fragmentée que la portion nord.
16. Paysages agricoles servant d'habitat	Le potentiel des paysages agricoles à soutenir la faune au Canada a diminué au cours des 20 dernières années, principalement en raison de l'intensification des activités agricoles et de la perte de couverture terrestre naturelle et semi-naturelle.	Dans la petite portion agricole de l'écozone+, la capacité à soutenir l'habitat de la faune a subi un déclin de 71 % de 1986 à 2006.

* Cette constatation clé n'est pas numérotée, car elle ne correspond pas à une constatation clé provenant du rapport national.[6]

Thèmes et sujets	Constatations clés : ÉCHELLE NATIONALE	Constatations clés : ÉCOZONE+ DU BOUCLIER BORÉAL
17. Espèces présentant un intérêt économique, culturel ou écologique particulier	De nombreuses espèces d'amphibiens, de poissons, d'oiseaux et de grands mammifères présentent un intérêt économique, culturel ou écologique particulier pour les Canadiens. La population de certaines espèces diminue sur le plan du nombre et de la répartition, tandis que chez d'autres, elle est soit stable ou en pleine santé ou encore en plein redressement.	La population boréale du caribou des bois est maintenant reconnue comme une « espèce menacée » par la *Loi sur les espèces en péril* (LEP) en 2003. La distribution du caribou s'est considérablement rétrécie par rapport à son étendue historique. Le nombre d'espèces de poisson d'eau douce et diadrome en péril a augmenté de 7 à 14 entre 1979 et 2008, mais l'état de deux de ces espèces s'est également amélioré. Les menaces principales comprennent la dégradation, la disparition, la surexploitation, les espèces envahissantes et la compétition. L'étendue des loups, des cougars et des carcajous a subi un déclin entre les années 1800 et les années 1900, quoique les observations de loups, de cougars et de pékans sont plus nombreuses depuis les années 1990. Les populations de trois espèces focales d'oiseaux de rivage ont fléchi. Tous les groupes d'oiseaux terrestres ont subi un déclin à l'exception des oiseaux forestiers.
18. Productivité primaire	La productivité primaire a augmenté dans plus de 20 % du territoire végétalisé au Canada au cours des 20 dernières années et elle a également augmenté dans certains écosystèmes d'eau douce. L'ampleur et la période de productivité primaire changent dans tout l'écosystème marin.	La productivité primaire nette, dérivée de l'indice de végétation par différence normalisée (IVDN) a augmenté dans 21 % de l'écozone+ de 1985 à 2006. Cette augmentation était concentrée dans la partie nord-est de l'écozone+. On a constaté des diminutions dans 0,9 % de la région, surtout dans la partie ouest; celles-ci ont été attribuées aux incendies.

Thèmes et sujets	Constatations clés : ÉCHELLE NATIONALE	Constatations clés : ÉCOZONE+ DU BOUCLIER BORÉAL
19. Perturbations naturelles	La dynamique des régimes de perturbations naturelles, notamment les incendies et les vagues d'insectes indigènes, est en train de modifier et de refaçonner le paysage. La nature et le degré du changement varient d'un endroit à l'autre.	Un risque élevé de feu irréprimé, des incendies se déclarant plus tôt et une défoliation accrue causée par les insectes dans la portion nord-est de l'écozone+ ont fait en sorte que les pessières à lichen ont remplacé les peuplements de forêt boréale à couvert fermé. Dans la partie ouest de l'écozone+, un risque accru de feu irréprimé et une invasion de dendroctones du pin ponderosa pourraient mener à une diminution de la productivité de l'écosystème et à une libération importante du carbone stocké. Des incendies de faible intensité étaient plus abondants et se déclaraient plus tôt dans la saison dans des forêts de conifères denses et matures. La surface annuelle brûlée par de grands incendies de 1959 à 2007 varie entre 190 km^2 et 27 863 km^2. Les infestations de l'arpenteuse de la pruche se sont déplacées vers le nord tandis que la tordeuse de pin gris s'est étendue vers l'est. Les infestations de la tordeuse des bourgeons de l'épinette se sont aggravées au cours des 100 dernières années.
20. Réseaux trophiques	Des changements profonds dans les relations entre les espèces ont été observés dans des milieux terrestres et dans des milieux d'eau douce et d'eau marine. La diminution ou la disparition d'éléments importants des réseaux trophiques a considérablement altéré certains écosystèmes.	Les réseaux alimentaires dans l'écozone+ sont majoritairement intacts et comprennent les cycles du lynx canadien et du lièvre d'Amérique ainsi que les dynamiques des populations de caribou des bois, d'orignal et de loup. Les maladies des espèces sauvages ont également une incidence sur les populations d'oiseaux et d'ongulés. Les réseaux trophiques aquatiques ont été simplifiés par l'acidification et la contamination au mercure et, malgré des améliorations en ce qui concerne la qualité de l'eau, la composition des espèces ne s'en est pas toujours remise.

Thèmes et sujets	Constatations clés : ÉCHELLE NATIONALE	Constatations clés : ÉCOZONE+ DU BOUCLIER BORÉAL
THÈME : INTERFACE SCIENCE-POLITIQUE		
21. Surveillance de la biodiversité, recherche, gestion de l'information et communication des résultats	Les renseignements de surveillance recueillis sur une longue période, normalisés, complets sur le plan spatial et facilement accessibles, complétés par la recherche sur les écosystèmes, fournissent les constatations les plus utiles pour les évaluations de l'état et des tendances par rapport aux politiques. L'absence de ce type d'information dans de nombreux secteurs a gêné l'élaboration de la présente évaluation.	Les données à long terme au niveau de l'écozone+ étaient rarement disponibles pour le Bouclier boréal. Les milieux humides, en particulier, n'étaient pas bien surveillés. On possède peu de données sur les poissons, les reptiles et les amphibiens par rapport aux données sur les oiseaux et les mammifères. Les meilleurs renseignements dont on dispose sur la biodiversité proviennent des oiseaux forestiers en raison des relevés normalisés et des activités de surveillance, y compris le Relevé des oiseaux nicheurs.
22. Changements rapides et seuils	La compréhension grandissante des changements rapides et inattendus, des interactions et des seuils, en particulier en lien avec les changements climatiques, indique le besoin d'une politique qui permet de répondre et de s'adapter rapidement aux indices de changements environnementaux afin de prévenir des pertes de biodiversité majeures et irréversibles.	Il n'existe pas d'éléments probants clairs indiquant des changements rapides ou des dépassements de seuils. Cependant, dans la partie ouest de l'écozone+, un risque accru de feu irréprimé et une invasion potentielle de dendroctones du pin ponderosa pourraient diminuer la productivité de l'écosystème et libérer du carbone stocké. Ces changements sont graduels, mais peuvent être irréversibles. Les activités anthropiques ont fait tripler la quantité de mercure dans l'environnement en comparaison avec les niveaux naturels, quoique les concentrations diminuent dans les décennies qui suivent la perturbation.

Écozone[+] Boréale de Terre-Neuve : constatations clés

Tableau 4. Aperçu des constatations clés pour l'écozone[+] Boréale de Terre-Neuve.

Thèmes et sujets	Constatations clés : ÉCHELLE NATIONALE	Constatations clés : ÉCOZONE[+] BORÉALE DE TERRE-NEUVE
THÈME: BIOMES		
1. Forêts	Sur le plan national, la superficie que couvrent les forêts a peu changé depuis 1990; sur le plan régional, la réduction de l'aire des forêts est considérable à certains endroits. La structure de certaines forêts du Canada, y compris la composition des espèces, les classes d'âge et la taille des étendues forestières intactes, a subi des changements sur des périodes de référence plus longues.	Les forêts couvrent 44 % de l'écozone[+] Boréale de Terre-Neuve. L'introduction de populations d'orignaux en abondance constitue un important moteur de changement de la forêt. Les insectes phyllophages, la suppression des incendies et l'exploitation forestière ont aussi une incidence sur la structure et la composition des forêts.
2. Prairies	L'étendue des prairies indigènes n'est plus qu'une fraction de ce qu'elle était à l'origine. Bien qu'à un rythme plus lent, la disparition des prairies se poursuit dans certaines régions. La santé de bon nombre de prairies existantes a également été compromise par divers facteurs de stress.	Sans objet
3. Milieux humides	La perte de milieux humides a été importante dans le sud du Canada; la destruction et la dégradation continuent sous l'influence d'une gamme étendue de facteurs de stress. Certains milieux humides ont été restaurés ou sont en cours de restauration.	De nombreuses terres humides côtières productives se trouvent dans des zones d'urbanisation intensive. Le développement des zones humides par le drainage, le remplissage et la canalisation a des effets néfastes sur la quantité d'eau et sur sa qualité. Il existe peu de renseignements sur les tendances concernant les milieux humides dans l'écozone[+].

Thèmes et sujets	Constatations clés : ÉCHELLE NATIONALE	Constatations clés : ÉCOZONE+ BORÉALE DE TERRE-NEUVE
4. Lacs et cours d'eau	Au cours des 40 dernières années, parmi les changements influant sur la biodiversité qui ont été observés dans les lacs et les cours d'eau du Canada, on compte des changements saisonniers des débits, des augmentations de la température des cours d'eau et des lacs, la baisse des niveaux d'eau et la perte et la fragmentation d'habitats.	L'écoulement fluvial a augmenté de 10 à 40 % au printemps et a diminué de 20 à 70 % à l'été, le résultat d'une hausse des températures printanières et estivales. Contrairement aux tendances nationales, la température s'est abaissée en janvier. Les changements hydrologiques peuvent également avoir pour cause la perte de forêts d'intérieur en raison de la récolte, des incendies et des infestations d'insectes.
5. Zones côtières	Les écosystèmes côtiers, par exemple les estuaires, les marais salés et les vasières, semblent sains dans les zones côtières moins développées, même s'il y a des exceptions. Dans les zones développées, l'étendue des écosystèmes côtiers diminue, et leur qualité se détériore en raison de la modification de l'habitat, de l'érosion et de l'élévation du niveau de la mer.	Les établissements humains sont concentrés le long de la côte de Terre-Neuve de 11 550 km. L'érosion côtière, qui se produit le long des côtes du sud-ouest, de l'ouest et de l'est, est accélérée par l'élévation du niveau de la mer, un accroissement de leur utilisation à des fins résidentielles et touristiques ainsi que les conditions changeantes des glaces d'hiver au large des côtes. La vulnérabilité de la plupart des collectivités côtières à l'érosion était « modérément élevée » ou pire.
6. Zones marines	Les changements observés sur le plan de la biodiversité marine au cours des 50 dernières années sont le résultat d'une combinaison de facteurs physiques et d'activités humaines comme la variabilité océanographique et climatique et la surexploitation. Bien que les populations de certains mammifères marins se soient rétablies à la suite d'une surexploitation par le passé, de nombreuses espèces de pêche commerciale ne se sont toujours pas rétablies.	Sans objet

Thèmes et sujets	Constatations clés : ÉCHELLE NATIONALE	Constatations clés : ÉCOZONE+ BORÉALE DE TERRE-NEUVE
7. La glace dans l'ensemble des biomes	La réduction de l'étendue et de l'épaisseur des glaces marines, le réchauffement et le dégel du pergélisol, l'accélération de la perte de masse des glaciers et le raccourcissement de la durée des glaces lacustres sont observés dans tous les biomes du Canada. Les effets sont visibles à l'heure actuelle dans certaines régions et sont susceptibles de s'étendre; ils touchent à la fois les espèces et les réseaux trophiques.	La période d'englacement a reculé d'une demi-journée par année à l'étang Deadman (dans la partie du centre-nord de l'écozone+) entre 1961 et 1990.
THÈME : INTERACTIONS HUMAINS-ÉCOSYSTÈMES		
8. Aires protégées	La superficie et la représentativité du réseau d'aires protégées ont augmenté ces dernières années. Dans bon nombre d'endroits, la superficie des aires protégées est bien au-delà de la valeur cible de 10 % qui a été fixée par les Nations Unies. Elle se situe en deçà de la valeur cible dans les zones fortement développées et dans les zones océaniques.	En 2009, 6,3 % (7 098 km^2) de l'écozone+ était protégé, une hausse de 4,5 % par rapport à 1992. Ce territoire était composé de 45 aires protégées de catégorie I à III de l'UICN. En outre, cinq aires protégées de catégorie VI couvraient 1,2 % de l'écozone+. La catégorie VI met l'accent sur l'utilisation durable par des traditions culturelles établies.
9. Intendance	Les activités d'intendance au Canada, qu'il s'agisse du nombre et du type d'initiatives ou des taux de participation, sont à la hausse. L'efficacité d'ensemble de ces activités en ce qui a trait à la préservation et à l'amélioration de la biodiversité et de la santé des écosystèmes n'a pas été entièrement évaluée.	Des partenaires du Plan conjoint des habitats de l'Est travaillent ensemble pour protéger et améliorer les milieux humides pour la sauvagine. Le gouvernement provincial et 33 municipalités ont préservé et restauré 142 km^2 d'habitat en milieu humide.

Thèmes et sujets	Constatations clés : ÉCHELLE NATIONALE	Constatations clés : ÉCOZONE+ BORÉALE DE TERRE-NEUVE
10. Espèces non indigenes envahissantes	Les espèces non indigènes envahissantes sont un facteur de stress important en ce qui concerne le fonctionnement, les processus et la structure des écosystèmes des milieux terrestres, des milieux d'eau douce et d'eau marine. Leurs effets se font sentir de plus en plus à mesure que leur nombre augmente et que leur répartition géographique progresse.	Douze mammifères, dont l'orignal, le vison, le lièvre d'Amérique, le coyote et l'écureuil, ont été introduits à Terre-Neuve. Les orignaux entravent la régénération de la forêt après une perturbation et le broutement sélectif est en voie de changer la composition des espèces de plantes. Les écureuils roux pillent les nids des oiseaux indigènes et réduisent la régénération comme prédateurs de cônes. Plus de 35 % des plantes de l'écozone+ ne sont pas indigènes.
11. Contaminants	Dans l'ensemble, les concentrations d'anciens contaminants dans les écosystèmes terrestres et dans les écosystèmes d'eau douce et d'eau marine ont diminué au cours des 10 à 40 dernières années. Les concentrations de beaucoup de nouveaux contaminants sont en progression dans la faune; les teneurs en mercure sont en train d'augmenter chez certaines espèces sauvages de certaines régions.	Les eaux usées sont une forme sérieuse de pollution dans de nombreux environnements côtiers.
12. Charge en éléments nutritifs et efflorescences algales	Les apports d'éléments nutritifs aux systèmes d'eau douce et marins, et plus particulièrement dans les paysages urbains ou dominés par l'agriculture, ont entraîné la prolifération d'algues qui peuvent être nuisibles ou nocives. Les apports d'éléments nutritifs sont en hausse dans certaines régions et en baisse dans d'autres.	L'azote résiduel dans le sol des terres agricoles a augmenté de 20,1 kg N/ha en 1981 à 53,6 kg N/ha en 2006. Les apports d'azote ont doublé, passant de 50,7 kg N/ha en 1981 à 102 kg N/ha en 2006. Le fumier constituait la source la plus importante d'azote en 1981, soit 23,8 kg N/ha par comparaison à 11,3 kg N/ha pour l'engrais et 13,6 kg N/ha pour la fixation de l'azote par les légumineuses. En 2006, la fixation par les légumineuses était de 37,7 kg N/ha, l'ajout de fumier 34,5 kg N/ha et l'engrais 28,1 kg N/ha. Les pertes d'azote ont subi une hausse, passant de 30,6 kg N/ha en 1981 à 48,4 kg N/ha en 2006.

Thèmes et sujets	Constatations clés : ÉCHELLE NATIONALE	Constatations clés : ÉCOZONE+ BORÉALE DE TERRE-NEUVE
13. Dépôts acides	Les seuils d'incidence écologique des dépôts acides, notamment ceux des pluies acides, sont dépassés dans certaines régions; les émissions acidifiantes sont en hausse dans diverses parties du pays et la récupération sur le plan biologique ne se déroule pas au même rythme que la réduction des émissions dans d'autres régions.	La variation spatiale caractérise les dépôts de sulfates et de nitrates dans l'ensemble de l'écozone+. De 1983 à 2000, les dépôts les plus importants étaient situés au coin sud-ouest de l'île, diminuant vers le nord et l'est. Les dépôts de sulfate ont décliné depuis 1990, à l'inverse des dépôts de nitrate. Les tendances à la baisse du sulfate peuvent être liées aux mesures de réduction des émissions, mais pourraient tout aussi bien découler des changements dans les régimes climatiques.
14. Changements climatiques	L'élévation des températures partout au Canada ainsi que la modification d'autres variables climatiques au cours des 50 dernières années ont eu une incidence directe et indirecte sur la biodiversité dans les écosystèmes terrestres et dans les écosystèmes d'eau douce et d'eau marine.	De 1950 à 2007, les températures ont augmenté durant l'été (de 1,7 °C) et l'automne (de 1,0 °C); la saison de croissance n'a connu aucun changement. La précipitation au cours du printemps, de l'automne et de l'hiver a progressé de 0,2 %. L'épaisseur maximale annuelle de neige a augmenté (32,5 cm), cependant, la proportion de précipitation totale par rapport à la neige et la durée de la couverture de neige n'a pas changé.
15. Services écosystémiques	Le Canada est bien pourvu en milieux naturels qui fournissent des services écosystémiques dont dépend notre qualité de vie. Dans certaines régions où les facteurs de stress ont altéré le fonctionnement des écosystèmes, le coût pour maintenir les écoservices est élevé, et la détérioration de la quantité et de la qualité des services écosystémiques ainsi que de leur accès est évidente.	Les services écosystémiques n'ont pas été évalués de façon systématique dans l'écozone+. Les revenus découlant de la chasse et d'autres activités touristiques liées à l'orignal apportent une contribution de plus de 100 millions de dollars annuellement à l'économie de Terre-Neuve.

Thèmes et sujets	Constatations clés : ÉCHELLE NATIONALE	Constatations clés : ÉCOZONE+ BORÉALE DE TERRE-NEUVE
Paysages terrestres et marins intacts*	Les paysages terrestres et marins intacts ont d'abord été caractérisés comme constatation clé récurrente à l'échelle nationale; les renseignements ont été compilés et évalués par la suite pour l'écozone+ du Bouclier boréal. Dans la version définitive du rapport national[6], les renseignements relatifs aux paysages terrestres et marins intacts ont été incorporés à d'autres constatations clés. Ces renseignements ont été maintenus comme constatation clé distincte pour l'écozone+ du Bouclier boréal.	En 2006, 57 % de l'écozone+ était composé d'aires naturelles intactes, d'étendues contiguës de forêts, de bogs, d'eau, de toundra et d'affleurements rocheux de plus de 10 km^2.
16. Paysages agricoles servant d'habitat	Le potentiel des paysages agricoles à soutenir la faune au Canada a diminué au cours des 20 dernières années, principalement en raison de l'intensification des activités agricoles et de la perte de couverture terrestre naturelle et semi-naturelle.	Sans objet
17. Espèces présentant un intérêt économique, culturel ou écologique particulier	De nombreuses espèces d'amphibiens, de poissons, d'oiseaux et de grands mammifères présentent un intérêt économique, culturel ou écologique particulier pour les Canadiens. La population de certaines espèces diminue sur le plan du nombre et de la répartition, tandis que chez d'autres, elle est soit stable ou en pleine santé ou encore en plein redressement.	Les populations de caribous ont connu un déclin, passant d'un sommet de 95 000 animaux en 1997 à 32 000 en 2008. Le classement de la martre d'Amérique (population de Terre-Neuve) est passé d'espèce en voie de disparition à espèce menacée en 2007. Terre-Neuve possède la plus vaste étendue de prés en Amérique du Nord, comprenant des espèces rares et endémiques telles que le braya de Long et le braya de Fernald.

Thèmes et sujets	Constatations clés : ÉCHELLE NATIONALE	Constatations clés : ÉCOZONE+ BORÉALE DE TERRE-NEUVE
18. Productivité primaire	La productivité primaire a augmenté dans plus de 20 % du territoire végétalisé au Canada au cours des 20 dernières années et elle a également augmenté dans certains écosystèmes d'eau douce. L'ampleur et la période de productivité primaire changent dans tout l'écosystème marin.	La productivité primaire nette, telle que la mesure l'IVDN, a progressé sur près de 41 % du territoire de l'écozone+ entre 1985 et 2006. Il s'agit de la plus grande proportion de terrain dont la tendance est positive parmi les écozones+ du Canada. Le réchauffement du climat, l'exploitation forestière ou les caribous, qui entravent la régénération de la forêt, peuvent être responsables des tendances observées.
19. Perturbations naturelles	La dynamique des régimes de perturbations naturelles, notamment les incendies et les vagues d'insectes indigènes, est en train de modifier et de refaçonner le paysage. La nature et le degré du changement varient d'un endroit à l'autre.	Les incendies ne constituent pas une perturbation naturelle d'envergure dans cette écozone+. Parmi les principaux insectes phyllophages, on retrouve le diprion du sapin, la tordeuse des bourgeons de l'épinette et l'arpenteuse de la pruche. Les infestations importantes se limitaient principalement aux régions de l'ouest et du centre. On note une augmentation de la durée, de la gravité et de l'étendue des infestations du diprion du sapin.
20. Réseaux trophiques	Des changements profonds dans les relations entre les espèces ont été observés dans des milieux terrestres et dans des milieux d'eau douce et d'eau marine. La diminution ou la disparition d'éléments importants des réseaux trophiques a considérablement altéré certains écosystèmes.	L'introduction de plusieurs espèces non indigènes dans l'écozone+ a eu des répercussions sur les cycles de population des espèces indigènes. L'introduction de coyotes peut avoir eu un effet sur les populations de caribous, de lièvres arctiques et de martres. Les phoques ont allongé le temps qu'ils passent dans plusieurs rivières et estuaires et sont maintenant présents au moment de la migration des saumoneaux.

Thèmes et sujets	Constatations clés : ÉCHELLE NATIONALE	Constatations clés : ÉCOZONE+ BORÉALE DE TERRE-NEUVE
THÈME : INTERFACE SCIENCE-POLITIQUE		
21. Surveillance de la biodiversité, recherche, gestion de l'information et communication des résultats	Les renseignements de surveillance recueillis sur une longue période, normalisés, complets sur le plan spatial et facilement accessibles, complétés par la recherche sur les écosystèmes, fournissent les constatations les plus utiles pour les évaluations de l'état et des tendances par rapport aux politiques. L'absence de ce type d'information dans de nombreux secteurs a gêné l'élaboration de la présente évaluation.	On dispose de très peu de renseignements quantitatifs pour cette écozone+.
22. Changements rapides et seuils	La compréhension grandissante des changements rapides et inattendus, des interactions et des seuils, en particulier en lien avec les changements climatiques, indique le besoin d'une politique qui permet de répondre et de s'adapter rapidement aux indices de changements environnementaux afin de prévenir des pertes de biodiversité majeures et irréversibles.	Le changement dans la composition des espèces d'arbres et l'absence de régénération de la forêt pendant les décennies qui suivent une perturbation semblent indiquer que les caribous et les insectes phyllophages ont amené les écosystèmes de l'écozone+ Boréale de Terre-Neuve à un nouvel état. Étant donné les données limitées disponibles, on ne sait pas si d'autres seuils ont été atteints.

THÈME : BIOMES

Constatation clé 1 **Thème** Biomes

Forêts

Constatation clé à l'échelle nationale
Sur le plan national, la superficie que couvrent les forêts a peu changé depuis 1990; sur le plan régional, la réduction de l'aire des forêts est considérable à certains endroits. La structure de certaines forêts du Canada, y compris la composition des espèces, les classes d'âge et la taille des étendues forestières intactes, a subi des changements sur des périodes de référence plus longues.

Écozone+ du Bouclier boréal : forêts

La majeure partie de l'écozone+ du Bouclier boréal est constituée de forêt boréale, mais l'écozone+ comprend également des forêts tempérées dans sa partie méridionale. En 2005, les forêts couvraient 88 % de l'écozone+. La composition, les classes d'âge ainsi que les moteurs biotiques et abiotiques des forêts varient grandement d'un endroit à l'autre de la vaste étendue de l'écozone+. À titre d'exemple, le feu est une perturbation majeure ainsi qu'un moteur de la composition et des classes d'âge de la forêt dans l'écozone+ du Bouclier boréal dans son ensemble, mais la récurrence des incendies varie de 125 à 600 ans entre l'est et l'ouest[37]. La foresterie est également une industrie majeure en Ontario et au Québec, et joue un moins grand rôle en Saskatchewan et au Manitoba. Les forêts ont été converties en terres cultivées dans la portion sud-ouest de l'écozone+ entre 1985 et 2006[23]. Ces changements n'étaient pas significatifs à l'échelle de l'écozone+ et la surface générale des écosystèmes forestiers n'a pas changé, cependant, la composition et la structure des forêts aménagées se sont transformées [38-40].

Le passage d'une forêt de conifères à une forêt à feuilles caduques et à des arbustes a peut-être été facilité par la régénération naturelle[40-42]. La régénération naturelle des aires de coupe était pratique courante dans les régions centrales du Canada des années 1920 au milieu des années 1970 et continue d'être une approche commune[43]. L'échec de la régénération naturelle a occasionné des programmes de replantation à partir des années 1970 jusqu'en 2009[44, 45].

Le suivi de la composition et de la structure des forêts est effectué par les ministères provinciaux des ressources naturelles et de l'environnement; par conséquent, les données et les discussions qui suivent sont basées sur des divisions provinciales ainsi que sur des sommaires supplémentaires au niveau des écozones+ et des écorégions lorsque c'est possible. Figure 6 et la Figure 7 illustrent les zones de forêts qui sont aménagées dans l'écozone+ du Bouclier boréal, de même que les limites des écorégions définies dans le Cadre écologique national pour le Canada[9].

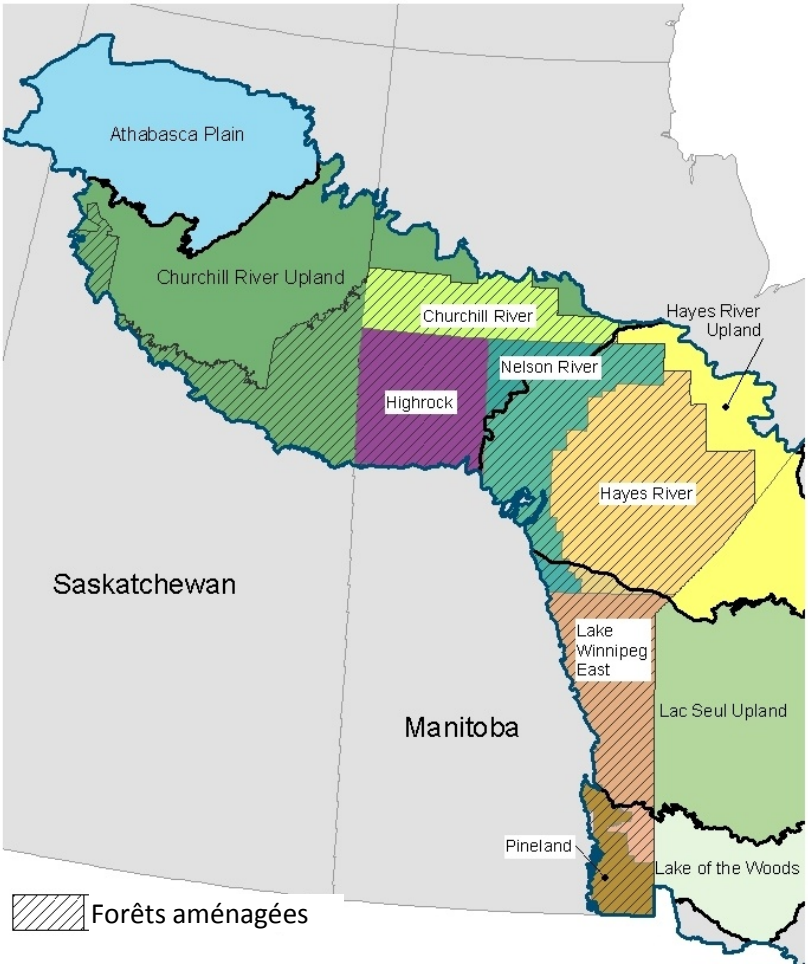


Figure 6. Carte des forêts aménagées des portions de l'écozone[+] du Bouclier boréal situées en Saskatchewan et au Manitoba.
Les zones illustrées dans le Manitoba sont des unités d'aménagement forestières. En Saskatchewan, les forêts aménagées comprennent des forêts au sud de la région de reconnaissance du nord pour laquelle des données d'inventaire existent. Les limites des écorégions y sont montrées afin de fournir le contexte. Source : ministère de l'Environnement de la Saskatchewan, Forestry Service Branch (Direction générale des services forestiers), données non publiées et Conservation Manitoba, Direction générale des forêts, Forest Management Licenses (Permis d'aménagement des forêts), données non publiées[38]

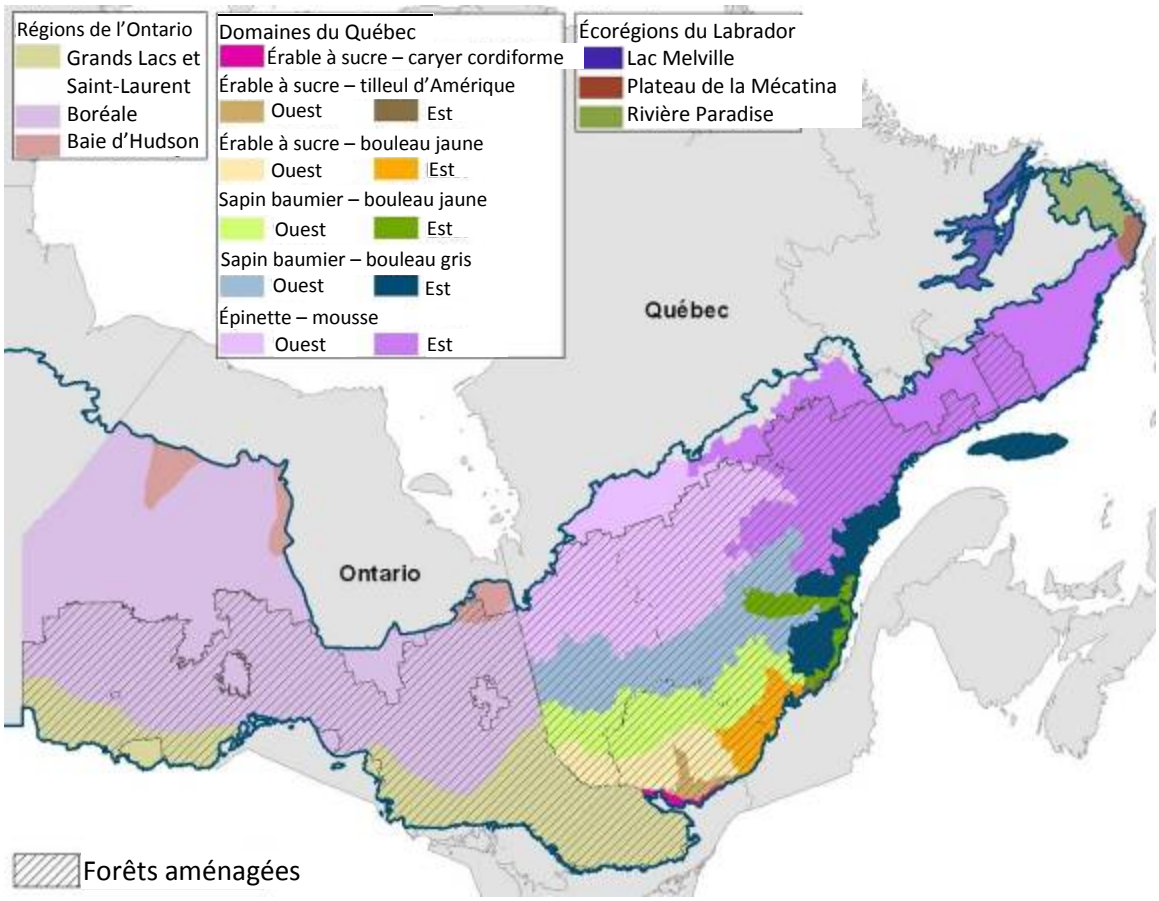


Figure 7. Carte des forêts aménagées des portions de l'écozone⁺ du Bouclier boréal situées en Ontario et au Québec.
Le terme « forêts aménagées » fait référence aux régions pour lesquelles des données d'inventaire existent. Les régions forestières de l'Ontario et les domaines forestiers du Québec sont illustrés afin de fournir un contexte.
Source : Ministère des Ressources naturelles, 2005[46]

Les perturbations les plus communes dans la partie occidentale de l'écozone⁺ du Bouclier boréal sont les incendies. L'absence d'extinction des incendies a donné lieu à un régime des feux relativement naturel, particulièrement dans la partie de l'écozone⁺ située en Saskatchewan où il y a peu de facteurs stressants anthropiques[47]. Les opérations forestières sont limitées à 340 000 km² le long de la frontière sud de l'écorégion des hautes terres de la rivière Churchill[48] et moins de 10 km² sont récoltés par année[49]. Environ 76 % de l'écozone⁺ du Bouclier boréal en Saskatchewan est recouverte de forêts[50]. Au Manitoba, la gestion forestière a causé un déclin du nombre de pins gris (*Pinus banksiana*), d'épinettes noires (*Picea mariana*) et d'épinettes blanches (*Picea glauca*) et une hausse du nombre d'autres pins, de sapins baumiers (*Abies balsamea*) ainsi que d'autres conifères et feuillus entre les années 1970 et 1990 (voir la Figure 8 pour des exemples).

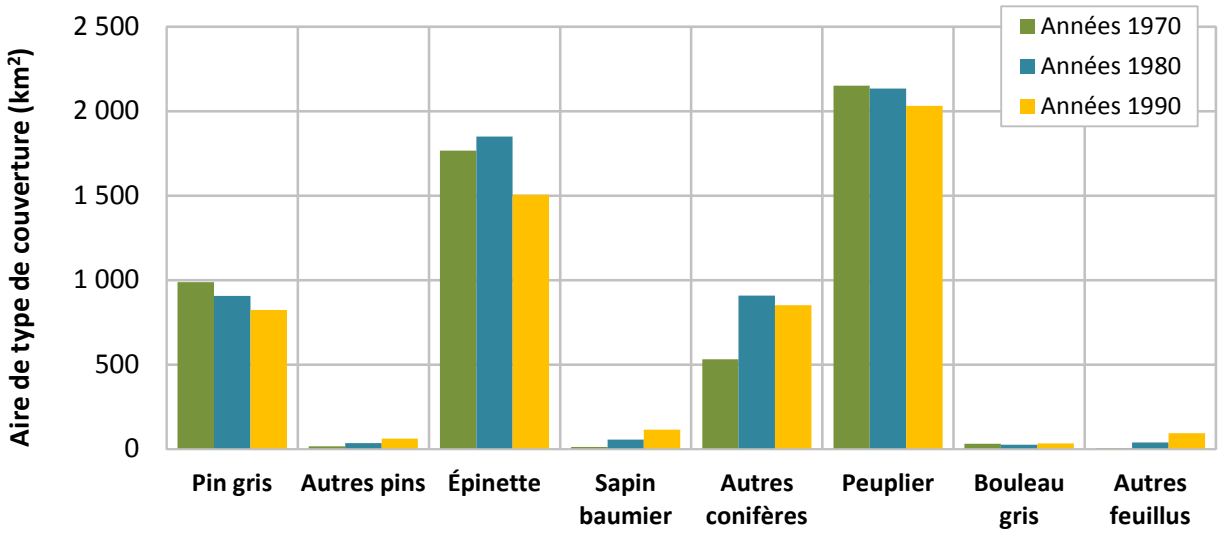


Figure 8. Aire des types de couverture selon les espèces d'arbres dans la section de forest Pineland pour les années 1970, 1980 et 1990.
Source : Conservation Manitoba, Direction générale des forêts, Inventaire des forêts du Manitoba, données non publiées[38].

Les perturbations naturelles pour la partie est de la forêt boréale du Canada comprennent les incendies [47, 51], les infestations d'insectes[52] et le déracinement par le vent[53]. Parmi celles-ci, ce sont les incendies qui ont l'influence la plus étendue à l'échelle régionale[54]. Les régimes d'incendies (la fréquence, la taille, l'intensité, la saisonnalité, le type et la gravité des incendies) ont une influence considérable sur la structure par âge des paysages boréaux, ainsi que la structure et la composition des peuplements[55-58]. Dans la partie orientale de l'écozone+ du Bouclier boréal, 30 % de la région boisée est dominée par des forêts de conifères denses, 13 % par des forêts mixtes de conifères et à feuilles caduques et 35 % est considérée comme forêt clairsemée[59]. On note relativement peu de perturbations d'origine humaine, mais ces forêts sont susceptibles de subir les effets des changements climatiques, ce qui peut potentiellement mener à une hausse de la fréquence et de l'étendue des incendies et à des changements dans la distribution des espèces[59].

La forêt boréale de la région de l'Ontario couvre approximativement 500 000 km² et est constituée de forêt à 82 %[60]. Les peuplements dominés par les conifères, particulièrement ceux qui sont dominés par les épinettes, sont devenus des peuplements à dominance mixte et à feuilles caduques après la récolte en Ontario (Figure 9) et au Québec (Figure 10)[39, 40, 61]. La régénération des épinettes dépend des feux, de sorte que l'absence de feux de forêt mène à une régénération réduite des épinettes et à une augmentation des espèces feuillues ou d'autres conifères[62]. Bien que des conifères soient plantés après la récolte, la régénération des bois résineux n'est pas toujours réussie[39, 42, 44, 63].

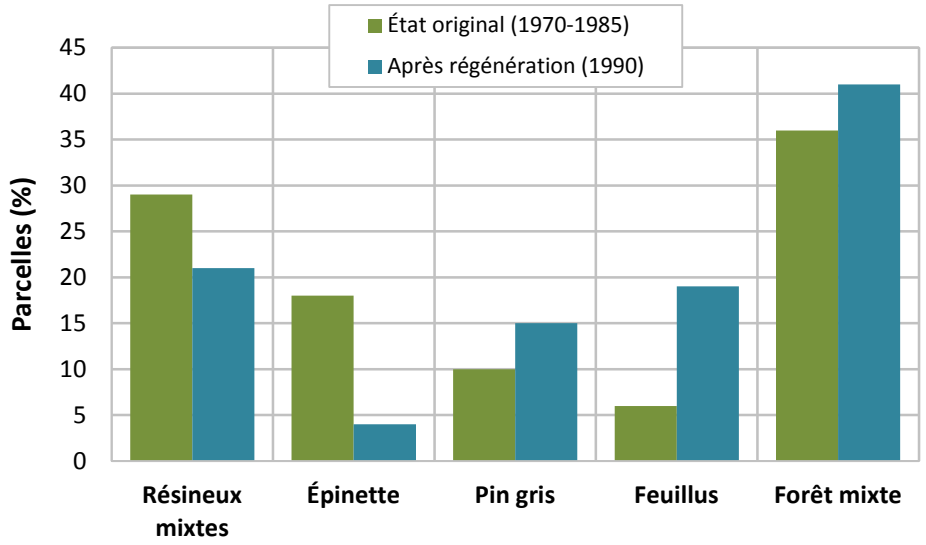


Figure 9. Changements dans la proportion des groupes de composition des espèces d'arbres après la récolte dans 1 522 parcelles partout dans la forêt boréale de la région de l'Ontario entre la période de 1970 à 1985 et 1990 (de 5 à 20 ans après l'abattage).
Source : adapté de Hearden et coll., 1992[40]

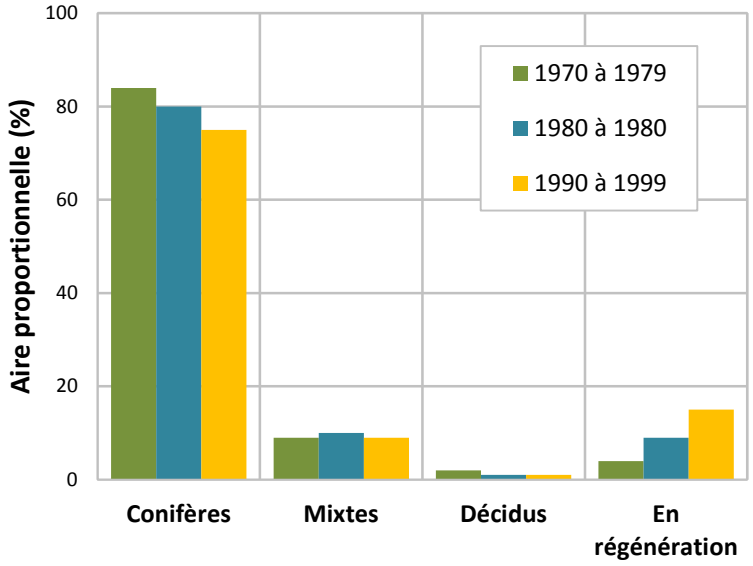


Figure 10. Aire proportionnelle selon le type de couverture dans le sous-domaine de l'est est de l'épinette et de la de pessière à mousse au Québec.
Source : Ministère des Ressources naturelles, 2002[61]

La majorité des activités de récolte dans les forêts de l'État en Ontario ont lieu dans les régions de la forêt boréale et de la forêt des Grands Lacs et du Saint-Laurent[45]. En 2009-2010, on comptait 852 zones de coupes de récolte à blanc actives dans la région de la forêt boréale (Figure 7). De ces coupes à blanc, 826 (97 %) mesuraient moins de 2,6 km^2. La taille moyenne d'une

coupe à blanc était de 0,6 km² tandis que la plus grande coupe à blanc mesurait 14,2 km²[45]. La distribution par classe d'âge de la forêt constitue un important indicateur de changement des processus de l'écosystème. On inscrit les peuplements forestiers dans la classe d'âge de 0 à 20 ans jusqu'à ce qu'un nouveau traitement de régénération ait été prescrit. Cela comprend les activités de préparation du site et de régénération visant à favoriser l'établissement des peuplements forestiers désirés jusqu'à ce que le peuplement soit déclaré établi, c'est-à-dire qu'il respecte les critères de croissance et qu'il soit libre, au bout du compte, de végétation concurrente. Des niveaux élevés de perturbations liées aux feux, une régénération en retard ou échouée, la production retardée de rapports de régénération réussie et les intervalles de temps entre la perturbation et le temps où le peuplement est déclaré établi peuvent avoir contribué à la fréquence élevée de rapports dans la classe d'âge de 0 à 20 ans pour l'Ontario (Figure 11). De la même manière, la distribution par classe d'âge des forêts du Manitoba penche vers les plus jeunes arbres[64].

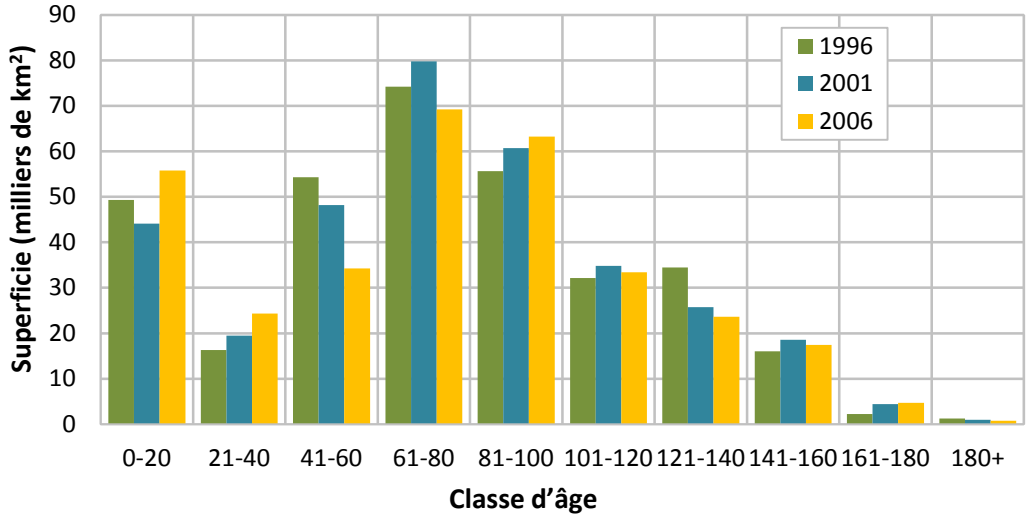
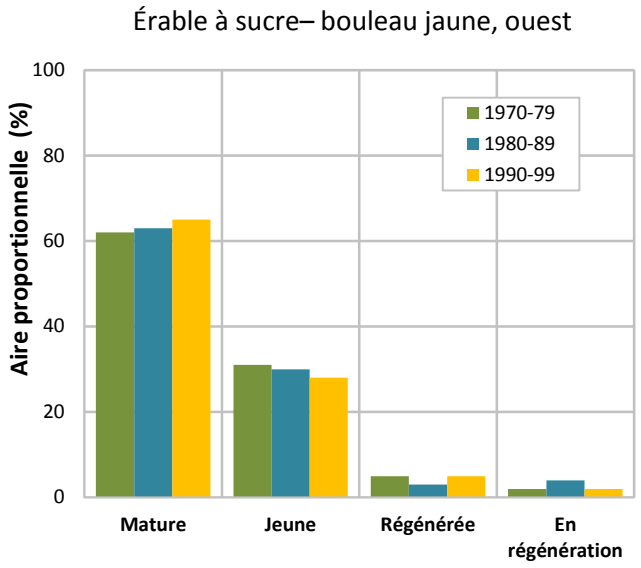


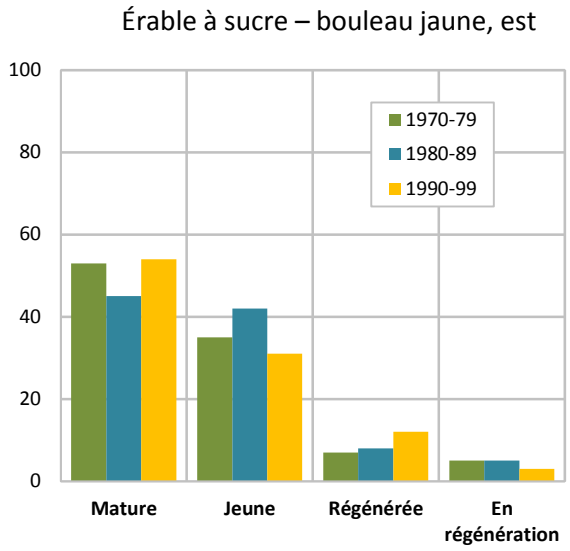
Figure 11. La superficie (en milliers de km²) de la distribution par classe d'âge pour les forêts aménagées de l'Ontario, pour tous les types de forêt en 1996, 2001 et 2006.
Source : données du Ministère des Richesses naturelles de l'Ontario, 2007[39]

La portion du Québec de l'écozone+ du Bouclier boréal comprend environ 433 000 km² de forêt, donc 424 000 km² sont productifs (c.-à-d., des forêts capables de produire 30 m² ou plus de bois par hectare (0,01 km²) en moins de 120 ans, et qui ont une pente inférieure à 41 %[63]). Les archives historiques de reconstruction après les incendies des 300 dernières années du nord-est de l'Ontario à la rive Nord dans l'est du Québec indiquent que, traditionnellement, plus de 50 % de la forêt avait plus de 100 ans[58, 65]. Au Québec, les pratiques actuelles d'aménagement forestier sont responsables d'une augmentation de la proportion d'habitats aux premiers stades de succession écologique et d'une diminution d'habitats au dernier stade de succession écologique à mesure que la foresterie se déplace vers l'est et le nord (p. ex., Figure 12[55, 66]. La récolte vise les classes d'âge plus avancé, ce qui fait que la transformation à des stades de succession écologique plus jeunes se produit davantage que ce à quoi on s'attendrait en présence de perturbations exclusivement naturelles.

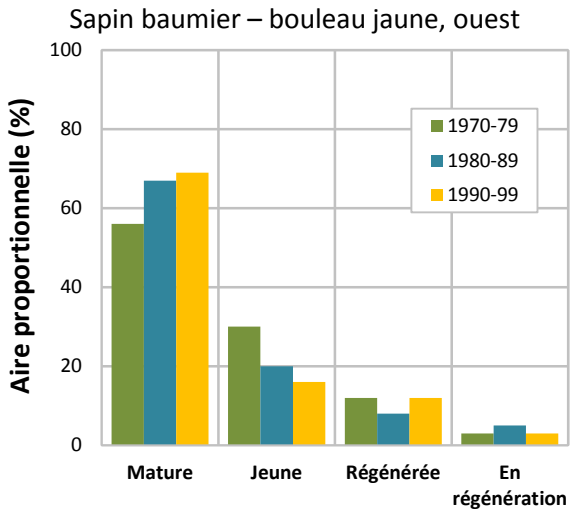
a)


Érable à sucre– bouleau jaune, ouest
Aire proportionnelle (%)
100
80
60
40
20
0
1970-79
1980-89
1990-99
Mature
Jeune
Régénérée
En régénération

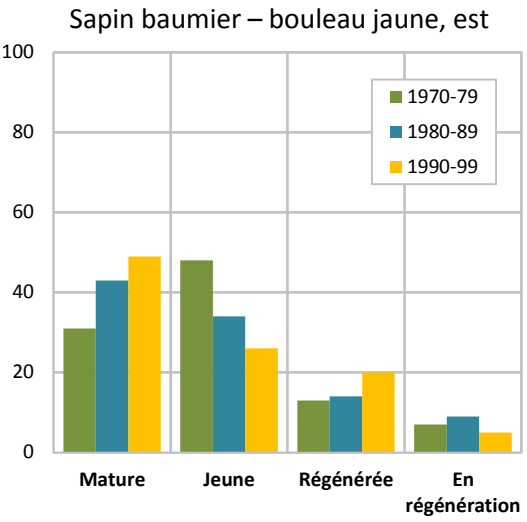
b)


Érable à sucre – bouleau jaune, est
100
80
60
40
20
0
1970-79
1980-89
1990-99
Mature
Jeune
Régénérée
En régénération

c)


Sapin baumier – bouleau jaune, ouest
Aire proportionnelle (%)
100
80
60
40
20
0
1970-79
1980-89
1990-99
Mature
Jeune
Régénérée
En régénération

d)


Sapin baumier – bouleau jaune, est
100
80
60
40
20
0
1970-79
1980-89
1990-99
Mature
Jeune
Régénérée
En régénération

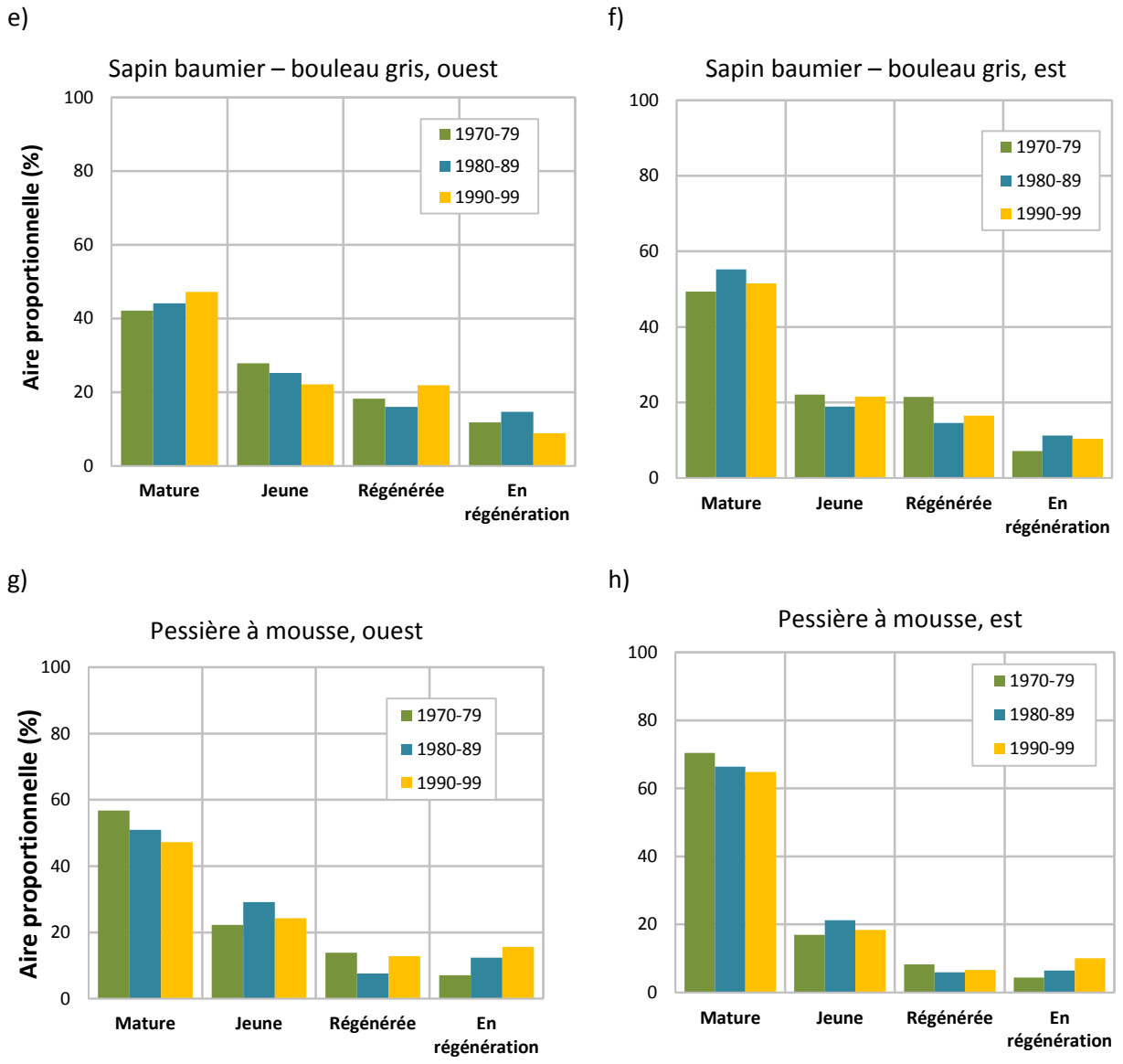


Figure 12. Aire proportionnelle des sous-domaines les plus communs par stade de développement dans la portion du Québec de l'écozone[+] du Bouclier boréal.
Les données incluent les forêts privées et publiques.
Source : ministère des Ressources naturelles et Faune, 2009, Statistiques forestières, données non publiées, mises à jour des données du Ministère des Ressources naturelles de 2002[61]

Le gouvernement du Québec explore actuellement la viabilité de la production de fibres dans le Nord (entre les 49e et 52e parallèles). Les trois zones potentielles comprendraient le « développement nordique », une région qui possède des zones fragiles, mais qui offre en général une bonne croissance et un bon potentiel pour la foresterie, un « développement mené par le feu » avec de courts intervalles de feu qui devront être considérés durant la planification de la récolte, et un « développement limité » plus au nord pour de la foresterie limitée[67].

Les régions au nord des forêts aménagées sont rarement surveillées et les changements qui surviennent dans ces régions ne sont généralement pas connus. Cependant, les peuplements denses et matures de conifères (dominés par les épinettes) ont été remplacés par des terrains boisés de lichen sur plus de neuf pour cent du paysage entre 1950 et 2002, causant un changement dans les types d'écosystème dans la partie nord-est de l'écozone+ du Bouclier boréal. On attribue ces changements à une fréquence accrue d'incendies, à des feux moins graves arrivant plus tôt et à des incendies de forêt se produisant peu après des infestations d'insectes[68, 69].

Une petite portion de l'écozone+ du Bouclier canadien s'étend dans le Labrador. Selon les images Landsat de 1987 à 1990, 87 % de la région est couverte de forêt et comprend les écorégions de la rivière Paradise et du lac Melville au complet (Figure 7). Les forêts d'épinettes noires et de sapins baumiers viables sur le plan commercial constituent 52,6 % des régions boisées totales tandis que la forêt non commerciale comprend les autres forêts d'épinettes noires (24,3 %), les terrains boisés de lichens (6,7 %) et de plus petites quantités de broussailles de feuillus et de forêt mixte[70]. Les régions brûlées composent 15 % des régions boisées et sont généralement dominées par le bouleau, le tremble et l'épinette noire. On ne peut déterminer aucune tendance pour le Labrador, car ces forêts ne sont pas surveillées régulièrement. Des placettes d'échantillonnage permanentes ont été établies dans les années 1990, mais peu d'entre elles ont été mesurées de nouveau[71].

L'exploitation forestière a augmenté dans le Bouclier boréal à partir des années 1900 jusqu'à un pic au milieu des années 1990[72]. En 2004, les activités d'exploitation forestière avaient fortement diminué et étaient revenues à leur niveau du début des années 1980. De nombreux facteurs ont conduit à ces déclins, y compris le coût élevé du carburant et de l'électricité, les restrictions commerciales, la valeur relativement élevée du dollar canadien, la concurrence mondiale, et, par-dessus tout, l'effondrement du marché immobilier aux États-Unis qui a fait chuter la demande de bois de sciage[73].

Écozone+ du Bouclier boréal : oiseaux forestiers

Étant donné que l'habitat forestier domine l'écozone+ du Bouclier boréal, cette écozone+ abrite une proportion considérable des oiseaux forestiers du Canada[74, 75]. Dix-huit espèces ont 30 % ou plus de leur aire de répartition canadienne dans l'écozone+ du Bouclier boréal et dix-sept d'entre elles sont des migrateurs néotropicaux (Tableau 5). L'écozone+ du Bouclier boréal abrite des oiseaux terrestres qui y résident toute l'année, tels que la mésange à tête brune (*Poecile hudsonicus*) et le mésangeai du Canada (*Perisoreus canadensis*), de même que de nombreuses espèces migratoires qui se reproduisent dans les forêts boréales chaque été et migrent ensuite vers le sud, tous les ans. Les bruants, les parulines et les grives vraies représentent plus de la moitié de tous les oiseaux terrestres boréaux. Une grande majorité des oiseaux terrestres boréaux subissent de longues migrations : on estime que 93 % de ces oiseaux quittent la région boréale tous les automnes pour passer l'hiver aux États-Unis, au Mexique, dans les Antilles, en Amérique centrale et en Amérique du Sud, puis reviennent l'année suivante pour se reproduire[76]. En ce qui concerne les quelques espèces d'oiseaux qui demeurent dans l'écozone+

toute l'année, il est difficile de surveiller leur population en raison de la période de leur saison de reproduction (en avril et en mai, alors qu'il reste de la neige au sol) et de leur faible densité[75].

Dans l'ensemble, les tendances chez les oiseaux forestiers sont stables ou à la hausse dans l'écozone+ du Bouclier boréal (Tableau 6). Endémique dans les forêts des régions boréales de l'Amérique du Nord où prédominent l'épinette et le sapin, la mésange à tête brune est en déclin partout au Canada selon le Recensement des oiseaux de Noël [77], mais non selon le Relevé des oiseaux nicheurs (BBS) (Tableau 6) [78]. Désigné comme une espèce menacée par le Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC) en 2007[79], la chute des populations de moucherolles à côtés olive (*Contopus cooperi*) (Tableau 6) n'est pas étrangère à la diminution des nombres d'insectivores volants au cours de la même période [80]. En 2008, le COSEPAC désignait aussi la paruline du Canada (*Cardellina canadensis*) comme une espèce menacée. Ces migrateurs néotropicaux, et d'autres encore, subissent les changements dans leurs habitats d'hiver sous les tropiques [81]. Dans le même ordre d'idées, les populations d'oiseaux forestiers qui migrent sur de courtes distances, comme c'est le cas du troglodyte des forêts (*Troglodytes hiemalis*), du viréo à tête bleue (*Vireo solitarius*) et du roitelet à couronne rubis (*Regulus calendula*), sont perturbées par la détérioration de leur habitat d'hiver, même si leur habitat de reproduction reste inchangé dans l'écozone+ du Bouclier boréal [82].

Les estimations des tendances par espèce ont été dérivées du Relevé des oiseaux nicheurs (BBS). Le BBS est un programme international de surveillance sur une longue durée et à grande échelle des oiseaux qui a débuté en 1966 et qui vise à faire un suivi de l'état et des tendances des populations d'oiseaux en Amérique du Nord. Tous les ans, des milliers d'ornithologues amateurs se portent volontaires et recueillent des données sur les populations d'oiseaux le long des parcours de relevés en bordure de route au plus fort de la saison de reproduction. Bien que cela facilite l'accès aux observateurs, le fait de s'en tenir aux habitats se trouvant en bordure des routes diminue la fiabilité des tendances quant aux populations d'oiseaux vivant dans d'autres habitats. De nombreuses espèces d'oiseaux terrestres (espèces intrusives, espèces nomades, principaux nicheurs dans des cavités et le pic, la gélinotte, les rapaces diurnes, les rapaces nocturnes, les espèces en péril), presque toutes les espèces d'oiseaux aquatiques et d'oiseaux de rivage ainsi que les espèces d'oiseaux aquatiques qui nichent dans des cavités ne font pas l'objet d'une surveillance adéquate [83]. La variabilité des aptitudes des observateurs ainsi que la couverture partielle du territoire sont d'autres sources d'erreur systématique [84]. L'interprétation de tendances dont la fiabilité est faible devrait se faire avec les réserves qui s'imposent.

Les tendances signalées dans le présent document ne sont pas représentatives à l'échelle de l'écozone+. L'écozone+ du Bouclier boréal coïncide avec la région de conservation de oiseaux 8 (RCO 8 – Forêt coniférienne boréale) et avec la moitié nord de la région de conservation des oiseaux 12 (RCO 12 – Forêt mixte boréale). Les tendances pour la totalité de la RCO 12, laquelle comprend l'écozone+ des plaines à forêts mixtes, sont signalées dans le présent document. Les corridors les plus achalandés du relevé sont concentrés dans la partie sud de l'écozone+ du Bouclier boréal, ce qui augmente la fiabilité des tendances observées dans la RCO 12 par rapport à la RCO 8 (p. ex., Tableau 6) L'Ontario et le Québec ont par ailleurs une meilleure couverture que les autres provinces dans l'écozone+ du Bouclier boréal.

Tableau 5. Espèces d'oiseaux migrants néotropicaux ayant plus de 30 % de leur aire de répartition canadienne dans l'écozone⁺ du Bouclier boréal. Ce tableau comprend les oiseaux forestiers et de maquis.

Nom commun	Population reproductrice d'Amérique du Nord (AN) dans l'écozone⁺ (%)	Aire de répartition dans l'écozone⁺ (%) par rapport à l'aire de répartition en AN	Aire de répartition dans l'écozone⁺ (%) par rapport à l'aire de répartition canadienne	Déclin significatif (p) de 1970 à 2012 (BBS)[a]
Paruline à poitrine baie (*Setophaga castanea*)	84	61	63	
Paruline noir et blanc (*Mniotilta varia*)	61	3	47	
Paruline à gorge orangée (*Setophaga fusca*)	77	51	65	
Paruline bleue (*Setophaga caerulescens*)	59	40	60	
Paruline à gorge noire (*Setophaga virens*)	62	54	66	
Paruline du Canada (*Cardellina canadensis*)	67	55	61	nRCO 8
Paruline tigrée (*Setophaga tigrina*)	79	51	53	
Paruline à flancs marron (*Setophaga pensylvanica*)	79	47	62	*RCO 8
Paruline à gorge grise (*Oporornis agilis*)	61	61	55	nRCO 8 et *RCO 12
Paruline à ailes dorées (*Vermivora chrysoptera*)	76	25	56	
Paruline à tête cendrée (*Setophaga magnolia*)	60	45	47	
Paruline triste (*Geothlypis philadelphia*)	83	47	51	*RCO 8 *RCO 12
Paruline à joues grises (*Oreothlypis ruficapilla*)	82	46	59	
Paruline couronnée (*Seiurus aurocapilla*)	61	26	46	
Viréo de Philadelphie (*Vireo philadelphicus*)	79	38	45	
Grive fauve (*Catharus fuscescens*)	64	25	36	*RCO 12
Moucherolle à ventre jaune (*Empidonax flaviventris*)	86	39	52	

*Ces estimations sont basées sur les données des Relevés des oiseaux nicheurs (BBS) d'Amérique du Nord hébergées au Centre national de la recherche faunique (Service canadien de la faune) ou au Patuxent Wildlife Research Center. p représente la signification statistique : * indique que p < 0,05; n indique que 0,05 < p < 0,1; l'absence de valeur indique qu'il n'y a pas de signification statistique. Les régions de conservation des oiseaux (RCO) qui chevauchent l'écozone⁺ du Bouclier boréal sont indiquées par BCR8, qui comprend l'écozone⁺ Boréale de Terre-Neuve et la moitié septentrionale de RCO12[85]*
Source : données tirées de Rich et coll., 2004[82], [a](Environnement Canada 2014)[78]

Les populations d'oiseaux forestiers varient selon la disponibilité de ressources alimentaires. Les populations de plusieurs espèces, y compris le roselin pourpré (*Haemorphous purpureus*), présentent des fluctuations naturelles substantielles à la suite de changements d'approvisionnement de graines, d'incendies et d'infestations d'insectes; cet effet se voit particulièrement chez les populations vivant dans les forêts de conifères plus au nord[75]. Les changements climatiques globaux peuvent également avoir des répercussions sur les oiseaux en devançant leur arrivée dans les aires de reproduction et/ou le temps quand éclorent les oisillons, ce qui cause une disparité avec les périodes d'abondance maximale des proies [86]. Cela peut conduire à une productivité réduite, à des changements dans les communautés de prédateurs et à des aires de répartition réduites ou modifiées [87]. Par exemple, les déclins chez le mésangeai du Canada dans le parc Algonquin ont été attribués, au moins en partie, aux températures hivernales plus élevées qui gâtent les provisions de nourriture d'hiver de cette espèce résidente[88].

*Tableau 6. Tendances de l'abondance et fiabilité de celles-ci dans le cas des espèces d'oiseaux sélectionnées et caractéristiques des forêts de l'écozone+ du Bouclier boréal, de 1970 à 2012. Espèces d'oiseaux de maquis**

Oiseaux forestiers	RCO 8 tendance annuelle	RCO 8 fiabilité	RCO 12 tendance annuelle	RCO 12 fiabilité
Paruline flamboyante (*Setophaga ruticilla*)	-0,01	faible	-0,49	Haute
Paruline à poitrine baie (*Setophaga castanea*)	1,47	faible	-3,64	Médium
Paruline noir et blanc (*Mniotilta varia*)	0,68	faible	-0,53	Haute
Paruline à gorge orangée (*Setophaga fusca*)	1,55	faible	0,88	Haute
Paruline bleue (*Setophaga caerulescens*)	5,29	faible	2,10	Haute
Paruline à gorge noire (*Setophaga virens*)	0,60	faible	1,07	Haute
Viréo à tête bleue (*Vireo solitarius*)	5,99	faible	3,83	Haute
Mésange à tête brune (*Poecile hudsonicus*)	3,25	faible	0,78	Médium
Petite buse (*Buteo platypterus*)	3,07	faible	0,40	Haute
Paruline du Canada (*Cardellina canadensis*)	-1,54	faible	-3,62	Haute
Paruline tigrée (*Setophaga tigrina*)	0,91	faible	-1,08	Médium
Gros-bec errant* (*Coccothraustes vespertinus*)	-5,84	médium	-3,5	Médium
Mésangeai du Canada (*Perisoreus canadensis*)	0,63	faible	-0,16	Haute
Moucherolle tchébec (*Empidonax minimus*)	-1,07	faible	-2,47	Haute
Paruline à tête cendrée (*Setophaga magnolia*)	1,85	faible	⇧ 1,89	Haute
Moucherolle à côtes olive (*Contopus cooperi*)	-1,44	faible	-5,37	Haute
Paruline couronnée (*Seiurus aurocapilla*)	0,21	médium	-0,22	Haute
Viréo de Philadelphie (*Vireo philadelphicus*)	0,47	faible	2,14	Haute
Roselin pourpré (*Haemorphous purpureus*)	-0,70	faible	-2,89	Haute
Viréo aux yeux rouges (*Vireo olivaceus*)	0,90	médium	0,99	Médium
Cardinal à poitrine rose (*Pheucticus ludovicianus*)	-1,87	faible	-2,61	Haute
Roitelet à couronne rubis (*Regulus calendula*)	1,45	faible	-3,20	Haute
Gélinotte huppée (*Bonasa umbellus*)	2,68	faible	-1,78	Haute
Grive à dos olive (*Catharus ustulatus*)	-0,31	faible	-0,29	Haute
Paruline obscure (*Oreothlypis peregrina*)	0,98	faible	-3,57	Médium
Grive fauve (*Catharus fuscescens*)	2	médium	-1,05	Haute
Troglodyte des forêts (*Troglodytes hiemalis*)	1,22	faible	0,94	Haute
Paruline à croupion jaune (*Setophaga coronata*)	2,64	faible	0,64	Haute

Ces données portent aussi sur les portions ontariennes et québécoises des régions de conservation des oiseaux 8 et 12. Seule la moitié nord de la RCO 12 se retrouve dans l'écozone+, de sorte de ces données s'étendent au -delà des limites de l'écozone+ vers le sud et sous-représentent l'écozone+ dans les Prairies et le Labrador [85].

Source : Environnement Canada 2014[78]

Les dindons sauvages (*Meleagris gallopavo*) ont disparu dans l'est au début des années 1900 et ont été réintroduits dans leur aire de répartition indigène dans le Sud de l'Ontario et à la limite sud de l'écozone+ du Bouclier boréal[89]. Les dindons agrandissent naturellement leur aire de répartition vers le nord dans l'écozone+ du Bouclier boréal dans le parc provincial Algonquin, le long de la baie Georgienne et près de la rivière des Outaouais[89].

Oiseaux nichant dans une cavité

Les oiseaux nichant dans une cavité sont des oiseaux qui font leur nid dans des cavités qu'ils creusent eux-mêmes (occupants primaires) ou dans des cavités creusées par d'autres espèces (occupants secondaires). En tant qu'occupants primaires, les pics sont de bons indicateurs de la santé globale de la forêt, car ils résident dans une variété de types d'habitats et de stades de succession écologique[90] et qu'ils sont des « ingénieurs des habitats » qui fournissent des nids pour les autres espèces. La réduction de l'habitat dans des forêts anciennes et la suppression du feu dans certaines régions diminue le nombre d'oiseaux nichant dans une cavité[75], quoique les populations de pics étaient généralement stables ou à la hausse dans certains secteurs ontariens et québécois de l'écozone+ du Bouclier boréal (Tableau 7).

Tableau 7. Tendances de l'abondance et fiabilité de celles-ci dans le cas des pics dans les portions ontariennes et québécoises de l'écozone+ du Bouclier boréal, de 1970 à 2012.

Espèce	RCO 8 tendance annuelle	RCO 8 fiabilité	RCO 12 tendance annuelle	RCO 12 fiabilité
Pic à dos noir (*Picoides arcticus*)			-1,79	Médium
Pic mineur (*Picoides pubescens*)	1,31	faible	0,33	Haute
Pic chevelu (*Picoides villosus*)	1,8	faible	2,16	Haute
Pic flamboyant (*Colaptes auratus*)	0,04	faible	-0,66	Haute

Ces données portent aussi sur les portions ontariennes et québécoises des régions de conservation des oiseaux 8 et 12. Seule la moitié nord de la RCO 12 se retrouve dans l'écozone+, de sorte de ces données s'étendent au-delà des limites de l'écozone+ vers le sud et sous-représentent l'écozone+ dans les Prairies et le Labrador [85].
Source: Environnement Canada 2014 [78]

Écozone+ Boréale de Terre-Neuve : forêts

Environ 5 000 km² (44 %) de l'écozone+ Boréale de Terre-Neuve sont couverts de forêts (y compris les forêts productives, les fens boisés, les bogs boisés, les fourrés et les marécages)[91, 92]. Les forêts productives sont des forêts qui produisent ou qui peuvent produire des produits forestiers commerciaux. En 2009, les forêts productives étaient dominées par des arbres de 81 ans ou plus et présentaient des densités plus faibles mais assez équilibrées d'arbres dans les classes d'âge suivantes : de 0 à 20 ans, de 21 à 40 ans, de 41 à 60 ans et de 61 à 80 ans (Figure 13) [23].

À Terre-Neuve, on trouve le pic à dos noir (*Picoides arcticus*) presque exclusivement dans les forêts anciennes de plus de 80 ans [93]. On a fréquemment constaté la présence de pics mineurs (*Picoides pubescens*) qui sont répartis à peu près également dans toutes les classes d'âge de peuplements forestiers; on a observé peu souvent des pics chevelus (*Picoides villosus*) et ce

uniquement dans des peuplements dont l'âge variait de 40 à 60 ans [93]. Une diminution des aires occupées par les forêts les plus anciennes pourrait expliquer le déclin des populations de pics à dos noir dans l'ouest de Terre-Neuve (Tableau 8)[78].

Tableau 8. Tendances relatives à l'abondance des oiseaux nichant dans les cavités dans l'écozone⁺ Boréal de Terre-Neuve de 1980 à 2012 et fiabilité de celles-ci.

Espèce	Tendance	Fiabilité
Pic à dos noir (*Picoides arcticus*)	-1,76	Faible
Pic mineur (*Picoides pubescens*)	2,07	Faible
Pic chevelu (*Picoides villosus*)	1,43	Faible
Pic flamboyant (*Colaptes auratus*)	-1,80	Médium

Source: Environnement Canada 2014[78]

L'épinette noire est l'espèce d'arbre dominante dans environ le tiers des forêts de l'île. Cette espèce est commune à la fois dans les sites très secs et les sites très humides en raison de sa tolérance élevée envers les conditions défavorables. Les incendies à répétition au cours des siècles ont établi l'épinette noire comme espèce dominante dans une grande partie du centre de l'écozone⁺ Boréale de Terre-Neuve[92]. Le sapin baumier constitue l'espèce d'arbre la plus abondante dans l'écozone⁺[92]. Les peuplements forestiers dans l'ouest de l'écozone⁺ sont souvent composés exclusivement de sapins baumiers. Ces régions habituellement humides ont des sols bien drainés où les arbres peuvent atteindre des hauteurs de 24 m à l'âge de 100 ans. Le bouleau à papier (*Betula papyrifera*) et le peuplier faux-tremble (*Populus tremuloides*) représentent une part importante des peuplements mixtes et des peuplements feuillus mineurs dans les meilleurs sites forestiers. Les feuillus peuvent atteindre une hauteur de 22 m à l'âge de 80 ans dans les régions fertiles. On ne trouve pas de peuplements feuillus majeurs dans l'écozone⁺ Boréale de Terre-Neuve[92].

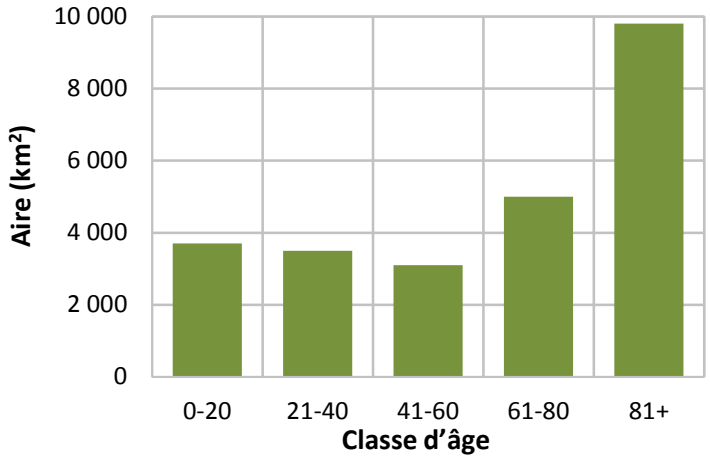


Figure 13. Aire de chaque classe d'âge pour les forêts de l'écozone⁺ Boréale de Terre-Neuve, 2009. Cela représente tous les peuplements boisés productifs. Cela ne reflète pas les types de broussailles et n'inclut pas les forêts dans les parcs nationaux.
Source : The Newfoundland and Labrador Department of Natural Resources (Ministère des Ressources naturelles de Terre Neuve et Labrador), 2009[94]

L'orignal (*Alces alces*), d'abord introduit en 1878, est un moteur majeur des changements de la forêt dans l'écozone[+95-97]. En raison de la pression exercée par le broutement, les arbres et les arbustes indigènes sont moins abondants et la composition de la communauté s'est modifiée[95-97]. Le sapin baumier n'a pas réussi à se régénérer dans de nombreuses régions et, aux endroits où il se fait brouter, il se transforme en arbre de petite taille en forme de buisson. L'épinette blanche et l'épinette noire, dont l'orignal n'est pas friand et qu'il évite, sont susceptibles de remplacer le sapin comme arbres dominants[98]. De nombreux feuillus, y compris le bouleau blanc, ont disparu du couvert forestier[98]. Le déclin d'autres espèces prisées pour le broutement telles que l'if du Canada (*Taxus canadensis*), l'érable à épis (*Acer spicatum*), l'amélanchier (*Amelanchier* spp.), la viorne cassinoide (*Viburnum cassinoides*), le cerisier de Pennsylvanie (*Prunus pensylvanica*), l'érable rouge (*Acer rubrum*) et le sorbier d'Amérique (*Sorbus americana*) menace grandement la diversité des espèces indigènes[96, 98-100].

Le broutage continu des populations surabondantes d'orignaux donne lieu à ce qui est peut-être la plus spectaculaire conversion de la forêt dans le parc national du Canada Terra Nova (Figure 14) et le parc national du Canada du Gros-Morne. Dans ces régions protégées, des espaces qui se sont formés entre les forêts à la fin des années 1970 à la suite de perturbations d'origine naturelle (p. ex., des infestations d'insectes) ou anthropique ne sont pas revenus à un couvert forestier fermé[95, 96, 98, 99]. Après la perturbation, les orignaux concentrent leur broutement dans ces communautés de début de succession parce que leur réserve de graines contient des espèces hautement prisées par ces animaux[98, 101, 102]. Par conséquent, de nombreux sites sont passés d'une forêt boréale fermée à un paysage ouvert (Figure 14) dominé par des espèces moins agréables au goût[96, 98, 99, 103] et des herbes non indigènes envahissantes[103]. Là où le sapin baumier réussit à pousser, il est fortement rabougri en raison du broutage continu et est incapable d'atteindre les stades adultes de reproduction ou de former un couvert forestier[98, 103]. Les déclins du sapin baumier, des feuillus ainsi que de la structure globale de la forêt pourraient avoir des effets en cascade sur un grand nombre d'espèces indigènes dépendantes, notamment les oiseaux forestiers[104], les lichens corticoles épiphytes spécialistes[105] et les insectes[98].

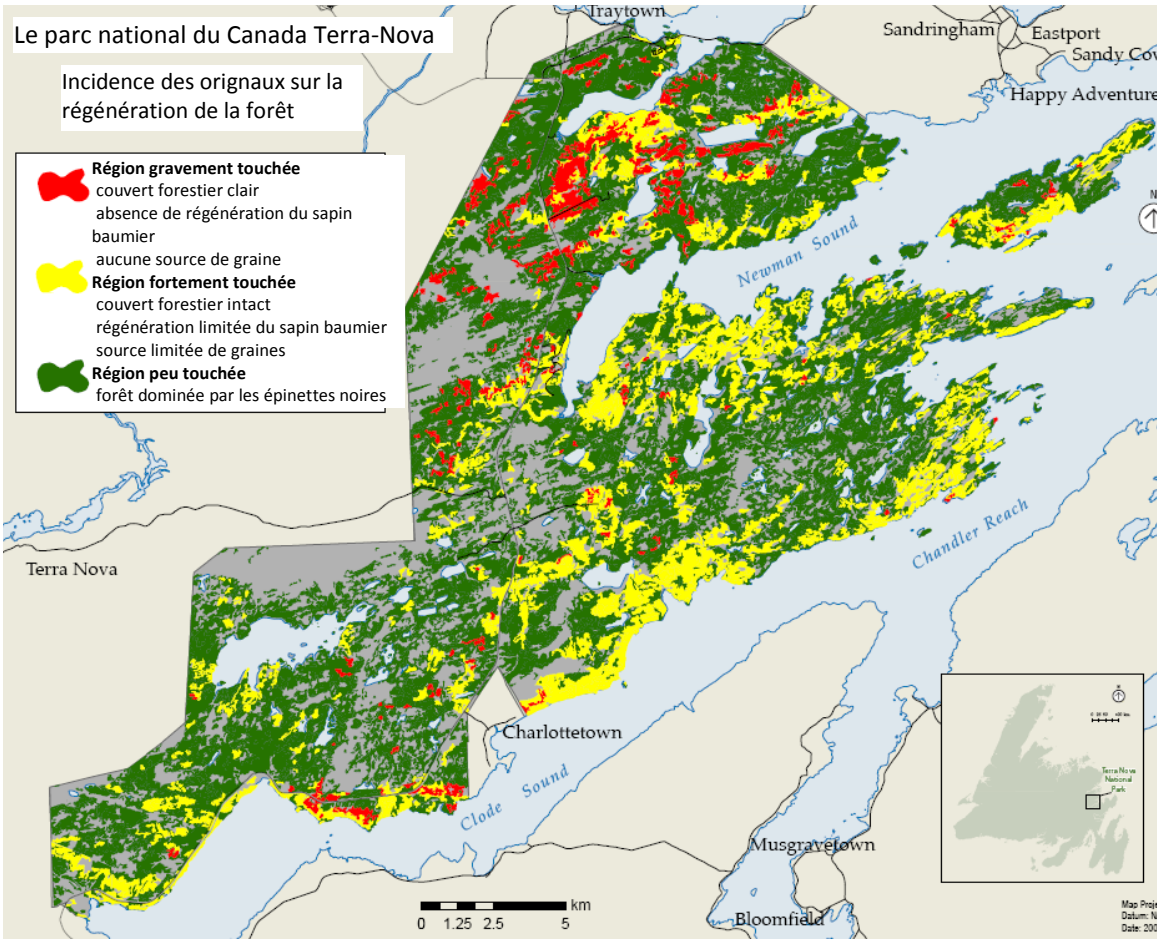


Figure 14. Incidence des orignaux sur la régénération de la forêt dans le parc national du Canada Terra-Nova, T.-N.-L.
Les zones grises dénotent les régions non forestières.
Source : Parcs Canada, 2007[106]

Les insectes phyllophages constituent un autre facteur de stress dans l'écozone+ Boréale de Terre-Neuve et sont discutés dans la section sur l'Écozone+ du Bouclier boréal : infestations d'insectes indigènes à grande échelle à la page 165.

Écozone+ Boréale de Terre-Neuve : oiseaux forestiers

L'écozone+ Boréale de Terre-Neuve fait partie de la RCO 8 et est facilement reconnaissable dans l'ensemble de données du BBS par province. Les populations de la plupart des oiseaux forestiers (Tableau 9) et de maquis (Tableau 10) de l'Écozone+ Boréale de Terre-Neuve sont à la hausse ou stables, bien que certaines espèces comme le bec-croisé des sapins (*Loxia curvirostra*) et la grive à joues grises (*Catharus minimus*) ont subi une diminution importante de leurs populations entre 1980 et 2012.

Tableau 9. Tendances de l'abondance et fiabilité de celles-ci dans le cas des espèces d'oiseaux sélectionnées et caractéristiques des forêts de l'écozone[+] Boréale de Terre-Neuve, de 1980 à 2012.

Espèce	Tendance	Fiabilité
Paruline noir et blanc (*Mniotilta varia*)	-0,72	Haute
Mésange à tête noire (*Poecile atricapillus*)	4,62	Médium
Paruline rayée (*Setophaga striata*)	-5,90	Médium
Paruline à gorge noire (*Setophaga virens*)	0,48	Médium
Viréo à tête bleue (*Vireo solitarius*)	5,19	Faible
Jaseur d'Amérique (*Bombycilla cedrorum*)	3,74	Faible
Sizerin flammé (*Acanthis flammea*)	-9,01	Faible
Junco ardoisé (*Junco hyemalis*)	4,93	Médium
Roitelet à couronne dorée (*Regulus satrapa*)	5,71	Faible
Mésangeai du Canada (*Perisoreus canadensis*)	1,98	Médium
Grive à joues grises (*Catharus minimus*)	-12,80	Médium
Grive solitaire (*Catharus guttatus*)	2,38	Médium
Moucherolle tchébec (*Empidonax minimus*)	10,70	Faible
Paruline à tête cendrée (*Setophaga magnolia*)	0,42	Médium
Paruline couronnée (*Seiurus aurocapilla*)	-6,95	Médium
Durbec des sapins (*Pinicola enucleator*)	-0,33	Médium
Tarin des pins (*Spinus pinus*)	-1,15	Faible
Roselin pourpré (*Haemorhous purpureus*)	-0,17	Médium
Bec croisé des sapins (*Loxia curvirostra*)	-16,30	Faible
Sittelle à poitrine rousse (*Sitta canadensis*)	19,90	Faible
Viréo aux yeux rouges (*Vireo olivaceus*)	15,60	Faible
Roitelet à couronne rubis (*Regulus calendula*)	-0,20	Haute
Grive à dos olive (*Catharus ustulatus*)	1,37	Médium
Paruline obscure (*Oreothlypis peregrina*)	-1,57	Faible
Bec-croisé bifascié (*Loxia leucoptera*)	7,78	Faible
Paruline à calotte noire (*Cardellina pusilla*)	-3,69	Médium
Troglodyte des forêts (*Troglodytes hiemalis*)	-0,72	Faible
Moucherolle à ventre jaune (*Empidonax flaviventris*)	-1,63	Médium
Paruline à croupion jaune (*Setophaga coronata*)	-0,37	Haute

Source : Environnement Canada 2014[78]

Tableau 10.Tendances de l'abondance et fiabilité de celles-ci dans le cas des espèces d'oiseaux de maquisde l'écozone+ Boréale de Terre-Neuve, de 1980 à 2012.

Espèce	Tendance	Fiabilité
Gros-bec errant (*Coccothraustes vespertinus*)	3,38	Faible
Bruant fauve (*Passerella iliaca*)	-1,42	Haute
Bruant de Lincoln (*Melospiza lincolnii*)	-1,34	Médium
Paruline triste (*Geothlypis philadelphia*)	-5,76	Médium
Paruline à couronne rousse (*Setophaga palmarum*)	3,38	Faible
Bruant chanteur (*Melospiza melodia*)	3,60	Faible
Bruant à couronne blanche (*Zonotrichia leucophrys*)	1,58	Faible
Bruant à gorge blanche (*Zonotrichia albicollis*)	-1,67	Médium
Paruline jaune (*Setophaga petechia*)	0,16	Médium

Source: Environnement Canada 2014[78]

Constatation clé 3 **Thème** Biomes

Milieux humides

Constatation clé à l'échelle nationale

La perte de milieux humides a été importante dans le sud du Canada; la destruction et la dégradation continuent sous l'influence d'une gamme étendue de facteurs de stress. Certains milieux humides ont été restaurés ou sont en cours de restauration.

Écozone+ du Bouclier boréal : milieux humides

On définit les milieux humides comme des territoires dont la nappe phréatique se trouve au niveau, près, ou au-dessus de la surface du sol pour la majorité sinon toute la saison de croissance[91]. Jusqu'à 26 % (320 000 km^2) des 1 240 368 km^2 de milieux humides au Canada se trouvent dans l'écozone+ du Bouclier boréal. Les barrages et les réservoirs hydroélectriques ont été des causes principales de pertes de milieux humides. Entre 1960 et 2000, 9 000 km^2 de milieux humides ont été inondés pour des projets hydroélectriques dans l'écozone+ du Bouclier boréal[12, 107]. Les tourbières (aussi appelées fondrières de mousse) sont des milieux humides dont le fond est constitué d'une épaisse couche de sol organique (tourbe) saturée d'eau et formée de matériel végétal mort et en décomposition. L'abandon et le drainage des tourbières aux fins d'exploitation forestière ou agricole modifient le bilan hydrologique[108] et peuvent augmenter l'érosion et la siltation des eaux de surface[109]. Entre 1980 et 2000, 250 km^2 de tourbières ont été drainés pour la foresterie dans l'écozone+[12]. Au Québec, 110 km^2 de tourbières avaient été convertis à l'agriculture en 2001[109]. Entre les 46e et 49e parallèles, les tourbières de l'écozone+ du Bouclier boréal sont également utilisées pour la culture de canneberges[109]. Il est possible que les changements climatiques rendent propices à la culture les régions plus au nord, ce qui favoriserait encore plus le drainage des tourbières[110].

En plus de la perte directe de milieux humides, la construction de routes menace les milieux humides du fait de la mortalité de la faune causée par la construction et les collisions avec les véhicules, la modification du comportement animal, l'altération de l'environnement physique et chimique, la promotion de la propagation d'espèces non indigènes et les changements dans la relation entre les prédateurs et leurs proies[111]. On a constaté que le taux de prédation de nids d'oiseaux artificiels, par exemple, était à son plus haut dans les écotones (un écotone consiste une zone de transition entre deux biomes) entre la forêt boréale et les grandes routes, à un niveau intermédiaire dans les bandes riveraines de forêt boréale le long des lacs et dans les écotones entre la forêt et les chemins forestiers et à son niveau le plus bas dans les zones tampons de forêt boréale riveraine le long des rivières[112]. La construction et l'utilisation des routes augmentent la sédimentation et altèrent le bilan hydrologique des milieux humides[111, 113]. Les lois qui régissent la construction des routes varient entre les provinces dans l'écozone+. Plusieurs provinces réglementent maintenant la construction de chemins forestiers afin de maintenir la qualité de l'eau pour les habitats du poisson[113-115].

Des perturbations telles que la foresterie et la construction de routes créent des occasions d'invasion d'espèces non indigènes dans le Bouclier boréal. À titre d'exemple, le salicaire pourpre (*Lythrum salicaria*) tire profit des perturbations[116] et s'est propagé dans les milieux humides dans l'ensemble du Manitoba, de l'Ontario et du Québec[117]. Bien que le Bouclier boréal soit moins envahi que les écozones+ plus au sud, les changements climatiques pourraient faciliter la propagation d'espèces non indigènes à des régions où elles sont actuellement absentes en raison des barrières climatiques.

La construction de chalets et les activités récréatives à un niveau intensif depuis les années 1930, particulièrement le long des lacs au sud et au nord-ouest de l'écozone+ du Bouclier boréal, ont modifié la végétation riveraine et ont conduit à l'eutrophisation des milieux aquatiques sous l'effet du déchargement d'eaux usées. La tonte des pelouses, le défrichement des rives et la construction de routes modifient les habitats riverains et affaiblissent leur fonction pour les poissons et la faune. Par exemple, le retrait de 50 % des macrophytes des rives de lacs a causé une diminution de 50 % du grand brochet (*Esox lucius*)[118]. Clark et coll.[119] ont constaté que la paruline couronnée (*Seiurus aurocapilla*) se trouvait principalement le long des rives de lacs non développés tandis que le moucherolle phébi (*Sayornis phoebe*) se tenait dans les habitats hautement développés.

Les milieux humides non développés interceptent et captent le nitrate qui entre dans les bassins hydrographiques par les précipitations, que son origine soit naturelle ou anthropique[120]. En ce qui concerne l'augmentation des dépôts de nitrate observés dans toutes les régions développées du monde[121], les milieux humides peuvent aider à protéger les eaux en aval du plein effet de l'acide nitrique[120]. Les effets des dépôts d'acide sur les écosystèmes aquatiques de l'écozone+ du Bouclier boréal sont discutés dans la constatation clé sur Écozone+ du Bouclier boréal : Dépôts acides à la page 118.

Écozone⁺ du Bouclier boréal : sauvagine

En général, la densité de sauvagine est relativement faible dans l'écozone⁺ du Bouclier boréal. Cependant, la sauvagine de l'Atlantique, du Mississippi et des voies centrales de migration se reproduisent et font escale dans cette écozone⁺[122]. On retrouve, dans la forêt boréale, de grandes régions de densité très élevée de sauvagine dans l'Ontario et dans la région de l'Abitibi au Québec[123].

Afin d'optimiser l'utilisation des données existantes, cette écozone⁺ a été divisée en sections est et ouest, le long du méridien 86° O. (qui divise l'Ontario approximativement en deux). La partie ouest est couverte par le CWS/USFWS Waterfowl Breeding Survey (Relevés des populations reproductrices de sauvagine du Service canadien de la faune (SCF) et du USFWS) (WBS) [124] tandis que la partie est couverte par le USFWS Airplane/Transect survey (USFWS A/TS) (Relevés de transects par avion du USFWS) et le CWS Boreal Helicopter Plot Survey (Relevé de tracé boréal par hélicoptère du SCF) (CWSBHPS) (SCF, données non publiées)[125] (Tableau 11). Pour en savoir plus sur les relevés et les analyses connexes, voir Fast *et coll.*[125].

Tableau 11. Tendances d'abondance pour des espèces sélectionnées de sauvagine dans les parties est et ouest de l'écozone[+] du Bouclier boréal par décennies des années 1970 aux années 2000 et le Relevé des oiseaux nicheurs de 1970 à 2012.

	Partie Ouest Indice annuel (en milliers)[a] décennie débutant en						**Partie Est Indice annuel (en milliers)[b] décennie débutant en**				**Relevé des oiseaux nicheurs (BBS)[c]**	
Espèce	Tendance (p)	1970	1980	1990	2000	Changement (%)	Tendance (p)	1990	2000	Changement (%)	RCO 8 tendance	RCO 12 tendance
Canard noir (*Anas rubripes*)							1.32*	141.6	162.4	14.7	2.1	-3.55
Canard d'Amérique (*Anas americana*)	-2.04*	152.1	127.8	115.6	79.6	-47.6						0.62
Petit garrot (*Bucephala albeola*)	0.59	64	55.7	73.6	79	23.5	-2.17	9.6	9	-6.2		
Bernache du Canada (*Branta canadensis*)	3.66*	68.6	100	130.7	165.1	140.6	6.75*	27.1	47.4	75.4	18.3	21.5
Garrot (*Bucephala* sp.)	1.54*	170	174.6	268.7	272.3	60.2	2.16	86.7	107.1	23.5	-1.05	0.48
Sarcelle d'hiver (*Anas crecca*)	1.79*	101	101.8	152.2	140.6	39.2	-1.65	34	32.2	-5.1		-4.35
Canard colvert (*Anas platyrhynchos*)	-0.45	635.8	599.8	649.4	555.3	-12.7	3.9*	64.4	88.2	36.8		1.98
Fuligule à collier (*Aythya collaris*)	3.46*	153.5	199.9	337.7	433.9	182.7	2.39*	95.7	119.7	25	-2.64	1.67
Fuligule milouinan et petit fuligule (*Aythya* sp.)	-1.92*	236.7	202.8	200.8	133.7	-43.5						
Macreuse (*Melanitta* sp.)	-1	50.7	56.6	47.1	44.1	-13.1						

*p représente la signification statistique : * indique que p < 0,05; l'absence de valeur indique qu'il n'y a pas de signification statistique. Les données tirées du BBS comprennent des portions des régions de conservation des oiseaux 8 et 12. Seule la moitié nord de la RCO 12 se retrouve dans l'écozone+, de sorte de ces données s'étendent au -delà des limites de l'écozone+ vers le sud et pourraient sous-représentent l'écozone+ dans les Prairies et le Labrador[85].*

Sources :[a]WBS du SCF et du USFWS. [b]USFWS A/TS, le CWS BHP et le Southern Ontario Waterfowl Survey (Inventaire de la sauvagine dans le sud de l'Ontario) (SOWS) dans Fast et coll. 2010[125] [c]Environnement Canada 2014[78]

Les tendances relatives aux oiseaux aquatiques ont fluctuées en fonction de chaque espèce dans l'ouest et l'est de l'écozone+ du Bouclier boréal et d'un ensemble de données à l'autre. Par exemple, les populations de sarcelle d'hiver (*Anas crecca*) ont augmenté dans l'ouest (Figure 15a), se sont stabilisées à l'est (Figure 16a) et ont chuté dans la région de conservation des oiseaux 12 (Tableau 11). Le fuligule [petit fuligule (*Aythya affinis*) et fuligule milouinan (*A. marila*) confondus] a accusé un déclin (Figure 15b). Ces espèces étaient également en baisse dans les écozones+ avoisinantes+ (à savoir, les écozones+ de la plaine boréale, de la plaine de la taïga, du bouclier de la taïga et des prairies), ce qui semble indiquer que des facteurs communs entrent en ligne de compte à l'intérieur ou au-delà de ces aires de reproduction. La région boréale plus au nord a été moins productive quant au recrutement de fuligules que les biomes plus au sud, malgré le fait qu'il y avait davantage d'adultes qui se reproduisaient dans le Nord [126]. Les fuligules qui se trouvent au nord des limites de leur aire de répartition doivent migrer plus loin et s'adapter à des périodes de reproduction dans l'ensemble plus courtes que ceux qui nichent plus au sud. Ces contraintes font en sorte que ces oiseaux sont davantage sensibles à des mécanismes de régulation démographique associés à l'état de l'organisme des femelles, au synchronisme de la reproduction, à la qualité des oisillons [126], aux changements quant aliments à leur portée [127] et aux changements climatiques [128].

Les tendances démographiques relatives à la macreuse [macreuse brun (*Melanitta fusca*) et macreuse à front blanc (*M. perspicillata*) confondues] et au petit garrot (*Bucephala albeola*) (Tableau 11 et Figure 15b) étaient stables.

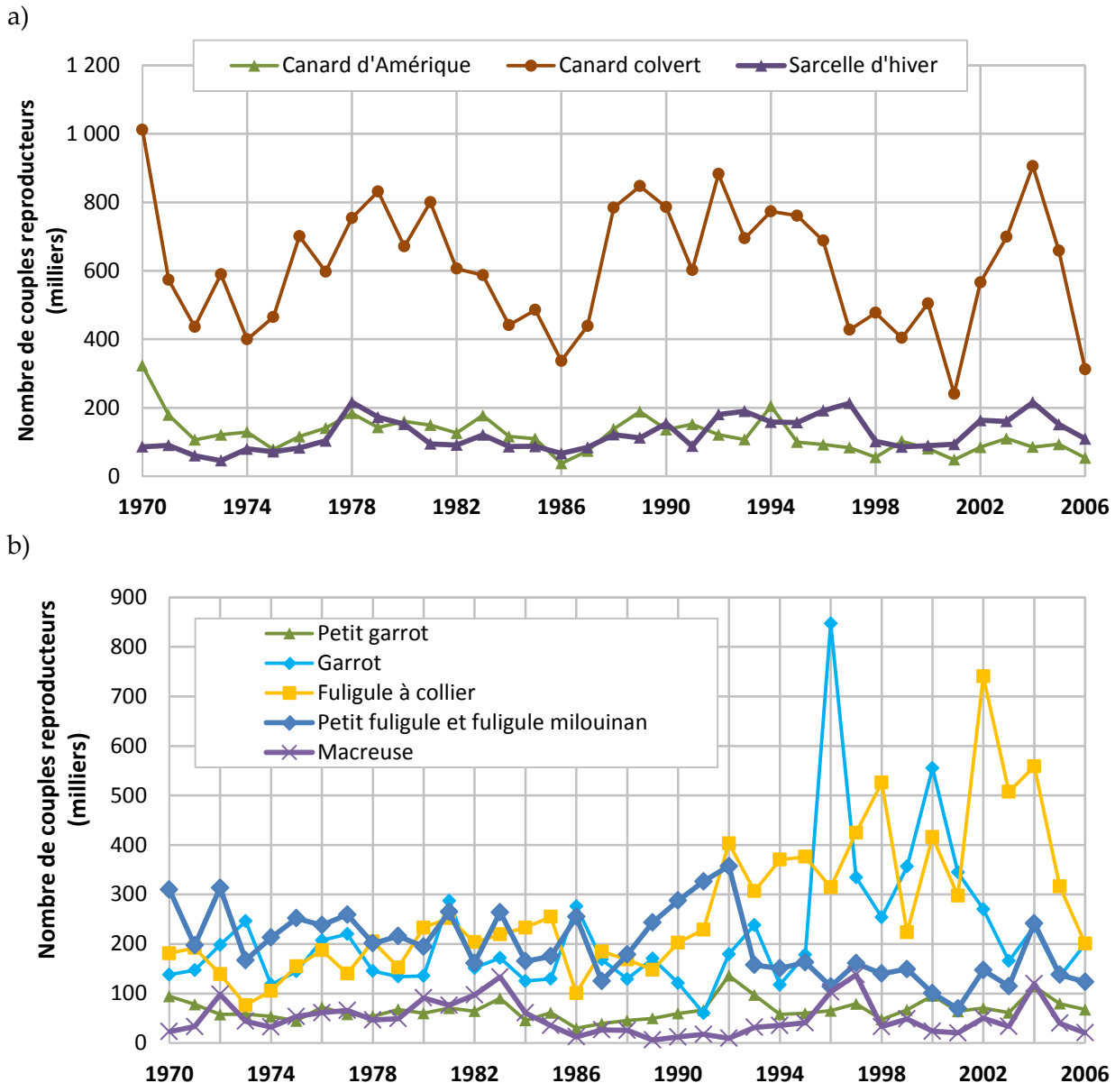
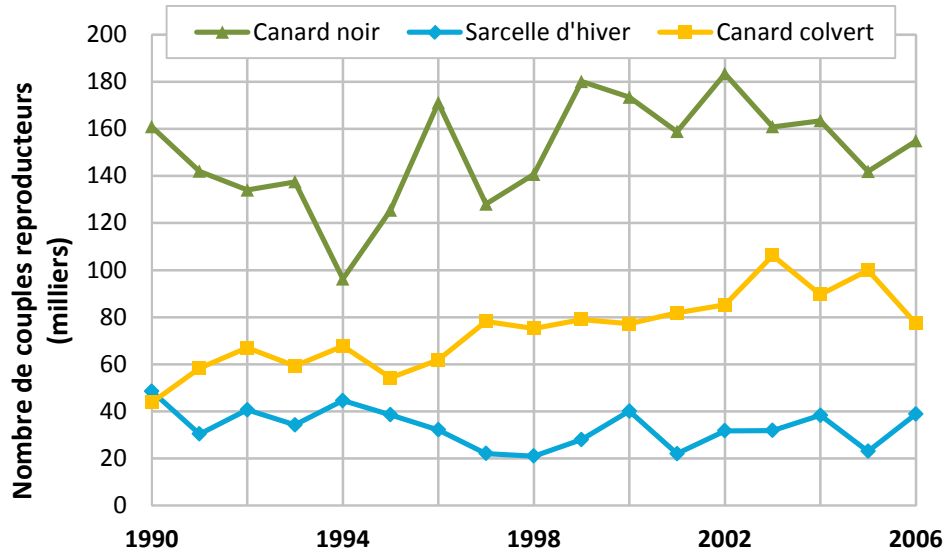


Figure 15. Nombre de couples reproducteurs pour a) des canards barboteurs sélectionnés : le canard d'Amérique le canard colvert et la sarcelle d'hiver et b) des canards plongeurs et canards de mer sélectionnés : le petit garrot, le garrot, le fuligule à collier, le petit fuligule et le fuligule milouinan et la macreuse dans la partie ouest de l'écozone⁺ du Bouclier boréal de 1970 à 2006.
Source : basé sur des données du WBS du SCF et du USFWS (WBS)[125]

Les tendances concernant la sauvagine dans la partie orientale de l'écozone⁺ du Bouclier boréal étaient similaires à celles observées dans la partie ouest; les populations de fuligules à colliers ont augmenté tandis que celles des petits garrots étaient stables (Figure 16b). D'autres espèces telles que la sarcelle d'hiver (*Anas crecca*) (Figure 16a) et le garrot (Figure 16b) qui augmentaient du côté ouest étaient stables à l'est.

a)



b)

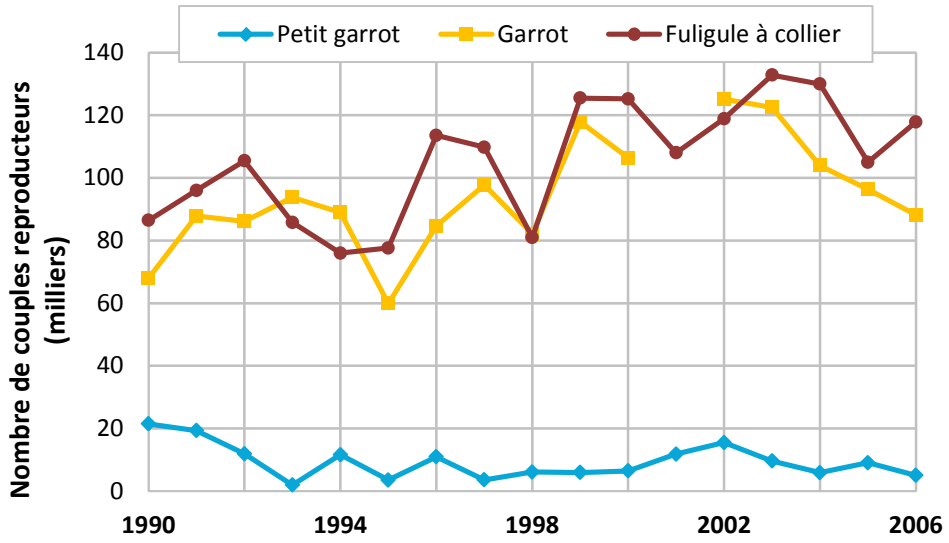


Figure 16. Nombre de couples reproducteurs pour a) des canards barboteurs sélectionnés : le canard noir, la sarcelle d'hiver et le canard colvert et b) des canards plongeurs et canards de mer sélectionnés : le petit garrot, le garrot et le fuligule à collier dans la partie est de l'écozone+ du Bouclier boréal de 1990 à 2006.
Source : basé sur les données du USFWS A/TS, le BHPS du SCF et le SOWS[125]

La population orientale du garrot d'Islande a été classée comme préoccupante par le COSEPAC en novembre 2000[129]. Ces canards nichant dans des cavités se reproduisent dans l'est du Québec et passent l'hiver le long du golfe du Saint-Laurent et dans l'estuaire du Saint-Laurent[130]. Les menaces potentielles auxquelles fait face cette espèce incluent l'accumulation de métaux lourds dans les proies, le développement récréatif des lacs servant à la reproduction, la perte d'habitats

de reproduction en raison de l'exploitation forestière, de l'introduction de poissons et de déversements de pétrole dans les aires d'hivernage[130]. L'exploitation du bois détruit des nids, réduit le nombre de sites potentiels de nidification, expose les petits à la prédation et augmente les perturbations en rendant les lacs plus accessibles[129]. Les lacs qui auparavant n'avaient pas de poisson sont maintenant ensemencés d'ombles de fontaine (*Salvelinus fontinalis*) dans certaines régions, et la présence de ces poissons peut réduire la qualité de l'habitat pour le garrot d'Islande[129]. Les poissons font concurrence aux canetons, les forçant à se nourrir dans des sites riverains qui sont moins accessibles aux poissons[131].

La moitié des canards noirs (*Anas rubripes*) d'Amérique du Nord se reproduit dans les écosystèmes de la forêt boréale. L'exploitation forestière, les projets hydroélectriques, les lignes de transmission, l'agriculture et l'urbanisation menacent les habitats de reproduction et de repos du Québec[132]. Les populations de canard colvert ont augmenté dans la partie orientale de l'écozone+ du Bouclier boréal (Figure 16a), une tendance qui s'apparente aux autres écozones+ de l'est et qui est cohérente avec l'expansion de leur étendue dans l'est. Cette expansion a également empiété sur l'étendue des canards noirs dans le sud du Québec[132].Les canards noirs ont également fait l'objet d'efforts particuliers de conservation à la suite de l'affaissement de leur population de près de 50 % aux États-Unis entre 1955 et 1985[132]. Cet état de fait a suscité la création du Plan conjoint du Canard noir dans le cadre du Plan nord-américain de gestion de la sauvagine afin d'orienter les décisions portant sur le canard noir en matière de conservation et de gestion. Les restrictions sur la chasse au Canada et aux États-Unis peuvent aider le rétablissement des canards noirs puisque leurs populations sont à la hausse dans la partie orientale de l'écozone+ du Bouclier boréal depuis 1994[133].

Les populations de bernaches du Canada (*Branta canadensis*) ont augmenté dans l'écozone+ du Bouclier boréal (Tableau 11 et Figure 17), comme dans les autres écozones+ qui ont des populations reproductrices des zones tempérées. Les bernaches du Canada qui se reproduisent dans les zones tempérées ont probablement bénéficié de la conversion à grande échelle de la forêt décidue et des prairies naturelles à des terres cultivées et à des zones urbaines qui produisent des grains céréaliers, des plantes fourragères et des pelouses comme sources de nourriture[134].

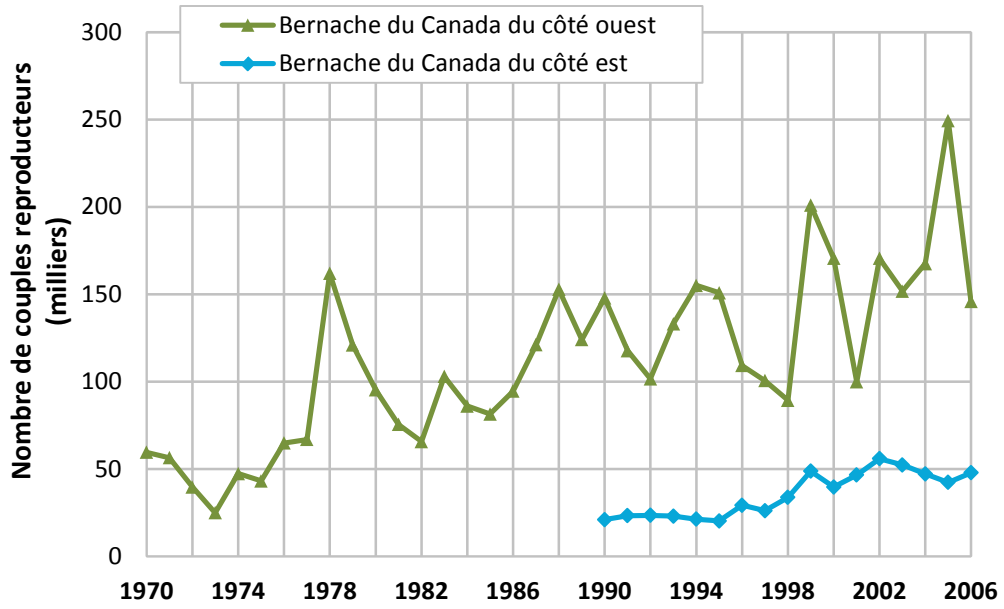


Figure 17. Nombre de couples reproducteurs de bernaches du Canada au cours des années dans les parties ouest (1970 à 2006) et est (1990 à 2006) de l'écozone⁺ du Bouclier boréal.
Source : Bernache du Canada du côté ouest est basé sur des données du WBS du SCF et du USFWS. Bernache du Canada du côte est basé sur les données du USFWS A/TS, le BHS du SCF et le SOWS[125].

Selon les données du BBS, les populations de quiscale rouilleux (*Euphagus carolinus*) ont chuté abruptement dans les parties de cette région vise par le relevé. En 2006, le COSEPAC attribuait au quiscale rouilleux le statut d'espèce préoccupante [135]. Les tendances relatives à d'autres oiseaux terrestres vivant aux abords de terres humides n'ont pas été calculées car le BBS ne couvre pas adéquatement les habitats palustres.

Écozone⁺ du Bouclier boréal : oiseaux de rivage

Les oiseaux de rivage sont des oiseaux migrateurs et dépendent de milieux palustres au cours des périodes de reproduction et de migration et pour en faire leurs quartiers d'hiver [136-138]. L'observation des oiseaux de rivage dans l'écozone⁺ du Bouclier boréal n'a rien de simple, car ils se reproduisent dans des habitats dont l'accès est difficile et onéreux et vivent dans divers habitats situés dans différentes écozones⁺[139]. Les populations de plusieurs espèces d'oiseaux de rivage dans l'écozone⁺ sont en baisse (Tableau 12) L'assèchement des milieux humides, la pollution, la perte d'habitats et la perturbation des sites de nidification sont autant de facteurs qui expliquent le déclin des populations d'oiseaux de rivage. Les espèces réagiront différemment à ces facteurs de stress selon leur vécu et en fonction des corridors migratoires qui sont les leurs [140].

Tableau 12. Tendances relatives à l'abondance (variation en % par année) et fiabilité de celles-ci dans le cas des oiseaux de rivage dans certains secteurs de l'écozone+ du Bouclier boréal.

Espèce	Années	RCO 8 tendance annuelle	RCO 8 fiabilité	RCO 12 tendance annuelle	RCO 12 fiabilité
Petit chevalier (*Tringa flavipes*)	1991-2012	-3,07	Faible		
Chevalier grivelé (*Actitis macularius*)	1970-2012	-1,83	Faible	-5,01	Haute
Bécassine de Wilson (*Gallinago delicata*)	1970-2012	-0,52	Médium		
Pluvier kildir (*Charadrius vociferus*)	1970-2012	-5,19	Médium	-5,43	Médium
Chevalier solitaire (*Tringa solitaria*)	1989-2012			8,32	Faible

Seule la moitié nord de la RCO 12 se retrouve dans l'écozone+, de sorte de ces données s'étendent au-delà des limites de l'écozone+ vers le sud et peuvent sous-représenter d'autres secteurs de l'écozone+[85].

Source : Environnement Canada 2014[78]

Écozone+ Boréale de Terre-Neuve : milieux humides

Les tourbières (bogs et fens) constituent le type de milieux humides le plus commun de l'écozone+ Boréale de Terre-Neuve. Elles ont été classées en six types morphologiques : la tourbière oligotrophe bombée, la tourbière oligotrophe en couverture, la tourbière oligotrophe inclinée, la tourbière oligotrophe de bassin, le fen côtelé et le fen incliné[141]. Malgré la grande étendue de milieux humides, il existe peu de documentation des conditions ou des tendances qui s'y rapportent.

Les milieux humides de l'écozone+ Boréale de Terre-Neuve se font de plus en plus altérer par rapport à leur état naturel pour appuyer d'autres utilisations des terres telles que l'agriculture, l'urbanisation, le développement industriel et les loisirs[142]. Le développement de milieux humides au moyen du drainage, du remplissage et de la canalisation a des effets néfastes sur la qualité et la quantité d'eau en aval ainsi que dans les milieux humides mêmes[142]. La perte d'habitat a une incidence sur la flore et la faune terrestres et aquatiques[142]. Les conséquences potentielles des incidences sur les ressources en eau comprennent des dommages structuraux aux ponts et aux ponceaux en raison de l'augmentation des débits de crue; l'érosion des lits de rivière causant la siltation; et les effets néfastes sur les ressources de poissons, la qualité de l'eau potable et l'utilisation récréative des plans d'eau[142]. Dans les régions urbaines, le développement sur d'anciens milieux humides et d'anciennes plaines inondables peut contribuer à la fois à des niveaux d'eau inférieurs en été et à des inondations après les tempêtes de pluie[143-145].

Le plus grand problème auquel est confrontée la gestion des milieux humides est peut-être que les bénéfices écologiques et socioéconomiques de ces écosystèmes ne sont généralement pas directement mesurables et, dans plusieurs cas, ne sont pas reconnus jusqu'à ce que le milieu humide ait été altéré[142]. Dans l'écozone+ Boréale de Terre-Neuve, un grand nombre des habitats

de terres humides côtières les plus productifs était situé dans les seules baies et anses propices à l'établissement humain[146]. De nombreuses terres humides les plus productives sont situées dans des municipalités ou appartiennent à des entreprises forestières[146]. La législation de la *Water Resources Act* (Loi sur les ressources en eau) de Terre-Neuve-et-Labrador fournit une mesure de protection contre le développement des terres humides qui pourrait aggraver les problèmes d'inondation ou avoir des effets indésirables qu'il est impossible d'atténuer sur la qualité de l'eau ou sur l'hydrologie[142]. De même, les utilisations et les développements des terres humides pouvant causer des changements néfastes sur les caractéristiques ou les fonctions hydrologiques des terres humides exigent la mise en œuvre de mesures d'atténuation appropriées afin d'obtenir l'approbation environnementale[142]. Une grande partie de l'activité d'intendance des milieux humides en cours dans l'écozone+ Boréale de Terre-Neuve est effectuée par l'intermédiaire du programme de Projet conjoint Habitat de l'Est (PCHE)[142]. De nombreuses municipalités se sont engagées à protéger et à mettre en valeur les milieux humides dans leur région en signant des accords de bonne volonté (voir la constatation clé Écozone+ Boréale de Terre-Neuve : intendance à la page 88).

Écozone+ Boréale de Terre-Neuve : oiseaux des zones humides

En comparaison avec les autres écozones+, la Boréale de Terre-Neuve est modérément importante pour les sauvagines durant la période de reproduction. Les sauvagines utilisent les milieux humides intérieurs et côtiers dans cette écozone+ pour la reproduction et durant les migrations du printemps et de l'été[122]. Le harlequin plongeur (*Histrionicus histrionicus*), désigné comme une espèce préoccupante par le COSEPAC[129], perd ses plumes le long de la côte de Terre-Neuve[147], tandis que le canard noir, l'eider à tête grise (*Somateria spectabilis*), le harelde kakawi (*Clangula hyemalis*) et, particulièrement, l'eider à duvet (*Somateria mollissima borealis/dresseri*) passent souvent l'hiver dans les eaux libres entourant Terre-Neuve[148].

Six espèces d'oiseaux de milieux humides, dont certains sont en déclin dans d'autres écozones+, ont vu leurs populations augmenter dans l'écozone+ Boréal de Terre-Neuve entre 1980 et 2012. Plusieurs prédateurs de nids sont absents de Terre-Neuve, dont la moufette rayée (*Mephitis mephitis*) et le raton laveur (*Procyon lotor*), qui sont communs dans d'autres régions[149].

Tableau 13. Tendances relatives à des oiseaux aquatiques et autres espèces d'oiseaux sélectionnés qui se servent des milieux humides de l'écozone+ Boréal de Terre-Neuve, de 1980 à 2012.

Espèce	Tendance annuelle	Fiabilité
Butor d'Amérique (*Botaurus lentiginosus*)	-1,38	Faible
Canard noir (*Anas rubripes*)	3,42	Faible
Bernache du Canada (*Branta canadensis*)	4,23	Faible
Garrot à œil d'or (*Bucephala clangula*)	4,04	Faible
Fuligule milouinan (*Aythya marila*)	4,76	Faible
Sarcelle d'hiver (*Anas crecca*)	5,24	Faible
Canard pilet (*Anas acuta*)	1,45	Faible
Paruline des ruisseaux (*Parkesia noveboracensis*)	-2,51	Haute
Harle huppé (*Mergus serrator*)	-5,62	Faible
Quiscale rouilleux (*Euphagus carolinus*)	-7,25	Faible
Bruant des marais (*Melospiza georgiana*)	-2,25	Médium

Source :Environnement Canada 2014[78]

Constatation clé 4 **Thème** Biomes

Lacs et cours d'eau

Constatation clé à l'échelle nationale

Au cours des 40 dernières années, parmi les changements influant sur la biodiversité qui ont été observés dans les lacs et les cours d'eau du Canada, on compte des changements saisonniers des débits, des augmentations de la température des cours d'eau et des lacs, la baisse des niveaux d'eau et la perte et la fragmentation d'habitats.

Écozone+ du Bouclier boréal : lacs et cours d'eau

La région boréale contient la moitié des lacs de plus de 1 km² dans le monde, 5 des 50 plus grands cours d'eau au monde et plus de 800 000 km² en eaux de surface[150]. Les conditions hydrologiques ont un effet direct sur les écosystèmes des lacs et des cours d'eau, y compris la nature physique des lits de rivière, les régimes sédimentaires, la qualité de l'eau et les processus clés qui soutiennent les communautés aquatiques. La variabilité hydrologique influe sur la structure des habitats dans les cours d'eau et la composition des communautés écologiques, notamment le plancton, les macroinvertébrés benthiques[151] et le poisson. Les conditions hydrologiques sont hautement variables sur le plan géographique d'un endroit à l'autre dans l'écozone+, mais il y a eu des changements significatifs au cours des dernières décennies.

De 1970 à 2005, Monk et Baird[14] ont constaté que le ruissellement mensuel n'a augmenté ou diminué de façon significative ($p < 0,1$) qu'à seulement quelques-uns des 31 sites de surveillance de l'écozone+ du Bouclier boréal pour lesquels il existait des données hydrométriques

(Figure 18). Le ruissellement à la fin de l'été était une exception : 10 des 31 sites et 9 des 31 sites ont connu un déclin pour les mois d'août et septembre, respectivement. Des variations dans les tendances directionnelles étaient plus typiques, comme entre novembre et mars lorsque le ruissellement mensuel diminue, en moyenne, à 14 des sites mais augmente à 11 d'entre eux. La variation directionnelle pourrait refléter la grande étendue de cette écozone+ d'est en ouest. À l'exception du débit de base, un plus grand nombre de sites ont présenté une diminution des paramètres de ruissellement à la fois minimaux et maximaux (Figure 18)[14].

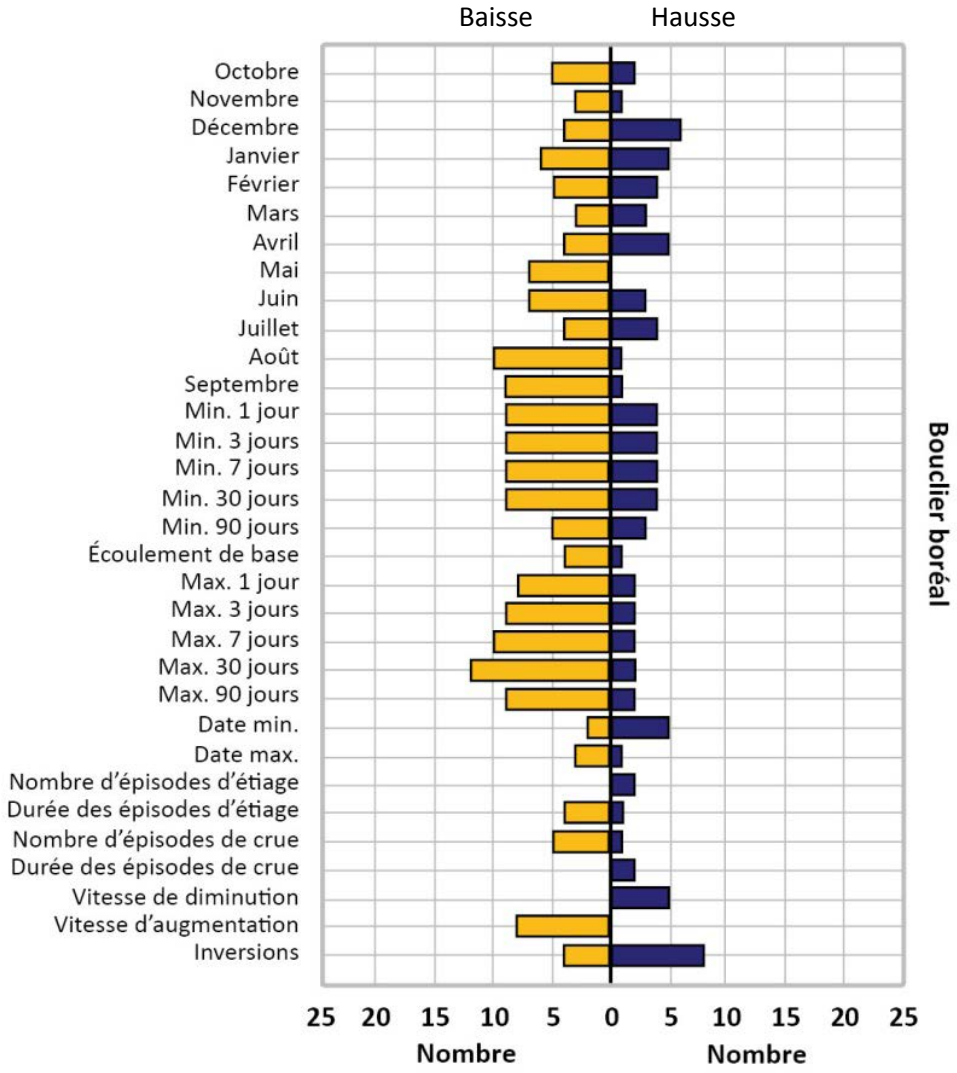


Figure 18. Le nombre de sites présentant des tendances à la hausse ou à la baisse significatives (p < 0,1) pour chaque indicateur de variable d'altération hydrologique dans l'écozone+ du Bouclier boréal de 1970 à 2005.
Source : Monk et Baird, 2014[14]

Les débits annuels ont généralement diminué et les débits minimaux et maximaux se sont abaissés. On a noté une tendance selon laquelle des événements de débit maximal se produisent plus tôt dans la saison, l'élévation du niveau de l'eau diminue et les taux de déclin du niveau de

l'eau augmentent. Des changements significatifs se sont produits par rapport à l'instabilité (les changements d'instabilité fatiguent les communautés aquatiques quelle que soit la direction du changement)[14] et à la tendance relative aux cas d'impulsion du débit. Les changements de débit coïncident avec des hivers et des étés plus chauds, ce qui explique les cas de débit maximal plus tôt dans la saison et le débit inférieur en été[152]. Des précipitations plus faibles sous forme de neige en hiver peuvent aussi causer un débit moindre tout au long des mois de printemps et d'été[153].

L'hydroclimatologie est le domaine qui analyse la façon dont le système climatique cause des variations temporelles et spatiales dans le cycle hydrologique. Les changements dans la relation entre le système climatique et le cycle hydrologique sous-tendent les inondations, la sécheresse et influent sur les changements climatiques et les réserves en eau. Cannon *et coll*.[152] ont étudié les cycles de tendances intrasaisonnières relatives à l'écoulement fluvial et ont organisé les stations en six groupes de tendance hydrologique similaire dans l'ensemble du Canada. Les tendances des températures mensuelles et des précipitations mensuelles ont été combinées avec les six groupes hydrologiques (étiquetés de 1 à 6) afin de déterminer les processus principaux qui engendrent les changements dans l'écoulement fluvial. En raison de la taille de l'écozone+, la plupart des classes (18 des 24 classes) ont été représentées dans l'écozone+ du Bouclier boréal. Sept stations faisaient partie du groupe 3, quatre du groupe 1, trois du groupe 6 et deux du groupe 5, tandis les groupes 2 et 4 en contenaient une chacun (Figure 19).

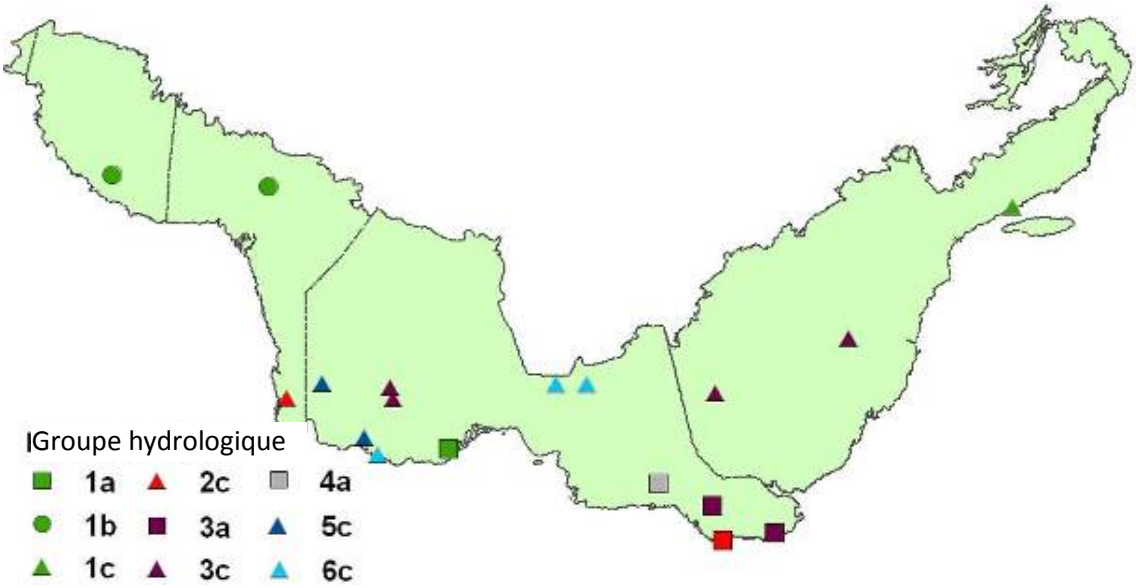


Figure 19. Stations hydrométriques naturelles dans l'écozone+ du Bouclier boréal selon le groupe hydrologique (de 1 à 6) et l'action de l'écoulement fluvial (de a à c), de 1961 à 2003.
Des processus de pluie et de neige mêlées agissent sur les cours d'eau de type a pour l'hydrographe tandis que le ruissellement nival est l'action principale pour les cours d'eau de type b et c.
Source : Cannon et coll., 2011[152]

Étant donné la diversité des groupes hydrologiques, on n'a pu tirer que peu de conclusions générales au sujet des changements de l'écoulement fluvial pour l'écozone+ dans son ensemble. Néanmoins, deux changements étaient apparents, l'un dans le groupe 1 et l'autre dans le groupe 3. Ces deux groupes représentaient la majorité des stations (11 sur 18). Pendant la majeure partie de l'année, les débits diminuaient dans les stations du groupe 1 (Figure 20) situées sur les côtés est et ouest de l'écozone+, de même que dans une station au nord du lac Supérieur. Dans les stations du groupe 3, situées plus près du centre de l'écozone+, les débits ont augmenté en hiver et au printemps, mais diminué pendant l'été et l'automne (Figure 21). Des changements locaux ont également été observés, mais ils n'étaient pas représentatifs de l'écozone+ du Bouclier boréal à plus grande échelle[152].

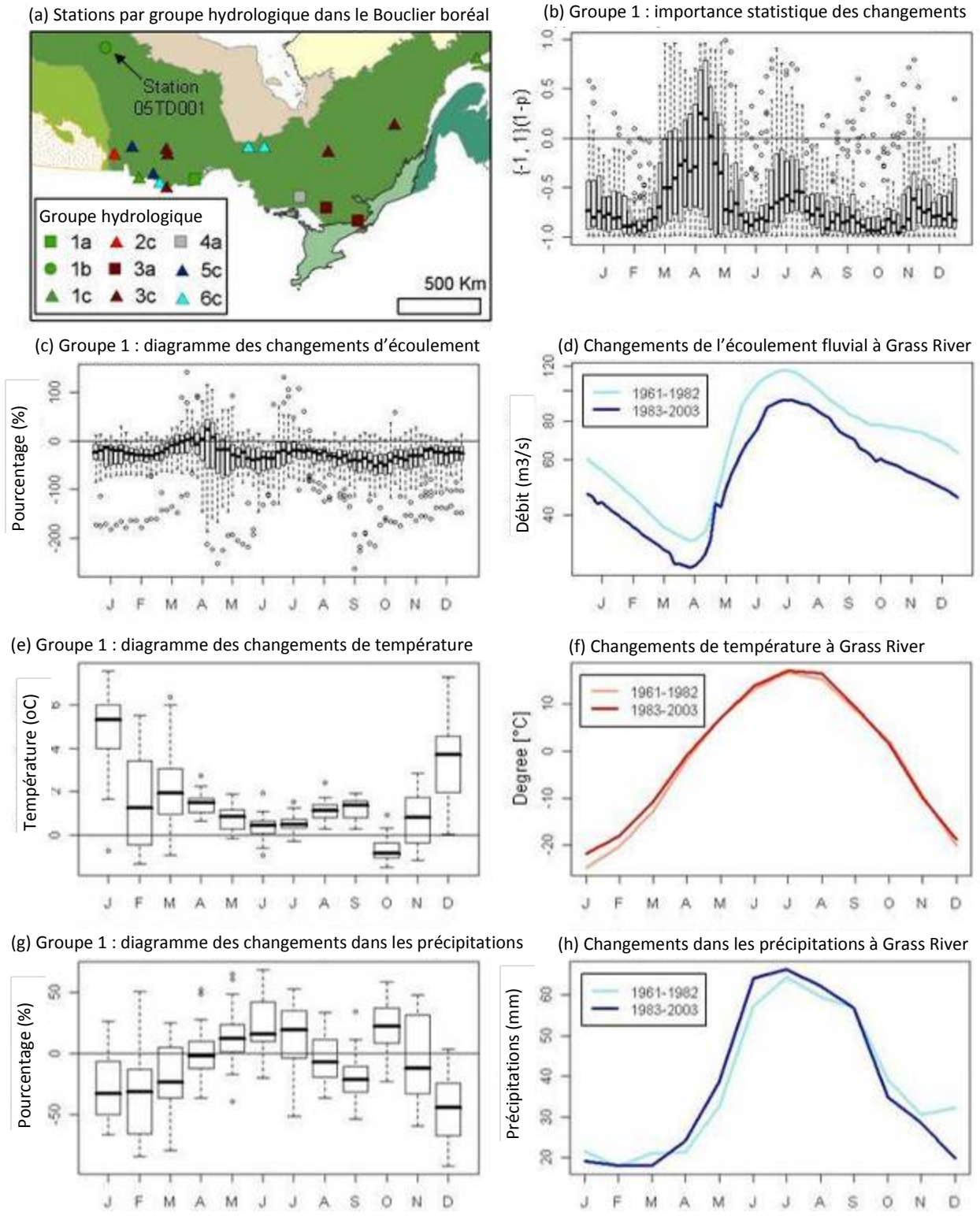


Figure 20. Changements dans l'écoulement fluvial, la température et les précipitations entre 1961 et 1982 et entre 1983 et 2003 dans le groupe hydrologique 1 de l'écozone⁺ du Bouclier boréal, ainsi qu'un exemple de Grass River représentant le groupe 1b.
Source : Cannon et coll., 2011[152]

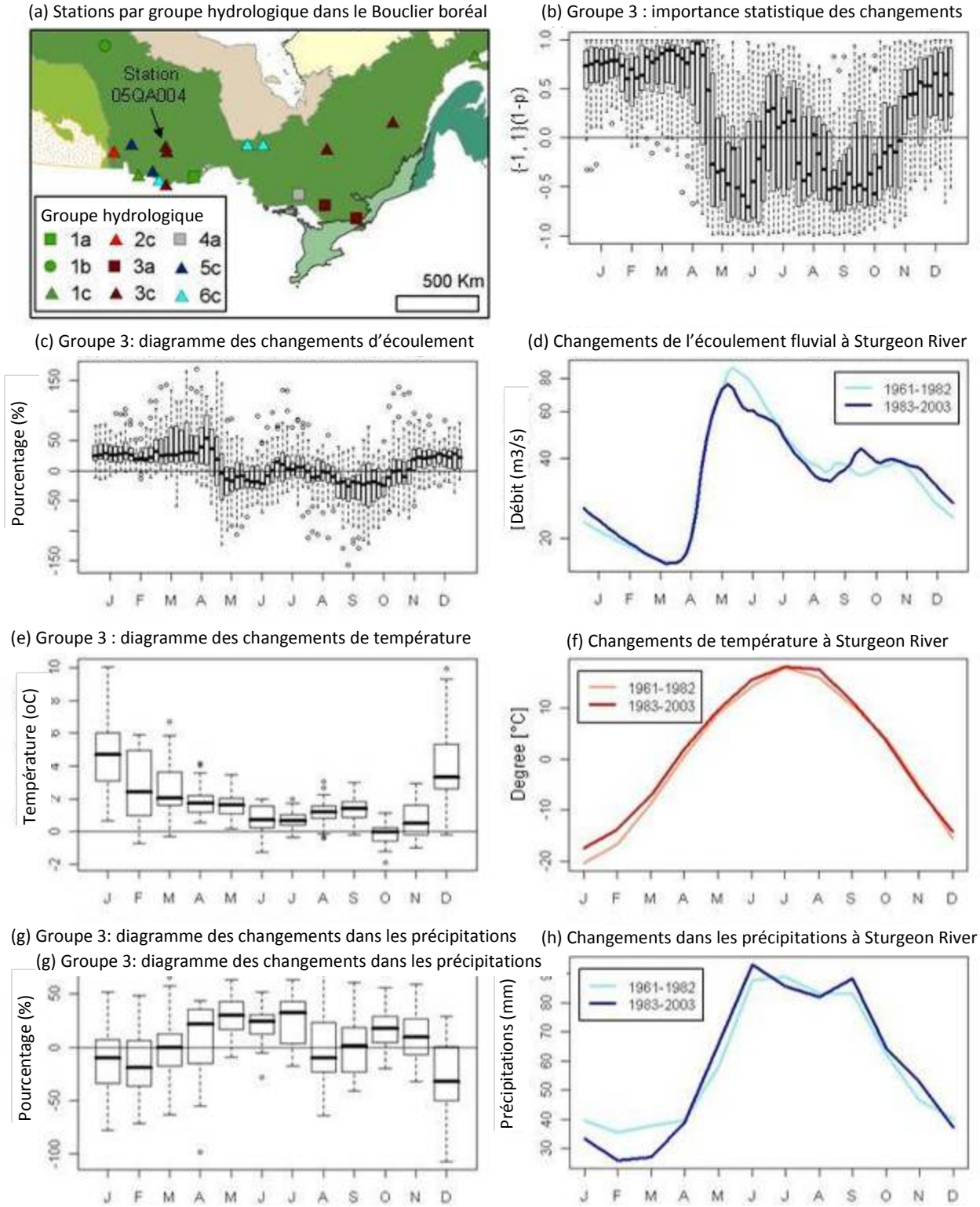


Figure 21. Changements dans l'écoulement fluvial, la température et les précipitations entre 1961 et 1982 et entre 1983 et 2003 dans le groupe hydrologique 3 de l'écozone⁺ du Bouclier boréal, ainsi qu'un exemple de Sturgeon River représentant le groupe 3c.
Source : Cannon et coll., 2011[152]

Débits fluviaux dans le bassin de la rivière Winnipeg

Une étude de la Commission géologique du Canada[1] se penchant sur les débits fluviaux au cours du dernier siècle dans le bassin de la rivière Winnipeg a illustré la variation significative à l'échelle locale des tendances hydrologiques dans l'écozone du Bouclier boréal. Dans cette région en particulier, les débits fluviaux moyens ont augmenté de 58 % depuis 1924. Cette situation est différente de la tendance plus générale de débits décroissants observés au nord-est et au nord-ouest de cette région, sauf pour une crue nivale de printemps plus importante et se produisant plus tôt (Figure 22). Le débit hivernal et l'écoulement fluvial ont augmenté de 60 % à 110 % dans le bassin en entier, sans doute à cause de facteurs climatiques. Cela montre que les tendances hydrologiques dans le bassin de la rivière Winnipeg au cours du siècle dernier sont différentes de celles observées dans de nombreux autres bassins hydrographiques du Canada. Par conséquent, il est possible que les prévisions concernant la diminution des écoulements de surface et la disponibilité de l'eau ne soient pas valables pour le bassin de la rivière Winnipeg[2]. Cependant, la dernière moitié du 20e siècle a vu les températures hivernales augmenter (Zhang et coll., 2011[153] et données supplémentaires fournies par les auteurs) et les précipitations hivernales diminuer dans l'est et l'ouest (Zhang et coll., 2011[153] et données supplémentaires fournies par les auteurs). Les aînés cris du lac Shoal, au Manitoba, ont constaté qu'il y a moins de pluie et de neige que par le passé. Ils disent que, lorsqu'il pleut, la terre ne se sature pas et que cela semble être lié à des températures plus chaudes[3]. Les tendances observées pour le bassin du lac Winnipeg semblent dépendre de la période observée, où un plus grand écoulement fluvial au 20e siècle peut avoir été causé par des tendances qui étaient en place avant 1950. Le reste de l'écozone, en revanche, a connu des débits inférieurs et les principales préoccupations concernaient les changements dans les habitudes migratoires des poissons, la présence d'habitat riverain et la qualité de l'eau.

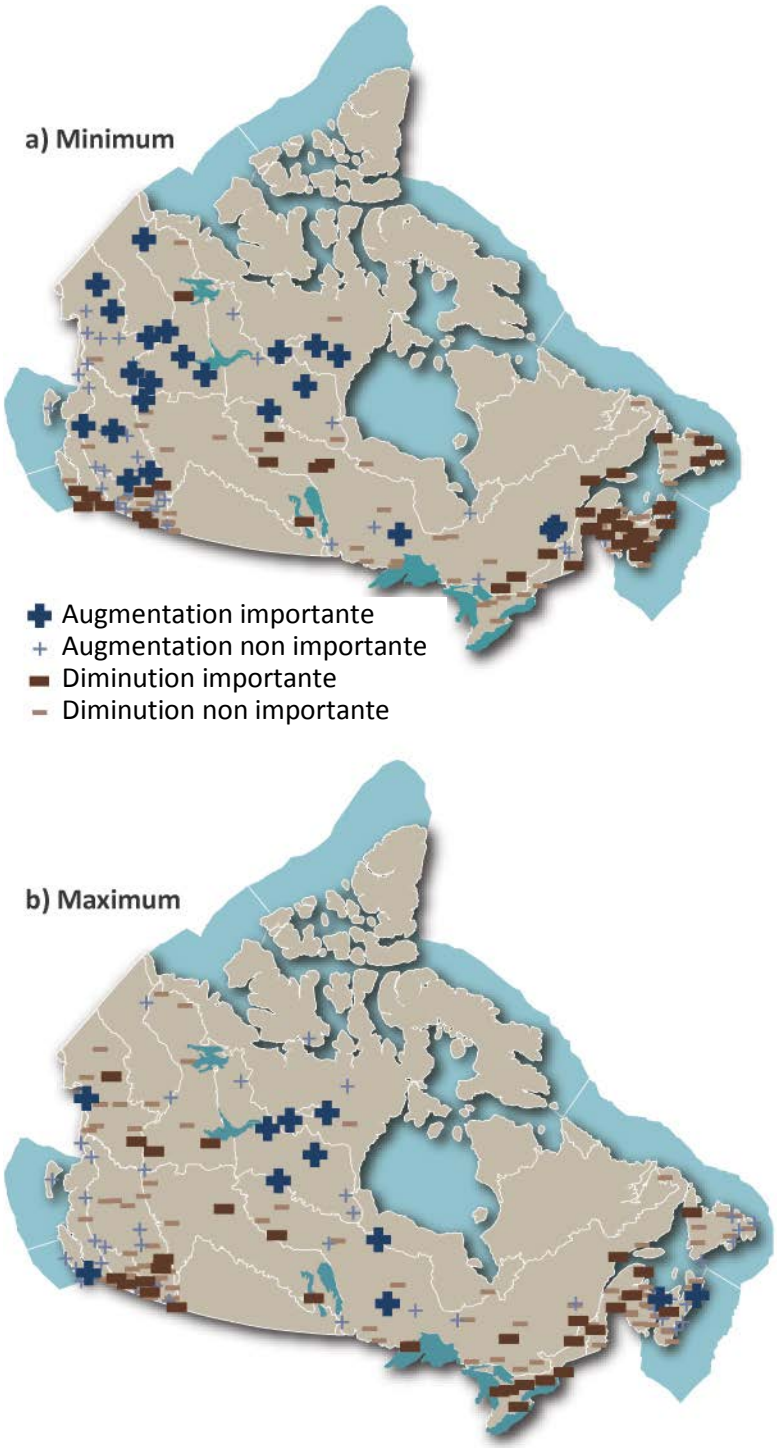


Figure 22. Carte illustrant les tendances du débit a) minimal et b) maximal sur un jour des rivières naturelles au Canada, maximal selon l'écozone[+], de 1970 à 2005.
Source : Monk et Baird, 2014[14]

D'autres constatations clés pertinentes en ce qui concerne les écosystèmes d'eau douce comprennent les suivantes : Écozone+ du Bouclier boréal : paysages terrestres et marins intacts à la page 138, Écozone+ du Bouclier boréal : poisson à la page 151, Invertébrés non indigènes envahissants aquatiques à la page 92, Écozone+ du Bouclier boréal : contaminants à la page 106, Écozone+ du Bouclier boréal : charge en éléments nutritifs et efflorescences algales à la page 113, et Écozone+ du Bouclier boréal : Dépôts acides à la page 118.

Écozone+ du Bouclier boréal : Cours d'eau régularisés

Les barrages et les réservoirs altèrent le paysage physique et interrompent les régimes hydrologiques, tandis que le processus de retenue introduit des contaminants qui peuvent s'accumuler dans la chaîne alimentaire. Plus précisément, les barrages interrompent la migration des poissons, augmentent la sédimentation, inondent ou réduisent l'habitat et modifient les niveaux d'eau ainsi que les propriétés chimiques de l'eau[154]. Le degré d'impact dépend de la taille des barrages, de leur exploitation et des caractéristiques biophysiques des écosystèmes[155, 156]. Cependant, les barrages peuvent fonctionner de façon à imiter les régimes hydrologiques naturels et à atténuer les effets indésirables sur les écosystèmes[157].

Les barrages sont plus communs dans la partie sud-est de l'écozone+ (Figure 23)[158]. Les années 1950 étaient la décennie la plus productive en ce qui concerne la construction de barrages dans l'écozone+ et un grand nombre de ces barrages approchent la fin de leur vie productive (Figure 24)[12].

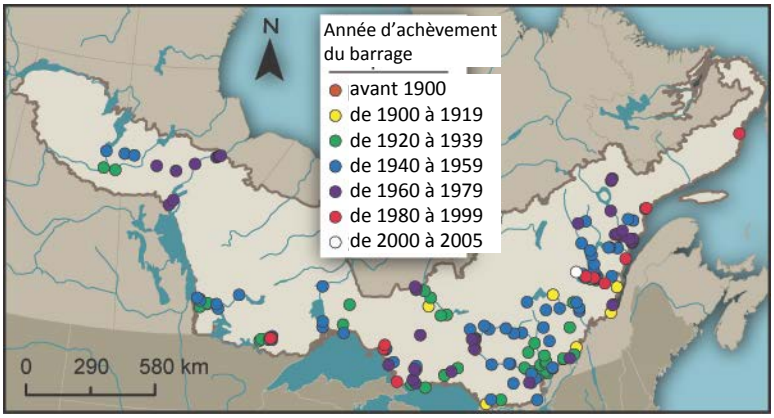


Figure 23. Répartition des barrages de plus de 10 m de hauteur dans l'écozone+ du Bouclier boréal, groupés par année d'achèvement de la construction de 1830 à 2005.
Source : données de L'Association canadienne des barrages, 2003[158]

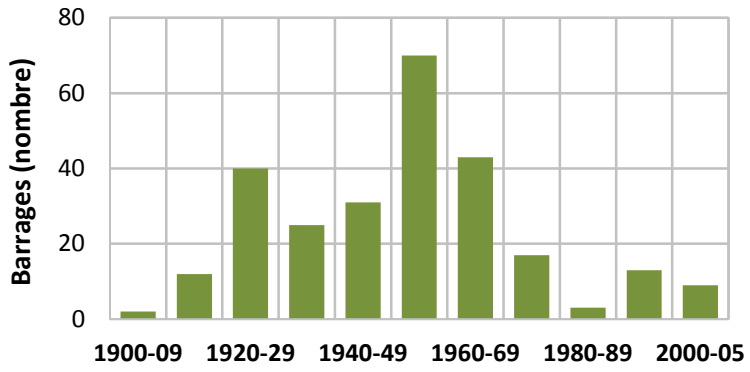


Figure 24. Nombre de barrages de plus de 10 m construits dans l'écozone+ du Bouclier boréal par décennie, des années 1900 aux années 2000 (sauf de 2000 à 2005).
Source : données de L'Association canadienne des barrages, 2003[158]

Écozone+ Boréale de Terre-Neuve : lacs et cours d'eau

Huit des neuf stations dans l'écozone+ Boréale de Terre-Neuve ont été classées dans le groupe hydrologique 4 (Figure 25)[152]. Les cours d'eau de cette écozone+ peuvent eux-mêmes être divisés selon leur régime hydrologique. La partie la plus orientale de l'île est dominée par les systèmes entraînés par les chutes de pluie (de type d) et les quatre autres stations sont soit déterminées par des processus de pluie et de neige mêlées (de type a) ou dominées par le ruissellement nival (de type c).

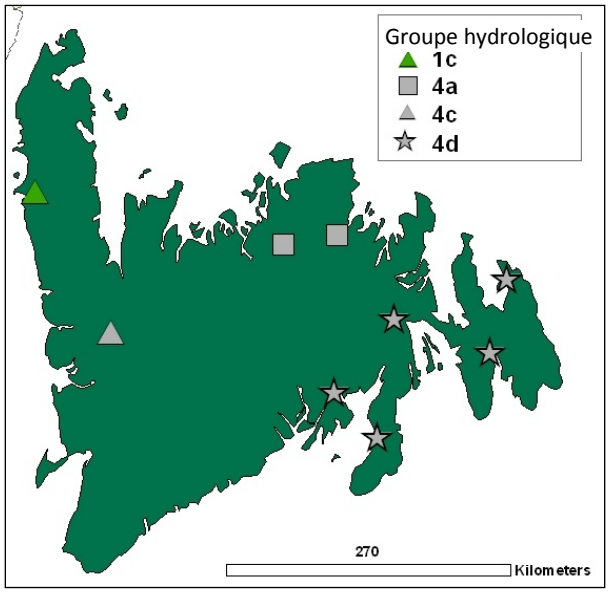


Figure 25. Stations hydrométriques naturelles dans l'écozone+ Boréale de Terre-Neuve selon le groupe hydrologique (1 ou 4) et l'action de l'écoulement fluvial (a, c ou d), de 1961 à 2003.
Des processus de pluie et de neige mêlées agissent sur les cours d'eau de type a pour l'hydrographe, le type c décrit des cours d'eau dominés par le ruissellement nival et le type d représente des cours d'eau présentant une configuration entraînée par les chutes de pluie.
Source : Cannon et coll., 2011[152]

Le changement principal concernant la configuration de l'écozone+ Boréale de Terre-Neuve était lié au groupe hydrologique 4. L'écoulement fluvial dans ce groupe a augmenté de 10 à 40 % par rapport à la médiane au printemps et a diminué de 20 à 70 % par rapport à la médiane durant la saison estivale de faible débit (Figure 26a). À la grandeur du Canada, la moitié des stations classées dans le groupe hydrologique 4 ont connu des augmentations de température allant jusqu'à 4 °C pendant les mois d'hiver (Figure 26b); cependant, ce réchauffement ne s'est pas produit dans l'écozone+ Boréale de Terre-Neuve. Une baisse de température a été mesurée dans toutes les stations de l'écozone+ en janvier. L'écozone+ Boréale de Terre-Neuve a connu des hivers plus froids ainsi que des printemps et des étés plus chauds (jusqu'à 1 °C de plus), tandis qu'aucun changement n'a été mesuré à l'automne. Les précipitations dans l'écozone+ Boréale de Terre-Neuve ont subi une hausse de 10 à 30 % en moyenne par rapport à la médiane, pour tous les mois sauf août, novembre et décembre (Figure 26c). Pour les mois où les précipitations ont diminué, le déclin moyen était d'environ 10 % par rapport à la médiane.

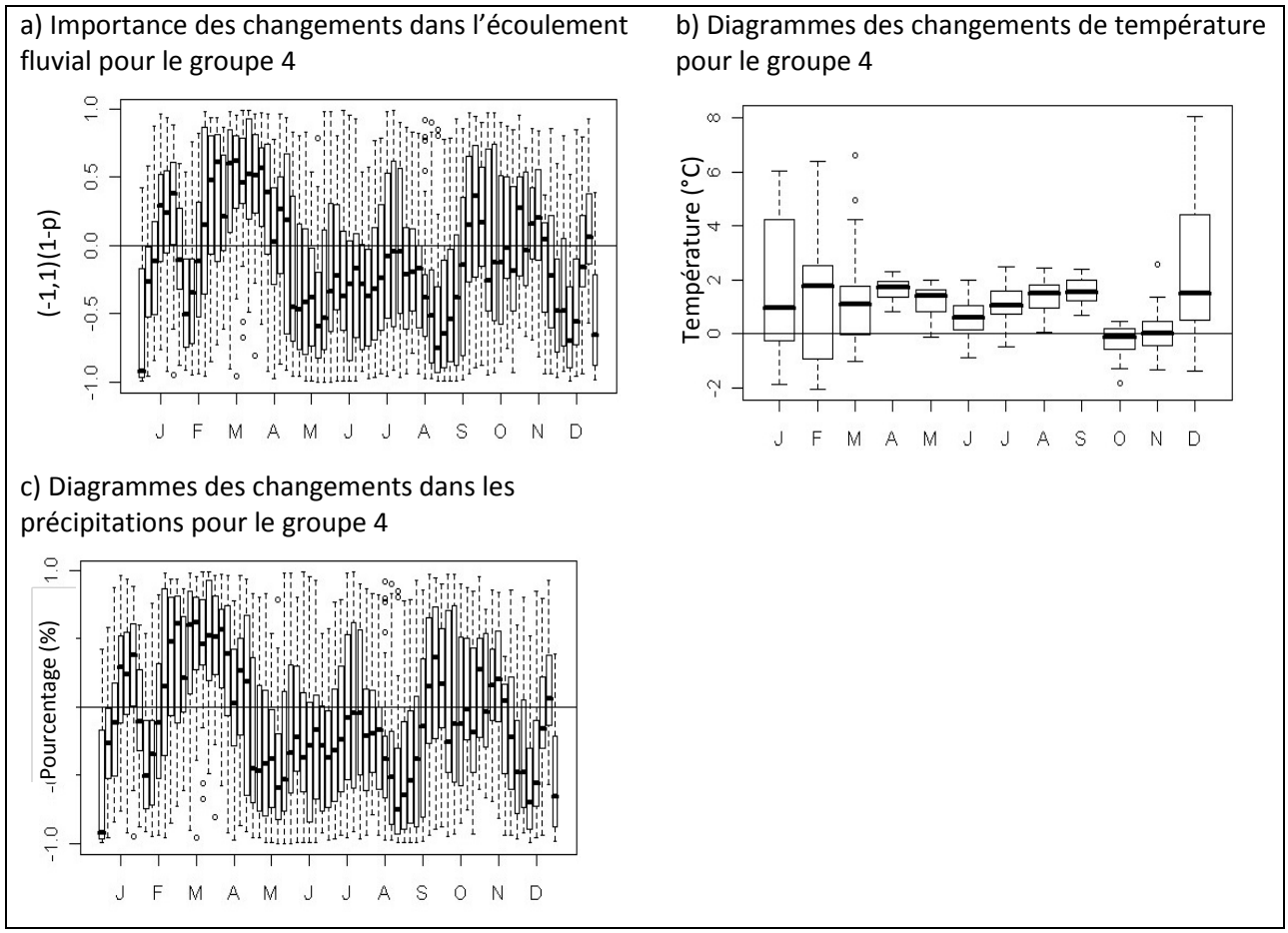


Figure 26. Changements dans a) l'écoulement fluvial, b) la température et c) les précipitations pour le groupe hydrologique 4 dans l'écozone+ Boréale de Terre-Neuve, de 1961 à 2003.
Source : Cannon et coll., 2011[152]

Les régimes hydrologiques déterminés par les chutes de pluie sont prédominants dans la portion la plus orientale de l'écozone+, tandis que le reste de l'île est dominé par des régimes de pluie ou de neige mêlée ou des régimes entraînés par la fonte des neiges (Figure 25)[152]. Le Tableau 14 résume les tendances pour les cours d'eau non aménagés de 1970 à 2012. Les accroissements d'écoulement fluvial au printemps ont été attribués à une combinaison de précipitations plus élevées et à une tendance vers des températures plus hautes causant la fonte des neiges plus tôt dans la saison (voir la constatation clé Écozone+ du Bouclier boréal : changements climatiques à la page 125)[152]. Les diminutions de débit durant l'été peuvent avoir pour cause des températures plus hautes, ce qui compense les effets des précipitations accrues plus tôt dans la saison[152]. Les changements hydrologiques peuvent également être le résultat de pertes de la forêt intérieure en raison de la récolte, des incendies ou des infestations d'insectes[159].

Tableau 14. Résumé des tendances hydrologiques dans les cours d'eau à régularisation minimale ou dont l'impact en amont est minimal.

Période analysée	Stations analysées	Paramètre	Tendances significatives
De 1970 à 2005[14]		Ruissellement mensuel total	↑ ↓
		Ruissellement minimal pour 1, 3, 7, 30 et 90 jours	↓
		Ruissellement maximal pour 1, 3, 7, 30, 90 jours	↓
De 1961 à 2003[152]		Débit printanier	↑
		Débit automnal	↓

Sources : Monk et Baird, 2014[14] et Cannon et coll., 2011[152]

La rivière Bay du Nord, un système typique entraîné par les chutes de pluie (Figure 25), a clairement présenté des augmentations de débit printanier et des diminutions de débit estival (Figure 27a). Les changements hydrologiques sont également évidents à la rivière Gander, un système typique entraîné par la pluie et la neige mêlées[152]. Les débits maximaux se produisent plus tôt, avec des débits plus élevés avant le débit maximal et des débuts plus faibles après le débit maximal (Figure 27b).

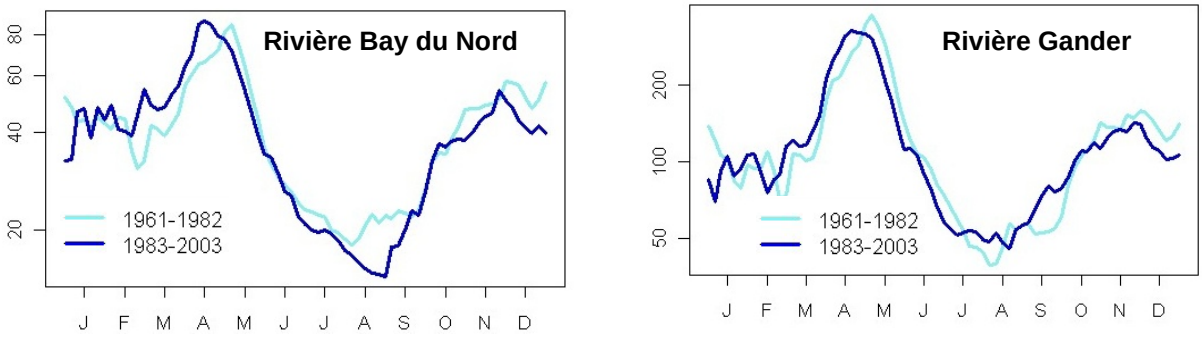


Figure 27. Changements dans l'écoulement fluvial comparant la période de 1961 à 1982 à celle de 1983 à 2003 pour la rivière Bay du Nord (à gauche) et la rivière Gander (à droite).
Source : Cannon et coll., 2011[152]

Écozone⁺ Boréale de Terre-Neuve : Cours d'eau régularisés

La plupart des barrages de Terre-Neuve ont été construits dans les années 1980. La Figure 28 montre l'emplacement de grands barrages achevés dans l'écozone⁺ Boréale de Terre-Neuve de 1895 à 2005.

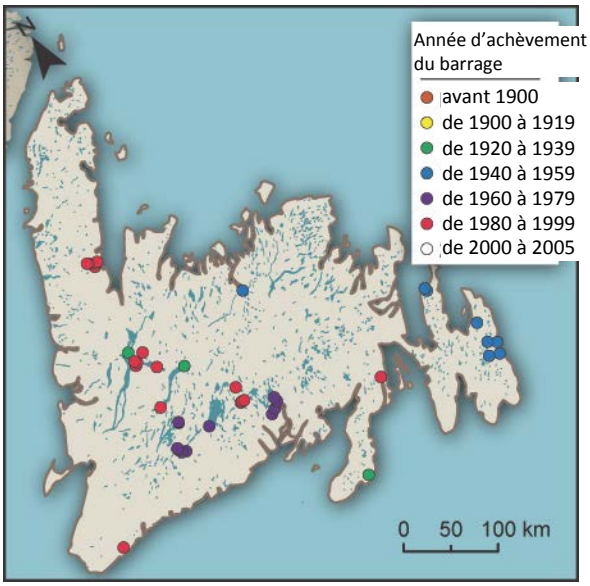


Figure 28. Répartition des barrages de plus de 10 m de hauteur dans l'écozone⁺ Boréale de Terre-Neuve, groupés par année d'achèvement de la construction de 1830 à 2005.
Source : données de L'Association canadienne des barrages, 2003[158]

Constatation clé 5 **Thème** Biomes

Zone côtières

Constatation clé à l'échelle nationale

Les écosystèmes côtiers, par exemple les estuaires, les marais salés et les vasières, semblent sains dans les zones côtières moins développées, même s'il y a des exceptions. Dans les zones développées, l'étendue des écosystèmes côtiers diminue et leur qualité se détériore en raison de la modification de l'habitat, de l'érosion et de l'élévation du niveau de la mer.

Écozone+ du Bouclier boréal : zones côtières

Les écosystèmes côtiers dans l'écozone+ du Bouclier boréal sont situés le long du golfe du Saint-Laurent, du lac Supérieur et de la mer du Labrador. Les zones les plus sensibles de l'écozone+ du Bouclier boréal se trouvent sur la rive nord du Saint-Laurent et à l'île d'Anticosti, situées à l'embouchure du fleuve Saint-Laurent dans le golfe du Saint-Laurent. Les deux tiers de ces côtes de 1 825 km sont classés comme étant modérément à très sensibles à l'érosion[160]. Dans les zones très sensibles, la perte côtière peut atteindre 10 m par année.

Une érosion côtière accélérée est corrélée à des changements dans les variables climatiques tels qu'une fréquence accrue de tempêtes[161, 162], une saison des glaces plus courte, des cycles de gel/dégel plus nombreux et des cas de pluie hivernale[163], ainsi qu'une élévation accrue du niveau de la mer[164]. Les températures dans la région maritime de l'est du Québec ont augmenté de 0,9 °C au cours du dernier siècle[162], coïncidant avec une augmentation de 17 cm du niveau de la mer[165, 166]. Le taux d'érosion a augmenté dans le secteur maritime laurentien du Québec entre 1990 et 2004 par comparaison aux études antérieures à 1990[167]. C'était particulièrement vrai pour les berges basses et sablonneuses et les falaises argileuses basses (Figure 29).

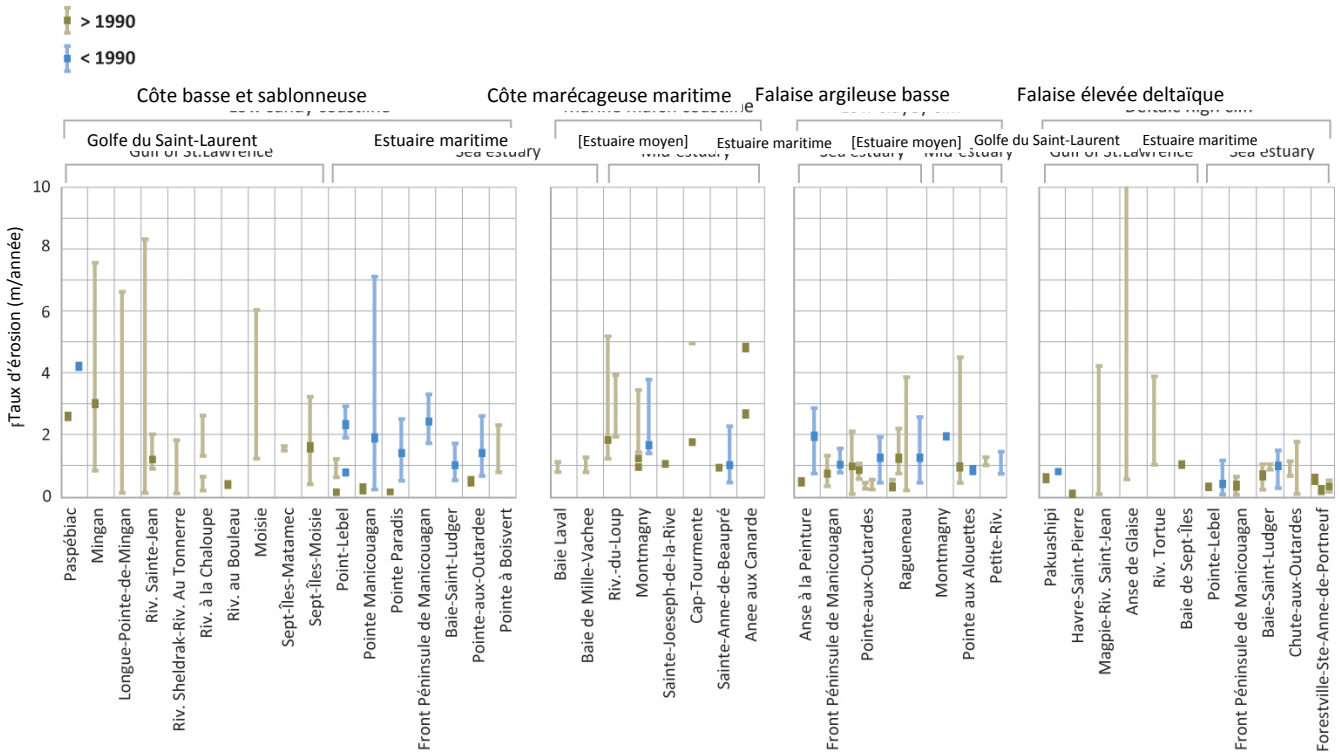


Figure 29. Sensibilité à l'érosion côtière des quatre types principaux de systèmes côtiers du secteur maritime laurentien du Québec selon les taux d'érosion historiques et récents.
Source : adapté de Bernatchez et Dubois, 2004[167]

Les changements dans la dynamique des glaces en raison de températures plus chaudes ont probablement contribué à l'accroissement de l'érosion sur la côte nord du golfe et de l'estuaire du Saint-Laurent[168]. Le déglacement des lacs a eu lieu plus tôt sur les lacs intérieurs de l'écozone+ entre 1970 et 2004 (Figure 35)[169]. Consulter la constatation clé intitulée La glace dans l'ensemble des biomes à la page 77 pour de plus amples renseignements.

On a d'abord remarqué que les cormorans à aigrettes (*Phalacrocorax auritus*) se reproduisaient du côté ouest du lac Supérieur en 1913[170]. De 1913 à 1945, ils se sont étendus vers l'est dans l'ensemble des Grands Lacs, colonisant les lacs Huron et Michigan, puis les lacs Érié et Ontario, et finalement le haut Saint-Laurent[171]. La population de cormorans à aigrettes est recensée par le Service canadien de la faune tous les cinq ans en rotation dans les refuges d'oiseaux migratoires sur la rive nord du golfe du Saint-Laurent. Le nombre de cormorans a augmenté durant les années 1980 et 1990 (Figure 30)[172], bien que cette tendance ne soit pas représentative de l'écozone+ en entier. Les conséquences majeures résultant de l'accroissement des populations de cormorans à aigrettes comprennent la destruction de la végétation, une incidence sur les autres oiseaux aquatiques vivant en colonies, tels que le bihoreau gris (*Nycticorax nycticorax*), et une incidence sur les pêcheries[171]. Afin de réduire les populations de cormorans, on a commencé à pratiquer l'élimination génétique, la destruction des nids et des œufs et le harcèlement des oiseaux au cours des années 1990 dans les Grands Lacs et le long du fleuve Saint-Laurent[171].

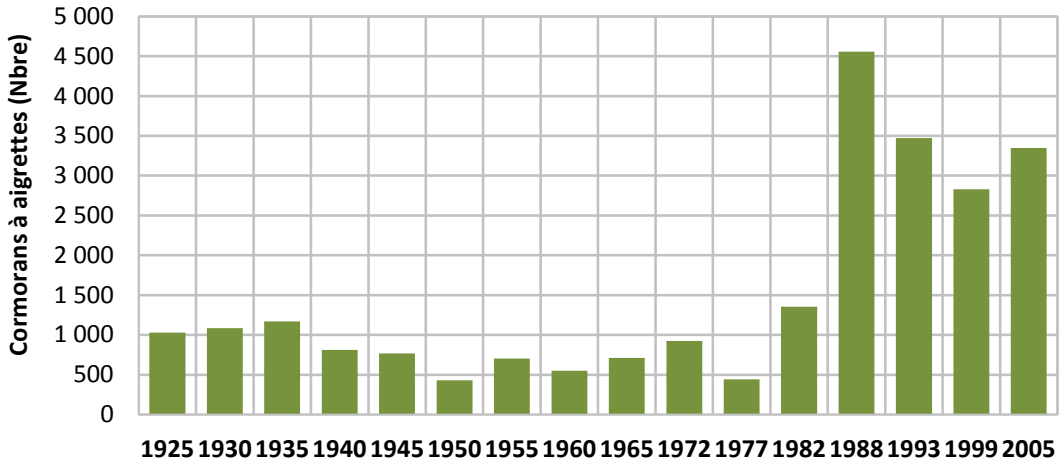


Figure 30. Nombre de cormorans à aigrettes dans les refuges sur la rive nord du golfe du Saint-Laurent de 1925 à 2005.
Source : Weseloh, 2011[172] adapté de Savard, 2008[173]

Écozone+ Boréale de Terre-Neuve : zones côtières

La zone côtière de l'écozone+ Boréale de Terre-Neuve mesure approximativement 11 550 km de long, sans compter les nombreuses îles dispersées le long de la côte[174]. Les côtes sont parsemées de baies, de passages, de plages sablonneuses, de caps et de fjords, abritant des habitats dont des marais salés, des assemblages de zostère marine (*Zostera*), des berges de fucus (*Fucus anceps*) à la zone de déferlement, le capelan (*Mallotus villosus*), des plages à frayères, des communautés intertidales temporaires et des plages de bigorneau (*Littorina littorea*)[175]. Les établissements humains se sont concentrés dans les régions côtières[29].

Écozone+ Boréale de Terre-Neuve : dunes littorales

On peut trouver des dunes sableuses le long d'une grande partie de la côte de l'écozone+ Boréale de Terre-Neuve (Figure 31). La promotion des dunes à des fins touristiques a causé une augmentation des activités récréatives, y compris l'utilisation de véhicules tout-terrain, qui a accéléré l'érosion côtière et la dégradation des dunes[176]. L'érosion est encore exacerbée par la restriction des glaces d'hiver au large et de la couverture de neige sur les côtes. Le remplacement du sable érodé est insuffisant pour maintenir les dunes à long terme. Par conséquent, les dunes côtières du sud-ouest de Terre-Neuve, et peut-être d'autres régions, ne se régénéreront pas après une perturbation[176].

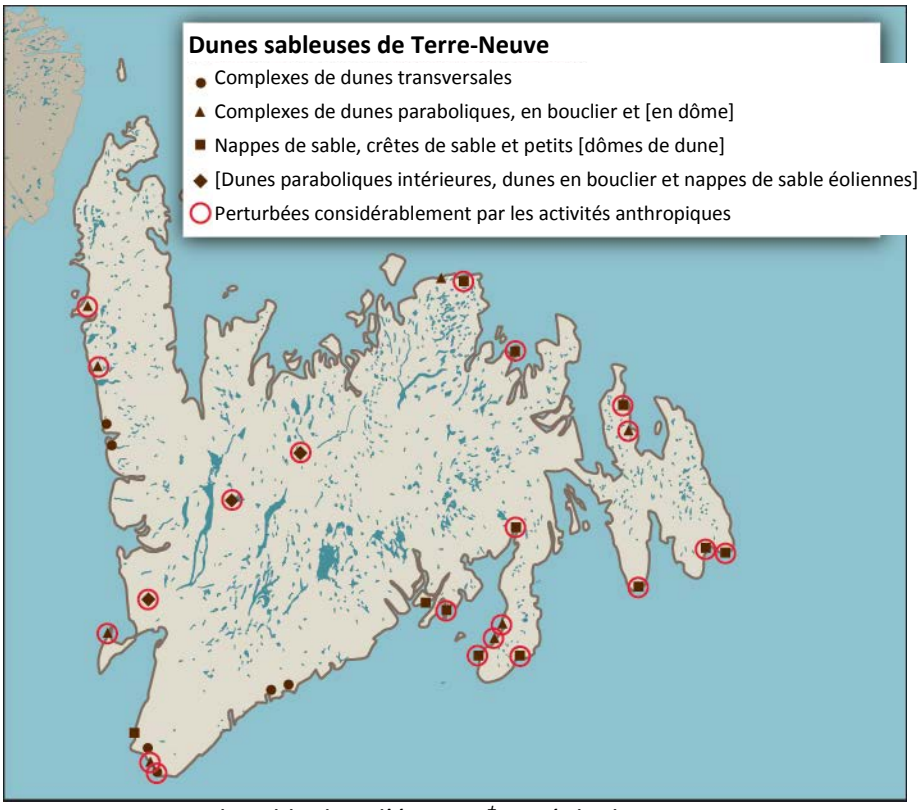


Figure 31. Dunes de sable dans l'écozone+ Boréale de Terre-Neuve.
Source : adapté de Catto, 2002[176]

Écozone+ Boréale de Terre-Neuve : élévation du niveau de la mer et érosion

Les effets de l'élévation du niveau de la mer depuis l'occupation humaine sont évidents à des sites archéologiques tels que The Beaches, la baie de Bonavista, Fort Frederick, la baie Placentia et Ferryland[159]. De multiples facteurs dont le relief, le type de roches, la forme du terrain, le changement du niveau de la mer et les activités anthropiques contribuent à l'érosion côtière[177]. Par exemple, le long des côtes du sud-ouest, de l'ouest et de l'est de l'écozone+, la combinaison de l'élévation du niveau de la mer, de l'utilisation accrue sur le plan résidentiel et touristique et des conditions changeantes de la glace d'hiver au large ont intensifié l'érosion et la dégradation des dunes et des plages[143, 176, 178, 179]. La Figure 32 et la Figure 33 présente des preuves de l'érosion accélérée de la plage à la presqu'île Avalon. Des 405 collectivités côtières, la vulnérabilité de la plupart d'entre elles était « modérément élevée », tandis que les collectivités de Northern Bay Sands, Salmon Cove et Point Lance Cove étaient classées « extrêmement élevées » (Figure 34).

Figure 32. Érosion côtière à Admiral's Beach, à la presqu'île Avalon, érodant cette voie de transport.
Source : Batterson et Liverman, 2010[180]

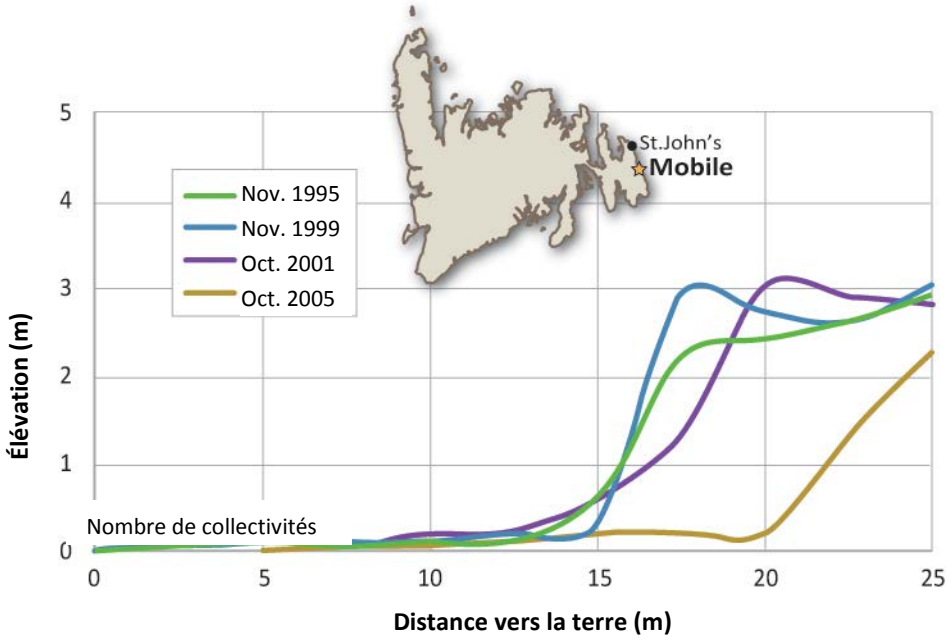


Figure 33. Élévation le long du transect d'une plage à Mobile, T.-N.-L., de 1995 à 2005, montrant l'érosion dans la partie supérieure du système de plage.
Source : Catto, 2006[181]

Figure 34. Nombre de collectivités dans l'est de Terre-Neuve présentant divers niveaux de sensibilité à l'élévation du niveau de la mer.
Source : Catto, 2003[159]

Écozone⁺ Boréale de Terre-Neuve : zostère

La zostère (*Zostera marina*) est une plante marine à fleurs qui forme des herbiers subtidaux de grande étendue dans le sable et la boue le long des côtes. Il capture la matière particulaire et le plancton et fournit un habitat pour les invertébrés, le poisson et les mammifères marins. Le zostère constitue une nourriture importante pour les sauvagines migrant et hivernant, et procure des aires d'alimentation pour les autres oiseaux[182-184]. Les prés de zostère comptent parmi les écosystèmes les plus productifs au monde[185] et aussi parmi les plus menacés[186]. Les assemblages de zostère dans l'écozone⁺ Boréale de Terre-Neuve se retrouvent dans les endroits sablonneux de plages basses qui sont relativement à l'abri. En se basant sur les connaissances locales et à l'inverse des autres régions de la côte atlantique, les populations de zostère au large de la côte de Terre-Neuve augmentent en abondance, possiblement en raison des températures plus douces et des changements liés à la glace de mer[185].

Écozone⁺ Boréale de Terre-Neuve : oiseaux côtiers

Les données recueillies de 1980 à 2005 sur la migration automnale de 14 espèces communes d'oiseaux de rivage ont été analysées pour 12 stations de l'Île de Terre-Neuve. Cette analyse visait également les données amassées pendant six ans par les bénévoles participants au Relevé des oiseaux de rivage de Terre-Neuve-et-Labrador. Chez la plupart des populations d'oiseaux de rivage qui ont fait halte à Terre-Neuve entre 1980 et 2005, les effectifs ont connu d'importantes fluctuations annuelles et décennales. Les années 1980 ont été marquées par un essor démographique considérable, et les années 1990, par une baisse appréciable des effectifs. De 2000 à 2005, la plupart des espèces ont connu de très légères baisses de population, mais ces (Tableau 15)[187].

Un grand nombre d'espèces caractérisées par un déclin dans les provinces Maritimes[188] connaissent en fait un essor à Terre-Neuve, ce qui témoigne peut-être d'une tendance vers le choix de nouvelles haltes migratoires dans la région de l'Atlantique[187].

Tableau 15. Tendances de populations pour des espèces communes d'oiseaux de rivage en migration du sud durant les années 1980 et 1990, et entre 2000 et 2005 dans l'écozone+ Boréale de Terre-Neuve.

Espèce	1980-1989			1990-1999			2000-2005		
	Tendance (%/année)	Changement annuel (%)	P	Tendance (%/année)	Changement annuel (%)	P	Abondance (%/année)	Changement annuel (%)	P
Grand chevalier (*Tringa melanoleuca*)	0.02	1.47		0.108	11.4	n	0.06	6.08	
Bécasseau à croupion blanc (*Calidris fuscicollis*)	0.21	23.0	*	-0.14	-13.2	n	-0.07	-7.01	
Pluvier semipalmé (*Charadrius semipalmatus*)	0.15	16.0	*	-0.02	-2.21		-0.03	-2.99	
Bécasseau semipalmé (*Calidris pusilla*)	0.16	17.2	*	-0.16	-14.6	*	-0.02	-2.36	
Bécasseau sanderling (*Calidris alba*)	0.06	6.01	*	-0.11	-10.2	*	-0.18	-16.6	*
Pluvier argenté (*Pluvialis squatarola*)	0.17	18.4	*	-0.24	-20.9	*	-0.10	-9.17	n
Tournepierre à collier (*Arenaria interpres*)	0.13	13.5	*	-0.15	-14.0	*	-0.07	-6.70	n
Pluvier bronzé (*Pluvialis dominica*)	0.04	3.75	*	-0.09	8.42	*	-0.05	-4.74	*
Courlis corlieu (*Numenius phaeopus*)	-0.005	-0.51		-0.12	-11.3	*	-0.04	-4.35	n
Bécasseau minuscule (*Caldiris minutilla*)	0.07	7.57	*	-0.06	-5.98		-0.02	-2.27	
Bécasseau variable (*Calidris alpine*)	0.04	3.40	*	-0.09	-8.46	*	0.02	2.18	
Chevalier grivelé (*Actitis macularius*)	-0.04	-3.49		0.14	15.0	*	-0.02	-2.14	
Petit chevalier (*Tringa flavipes*)	0.09	9.15	*	-0.104	-9.90	*	0.016	1.59	
Bécassin roux (*Limnodromus griseus*)	0.08	8.15	*	-0.05	-4.55		-0.06	-5.38	n

*P indique la signification statistique : *indique p>0.05; n indique 0.05<p<0.1; aucun symbole indique une valeur non significative.*
Source : Goulet et Roberston, 2007 [187]

Sur la façade de l'Atlantique, dans les écozones+ marines de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent, du golfe du Maine et du plateau néo-écossais et des plateaux de Terre-Neuve-et-Labrador, la discontinuité abrupte de l'océanographie et des réseaux

alimentaires qui s'est produite au début des années 1990 ont fait en sorte que certaines populations d'oiseaux marins, particulièrement les goélands, sont passées d'une tendance positive à une tendance négative. Cependant, le fou de Bassan (*Morus bassanus*) et le petit pingouin (*Alca torda*) ont continué à augmenter en nombre à partir des années 1970, comme d'ailleurs la plupart des populations de pingouins (de la famille des *Alcidae*) dans le golfe du Saint-Laurent et les macareux moines (*Fratercula arctica*) dans le sud-est de Terre-Neuve. Inversement, les sternes (de la famille des *Sternidae*) ont généralement diminué en nombre tout au long de cette période dans ces écozones[+], probablement en raison de l'influence des humains sur leur habitat de reproduction terrestre. Un déclin des gros goélands et des mouettes tridactyles (*Rissa tridactyla*) peut être lié à la réduction des activités de pêches côtières (qui fournissait des déchets et des rejets de poisson) après le moratoire sur le poisson de fond de 1992. Des tendances généralement positives dans les populations d'oiseaux de mer avant 1990 peuvent refléter un rétablissement continu de la récolte d'œufs et de plumage qui prévalait avant l'établissement de la *Migratory Bird Protection Act* (Loi sur la protection des oiseaux migratoires) au début du 20e siècle, ou, à Terre-Neuve, après sa fusion avec le reste du Canada en 1949. Certaines activités de récolte ont continué à avoir un effet sur les oiseaux de mer sur la rive nord du golfe du Saint-Laurent jusque dans les années 1960 et 1970[189]. En outre, le moratoire sur le poisson de fond au large de la côte est de Terre-Neuve a causé la fermeture des pêches au filet maillant qui noyaient de nombreux pingouins. Le retrait de cette source de mortalité peut avoir eu des conséquences positives sur certaines populations d'oiseaux plongeurs sous-marins.

Tableau 16. Tendances relatives à l'abondance des oiseaux côtiers de l'écozone[+] Boréal de Terre-Neuve de 1980 à 2012 et fiabilité de celles-ci.

Espèce	Tendance annuelle	Fiabilité
Mouettes tridactyles (*Rissa tridactyla*)	-13,8	Faible
Sterne caspienne (*Hydroprogne caspia*)	6,57	Faible
Sterne pierregarin (*Sterna hirundo*)	-2,75	Faible
Cormorans à aigrettes (*Phalacrocorax auritus*)	20,3	Faible
Goéland marin (*Larus marinus*)	-4,44	Médium
Fou de Bassan (*Morus bassanus*)	12	Faible
Goéland à bec cerclé (*Larus delawarensis*)	7,52	Faible

Source : Environnement Canada 2014[78]

Constatation clé 7 **Thème** Biomes

La glace dans l'ensemble des biomes

Constatation clé à l'échelle nationale

La réduction de l'étendue et de l'épaisseur des glaces marines, le réchauffement et le dégel du pergélisol, l'accélération de la perte de masse des glaciers et le raccourcissement de la durée des glaces lacustres sont observés dans tous les biomes du Canada. Les effets sont visibles à l'heure actuelle dans certaines régions et sont susceptibles de s'étendre; ils touchent à la fois les espèces et les réseaux trophiques.

Écozone+ du Bouclier boréal : la glace dans l'ensemble des biomes

Écozone+ du Bouclier boréal : glace lacustre

La plupart des lacs canadiens montrent une tendance ou une progression significative vers un déglacement plus tôt dans la saison (Figure 35). Le taux de changement du dégel de la glace lacustre a été beaucoup plus rapide entre 1950 et 2006 que le taux observé dans la première moitié du 20e siècle[190]. Par exemple, le déglacement de la baie Brochet au lac Reindeer, au Manitoba, s'est produit jusqu'à 0,5 jour plus tôt chaque année entre 1951 et 1980 pour un total de 14,5 jours[191].

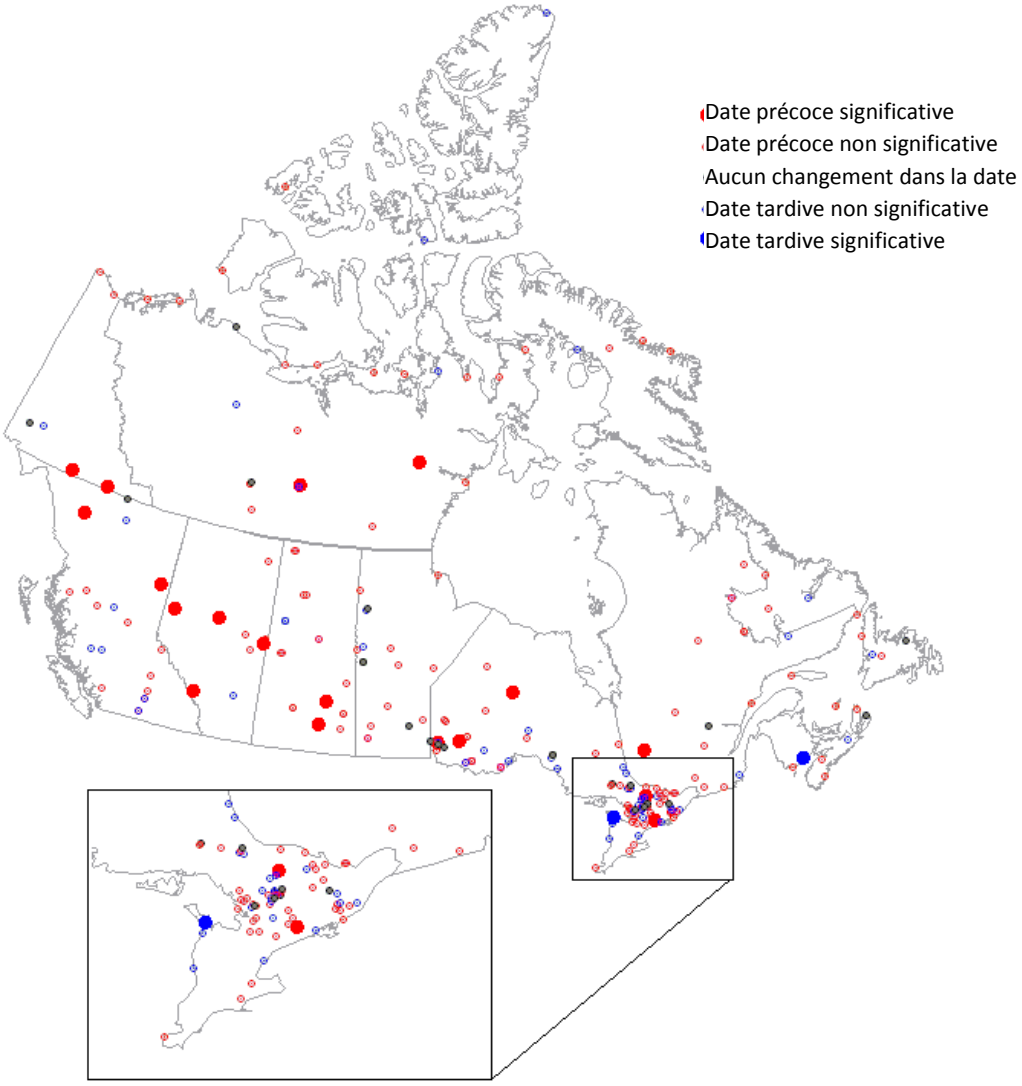
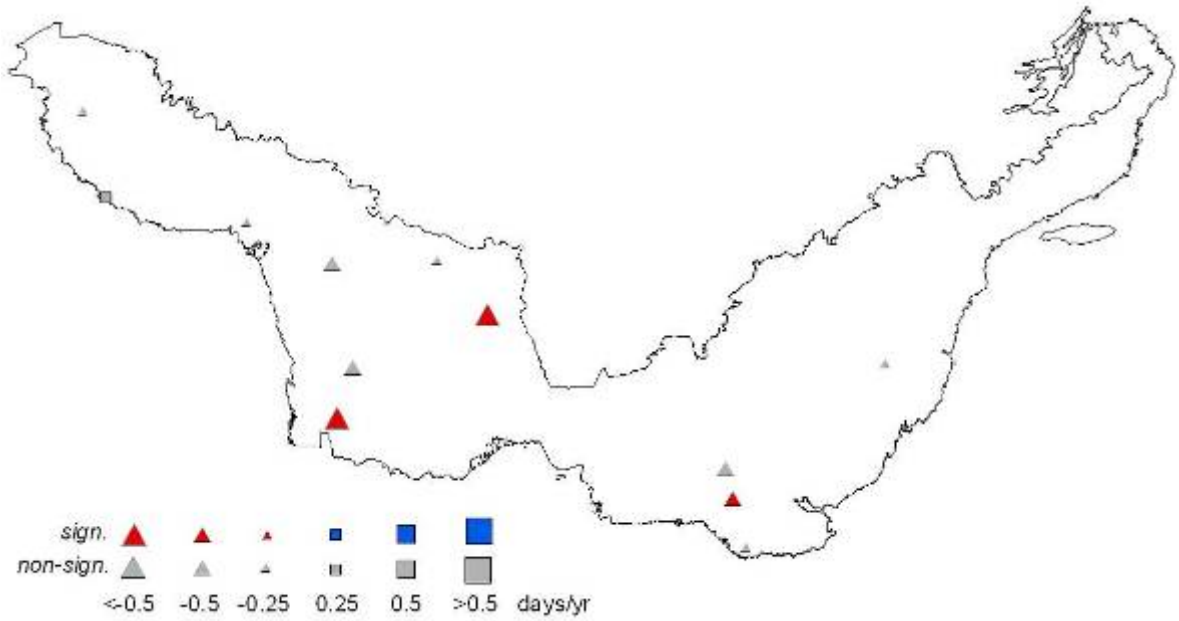


Figure 35. Changements dans la date de dégel de la glace sur les lacs au Canada, de 1950 à 2005. Ces données à l'échelle nationale dépassent les frontières de l'écozone⁺ du Bouclier boréal. Source : Environnement Canada, 2008[190]

La débâcle dans les lacs et les rivières de l'écozone⁺ du Bouclier boréal tend à se produire plus tôt au cours des 35 à 200 dernières années[14, 192-194] même s'il existe une exception où la débâcle se produisait plus tard entre 1950 et 1998[193]. La Figure 35indique les tendances pour les débâcles fondées sur les registres in situ et les observations par télédétection de 12 lacs de grande taille (de plus de 100 km²) au Canada[169]. La débâcle a reculé de 12 jours pendant la période de 1970 à 2004 (Figure 35a)[169]. Une débâcle ayant lieu plus tôt correspond à une arrivée précoce de la date de l'isotherme 0 °C du printemps[195]. Des températures plus douces au printemps (Figure 66a) et à l'hiver (Figure 66d) peuvent être en partie responsables de la débâcle précoce.

a)



b)

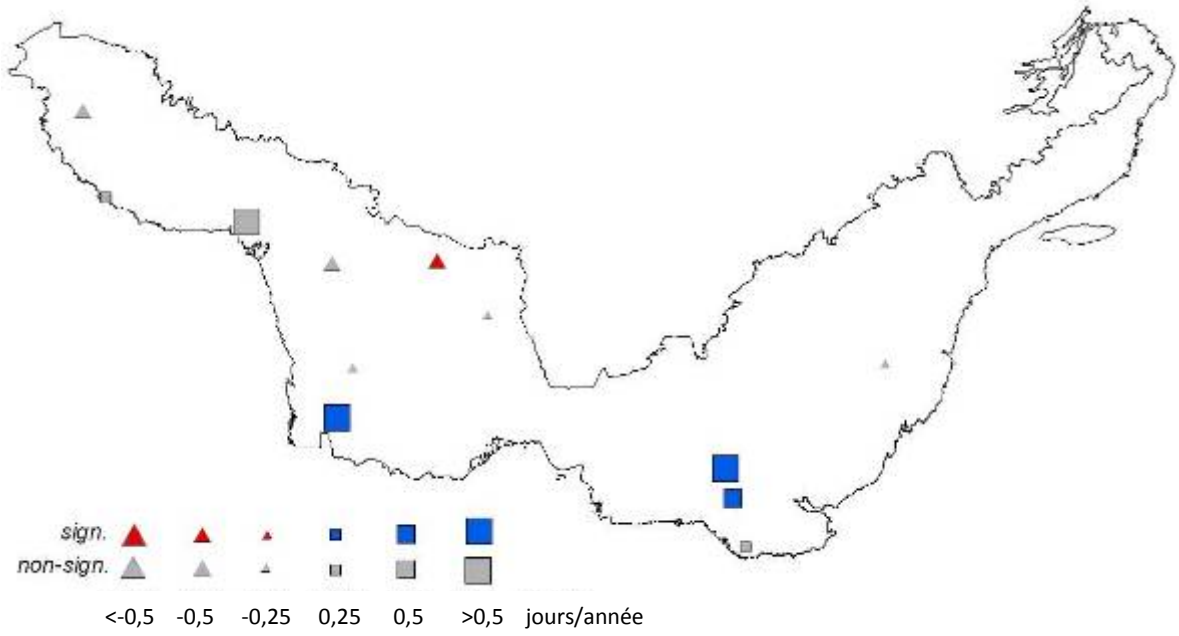


Figure 36. a) Tendances pour la débâcle et b) tendances pour l'englacement de 12 lacs de l'écozone[+] du Bouclier boréal, de 1970 à 2004.
Les analyses sur la débâcle sont basées sur des données in situ et de télédétection. Les tendances relatives à la débâcle pour les six stations les plus au nord sont basées seulement sur les données de télédétection de 1984 à 2004. Les triangles indiquent un englacement ou une débâcle plus tôt dans l'année; les carrés indiquent que ces conditions sont plus tardives. Les symboles sont colorés lorsque les tendances sont statistiquement significatives (p < 0,1).
Source : adaptée de Latifovic et Pouliot, 2007[169]

On constate davantage de variabilité dans l'englacement que dans la débâcle des lacs et des cours d'eau[14] dans cette écozone+ et au niveau national depuis les 35 à 200 dernières années[193-196]. La température de l'air précédant ces phénomènes d'un à trois mois semble être un facteur potentiel du changement dans les dates de débâcle et d'englacement[197, 198]. De 1970 à 2004, l'englacement s'est produit 15 jours plus tard pour trois lacs dans la moitié sud de l'écozone+. L'englacement survient 10 jours plus tôt dans un lac situé plus au nord (Figure 35b)[169].

Écozone+ du Bouclier boréal : pergélisol

Le pergélisol de l'écozone+ du Bouclier boréal est largement limité au terrain organique et montre une distribution sporadique dans les régions du nord-est et de l'ouest (Figure 36)[199].

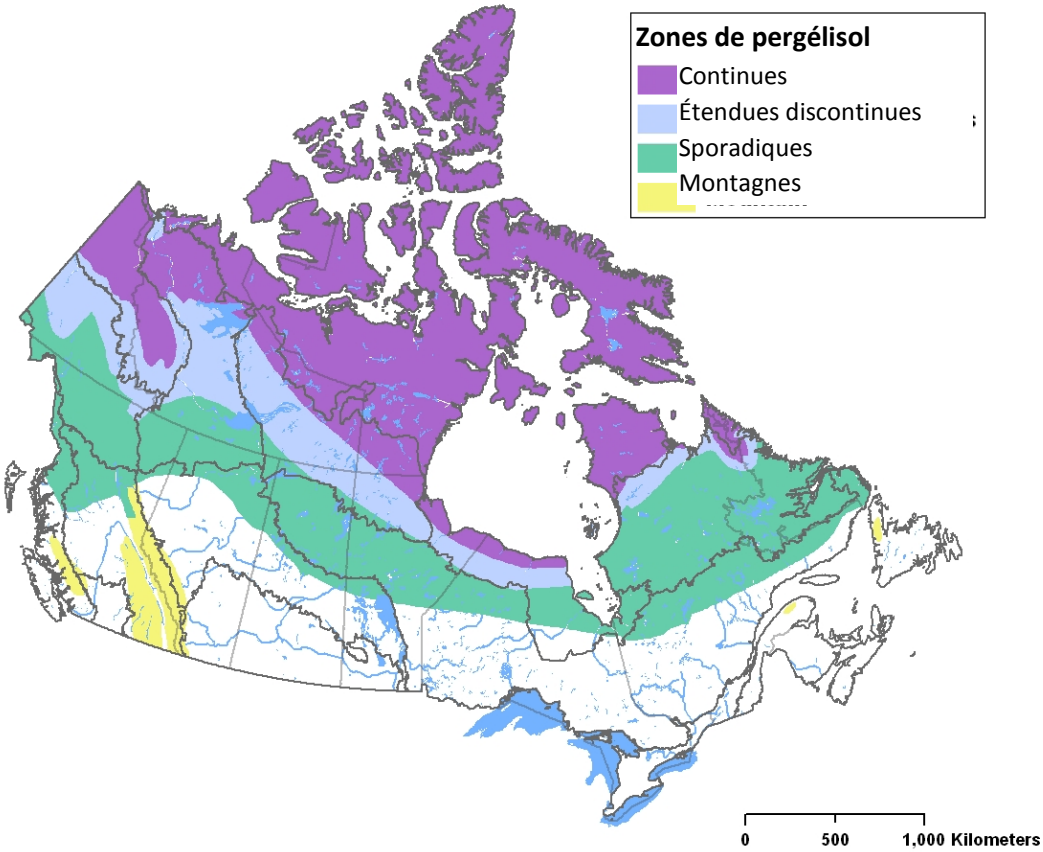


Figure 37. Carte du pergélisol au Canada.
Source : Heginbottom et al., 1995[199]

La fonte et la destruction des tourbières ont lieu depuis les 50 ou 100 dernières années[200-202] au nord de la Saskatchewan et du Manitoba. Le taux de dégel du pergélisol a augmenté de 4,3 cm/année de 1948 à 1991 jusqu'à 10,5 cm/année de 1995 à 2002 à Gillam, de 9,0 cm/année de 1941 à 1988 jusqu'à 28,0 cm/année de 1995 à 2002 à Thompson, de 10,2 cm/année de 1951 à 1992 jusqu'à 22,3 cm/année de 1995 à 2002 à Wabowden et de 10,9 cm/année de 1968 à 1991 jusqu'à 31,1 cm/année de 1995 à 2002 au lac Snow[202] (Figure 37). Près des lacs Athabasca et Black en Saskatchewan, les collectivités autochtones ont remarqué la perte de pergélisol dans les fondrières, un fait qu'ils attribuent au réchauffement des températures[3]. Bien que les tourbières

gelées effectuent un cycle naturel de formation et de fonte de pergélisol, cette dégradation du pergélisol est probablement causée par les changements climatiques[16].

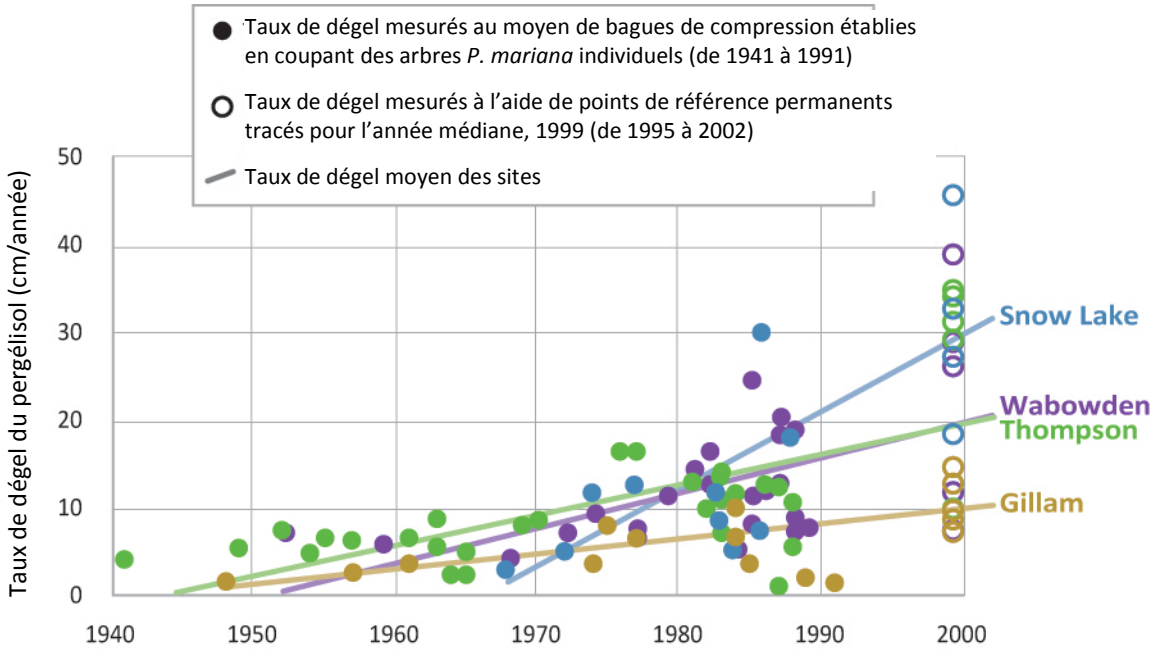


Figure 38. Taux de dégel du pergélisol (cm/année) à quatre sites de l'écozone⁺ du Bouclier boréal de 1940 à 2000.
Les cercles violets représentent des taux de dégel mesurés pour la période entre 1941 et 1991 au moyen de bagues de compression établies en coupant des arbres P. mariana *individuels. Les cercles verts représentent les taux de dégel moyens mesurés à l'aide de points de référence permanents pour la période allant de 1995 à 2002 (tracés pour l'année médiane, 1999). Les taux de dégel moyens des sites pour les périodes de 1941 à 1991 et de 1995 à 2002 sont également montrés.*
Source : adaptée de Camill, 2005[202]

La dégradation du pergélisol dans l'écozone⁺ du Bouclier boréal peut toucher la biodiversité par son influence sur la stabilité du sol, le réseau de drainage, les conditions d'humidité du sol, ainsi que l'hydrologie de surface et de sous-surface[16]. Même si l'écozone⁺ du Bouclier boréal n'a pas de pergélisol continu, le sol riche en glace discontinue présente des conditions physiques similaires aux écosystèmes plus au nord[203]. Dans les régions de tourbières, à mesure que la tourbe riche en glaces dégèle et se désintègre, les étangs peuvent remplacer les plateaux de tourbe gelés, ce qui crée des conditions où des écosystèmes de fens peuvent se développer[204, 205]. Même si la plupart de ces effets ont été observés à des sites arctiques, le pergélisol dans l'écozone⁺ du Bouclier boréal se trouve avant tout sur du terrain organique, ce qui suggère une perte possible de tourbières dans le paysage[16]. La compréhension de l'hydrologie du pergélisol pour l'écozone⁺ est limitée en raison d'un manque de données. Par exemple, on ne comprend pas exactement pourquoi les écoulements fluviaux de la rivière Grass ont diminué annuellement (Figure 20). La fonte du pergélisol peut avoir altéré l'hydrologie sous-terraine, qui a engendré des conditions plus sèches à la surface et réduit les contributions de la rivière.

Écozone+ Boréale de Terre-Neuve

Écozone+ Boréale de Terre-Neuve : glace lacustre

Il existait peu de données sur les tendances de la glace pour l'écozone+ Boréale de Terre-Neuve, sauf pour un endroit, Deadman's Pond, dans la partie centrale nord de l'écozone+. De 1961 à 1990, l'englacement à Deadman's Pond s'est déplacé plus tôt de 0,5 jour/année, ce qui diffère des tendances nationales indiquant un englacement tardif pour les lacs[195].

THÈME : INTERACTIONS HUMAINS-ÉCOSYSTÈMES

Constatation clé 8 **Thème** Interactions humains-écosystèmes

Aires protégées

Constatation clé à l'échelle nationale

La superficie et la représentativité du réseau d'aires protégées ont augmenté ces dernières années. Dans bon nombre d'endroits, la superficie des aires protégées est bien au-delà de la valeur cible de 10 % qui a été fixée par les Nations Unies. Elle se situe en deçà de la valeur cible dans les zones fortement développées et dans les zones océaniques.

Écozone+ du Bouclier boréal : aires protégées

Le taux auquel des aires protégées ont été créées dans l'écozone+ du Bouclier boréal a augmenté depuis les années 1970 (Figure 38). Avant 1992 (année de la signature de la Convention sur la diversité biologique), 3 % du Bouclier boréal était protégé[2]. En date de mai 2009, 8,1 % (143 491 km^2) était protégé[10]. De cette portion, 7,9 % de l'écozone+ faisait partie de 1 336 sites désignés comme aires protégées de catégories I à IV de l'UICN. Ces catégories comprennent les réserves naturelles, les aires de nature sauvage et d'autres parcs et réserves gérés afin de conserver les écosystèmes et les caractéristiques naturelles et culturelles, de même que ceux qui sont gérés surtout pour la conservation de l'habitat et de la faune[206]. Une proportion supplémentaire de 0,06 % (482 aires protégées) faisait partie de l'UICN dans les catégories V et VI, qui portent sur l'utilisation durable des ressources[206]. La proportion restante de moins de 0,01 % (10 aires protégées établies depuis 2004) n'a pas été désignée en vertu d'un critère de l'UICN.

Par exemple, à l'aide de leur Déclaration d'eau, la communauté de la Première Nation de Kitchenuhmaykoosib Inninuwug (PNKI) a déclaré 13 025 km^2 du Bassin versant Big Trout comme étant protégé, mais cette aire protégée n'est pas présentement inclue dans les aires protégées de catégories I à IV de l'UICN[207]. En support des buts de protection de la PNKI, le

[2] Noter qu'il y a 7 440 km^2 de terres protégées dans l'écozone du Bouclier boréal dont l'année d'établissement n'est pas connue. Si l'ensemble de ces terres était protégé avant 1992, alors 3,4 % de l'écozone était protégé avant 1992.

gouvernement de l'Ontario a désigné une aire de 23 181 km² 'en vicinité de la PNKI' où la prospection et le jalonnement minier ne sera pas permis.

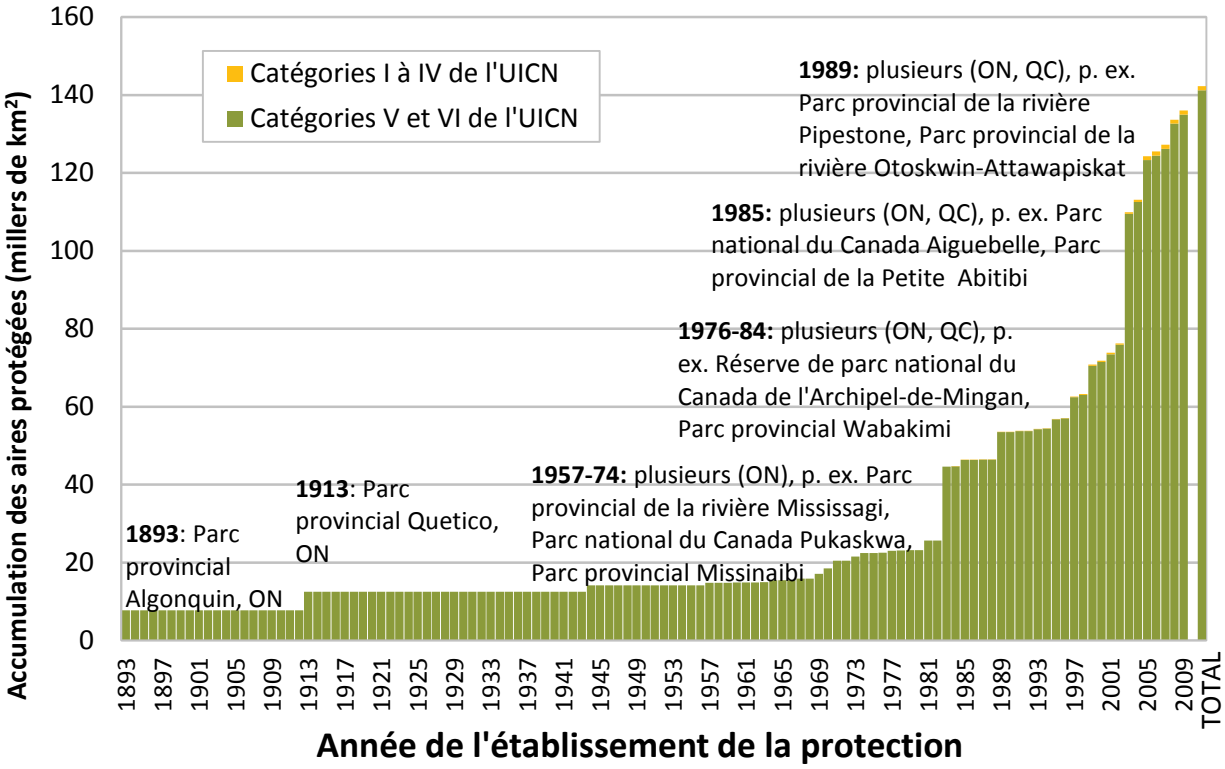


Figure 39. Accumulation des aires protégées dans l'écozone⁺ du Bouclier boréal, de 1893 à 2009.
Les données ont été fournies par les gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux jusqu'à mai 2009. Seules les aires légalement protégées ont été incluses. Les catégories de l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN) d'aires protégées sont basées sur les objectifs primaires de gestion (voir le texte pour plus d'information).
La dernière barre étiquetée « TOTAL » comprend les aires protégées pour lesquelles l'année d'établissement n'a pas été donnée.
Source : Environnement Canada, 2009[208] en se servant du Système de rapport et de suivi pour les aires de conservation (SRSAC) (v.2009.05), 2009[10]; données fournies par les gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux.

Les aires protégées sont assez bien distribuées dans l'ensemble de l'écozone⁺, bien qu'elles soient moins nombreuses au nord-ouest (Figure 40).

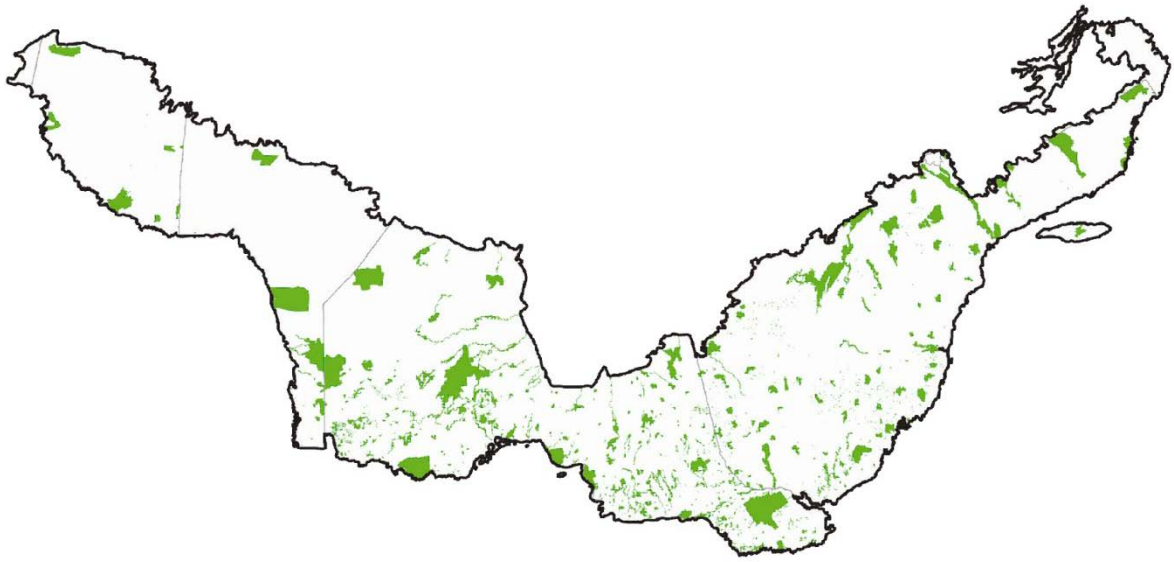


Figure 40. Distribution des aires protégées de l'écozone+ du Bouclier boréal, mai 2009.
Source : Environnement Canada, 2009[208] en se servant du Système de rapport et de suivi pour les aires de conservation (SRSAC) (v.2009.05), 2009[10]; données fournies par les gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux.

En 2009, les gouvernements de l'Ontario et du Québec ont annoncé des plans visant à protéger des sites en zone boréale [209, 210]. La *Loi sur le Grand Nord* de l'Ontario est entrée en vigueur en 2010 et rendait obligatoire la protection d'environ la moitié de la région au nord du territoire forestier sous aménagement en Ontario. Quatre plans sont maintenant réalisés dans le grand Nord de l'Ontario. Pikangikum a été la première collectivité, en 2006, à adopter un plan communautaire d'aménagement du territoire. En juillet 2011, Cat Lake et Slate Falls ont fêté le parachèvement de leur plan par une cérémonie de signature, comme l'ont fait Pauingassi et Little Grand Rapids, deux communautés du Manitoba avec des territoires sous aménagement en Ontario [211].

Écozone+ Boréale de Terre-Neuve : aires protégées

En mai 2009, 6,3 % (7 098 km²) de l'écozone+ avait été protégée par l'intermédiaire de 45 aires protégées de catégories I à III de l'UICN (Figure 40 et Figure 41)[10]. De plus, 1,2 % de l'écozone+ était protégé au moyen de cinq aires protégées de catégorie VI, une catégorie qui porte sur l'utilisation durable au moyen de traditions culturelles établies dans l'aire protégée[206].

Deux réserves naturelles intégrales (> 1 000 km²) et quinze réserves écologiques (< 1 000 km²) ont vu le jour dans l'écozone+ Boréale de Terre-Neuve depuis l'entrée en vigueur de *The Wilderness and Ecological Reserves Act* (la Loi sur les Réserves naturelles intégrales et écologiques) en 1980[212].

Il y a aussi deux parcs nationaux, Gros Morne et Terra Nova, et 32 parcs provinciaux et réserves provinciales de parcs[212].

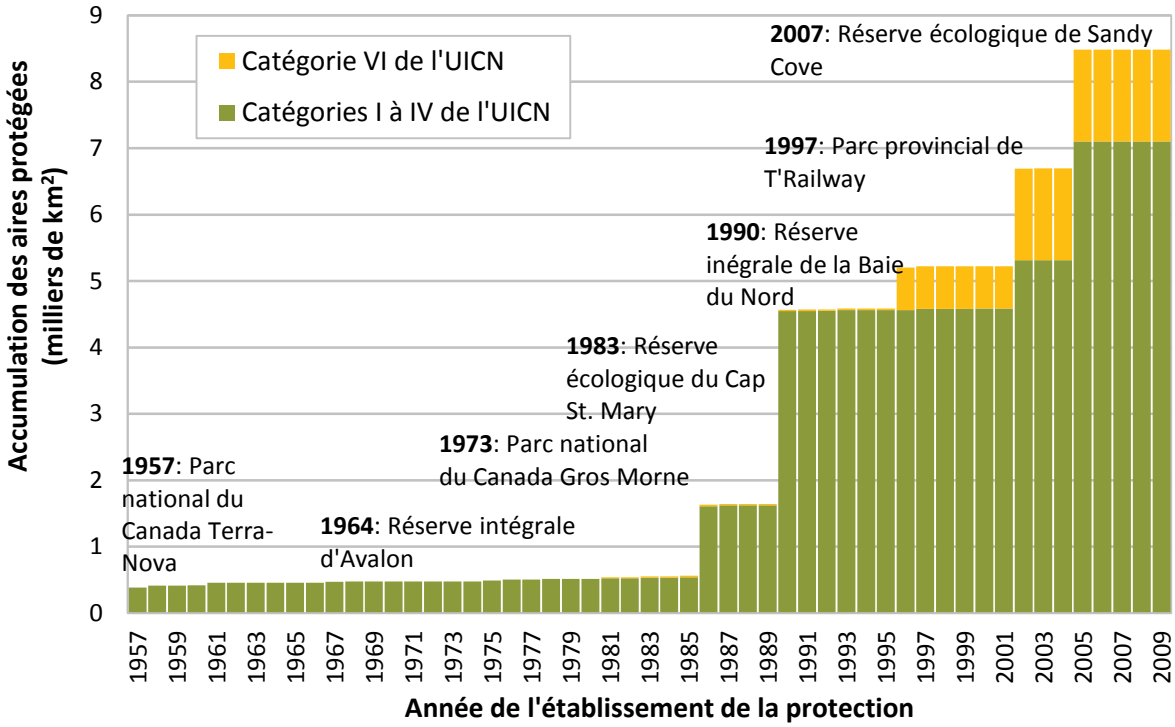


Figure 41. Accumulation des aires protégées dans l'écozone[+] Boréale de Terre-Neuve, de 1957 à 2009. Les données ont été fournies par les gouvernements fédéral, provinciaux jusqu'à mai 2009. Seules les aires légalement protégées ont été incluses. Les catégories de l'UICN (Union internationale pour la conservation de la nature) pour les aires protégées sont basées sur les objectifs primaires de gestion. Plusieurs petites réserves de biodiversité et d'autres aires protégées ont été établies depuis 2003. Elles sont étiquetées comme zones protégées de catégories I à IV de l'UICN. La catégorie grise désignée « non classifié » représente les aires protégées pour lesquelles une catégorie de l'UICN n'a pas été fournie. Source : Environnement Canada, 2009[213] en se servant du Système de rapport et de suivi pour les aires de conservation (SRSAC) (v.2009.05), 2009[10]; données fournies par les gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux.

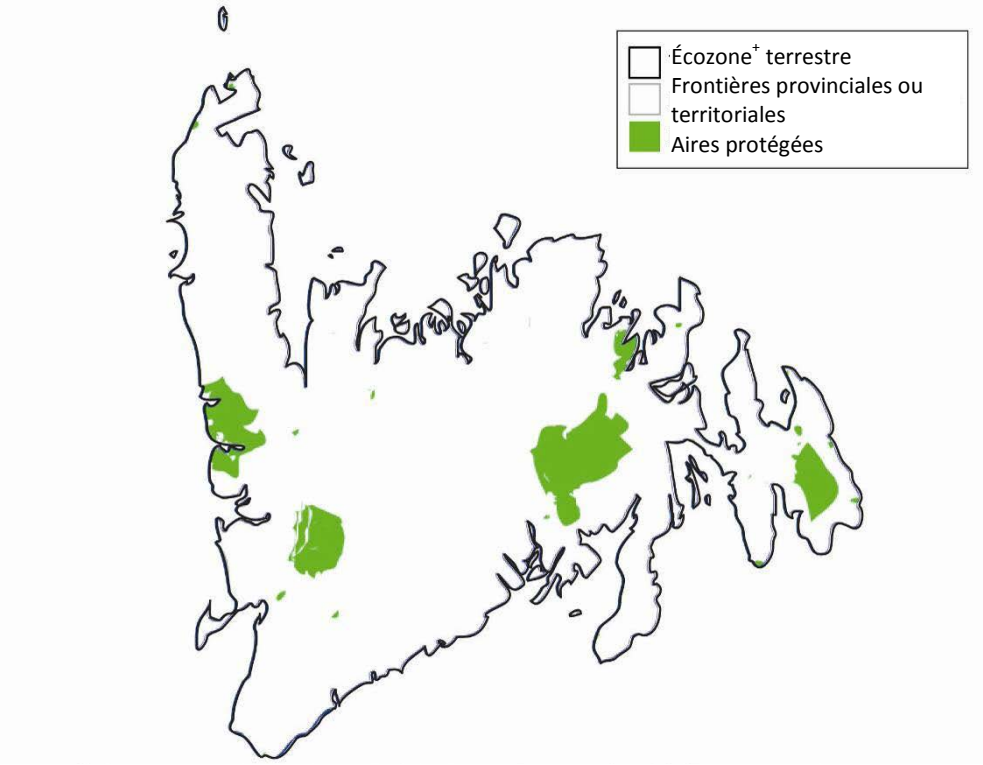


Figure 42. Carte des aires protégées de l'écozone+ Boréale de Terre-Neuve, 2009.
Source : Environnement Canada, 2009[208] en se servant du Système de rapport et de suivi pour les aires de conservation (SRSAC) (v.2009.05), 2009[10]; données fournies par les gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux.

Entre 1995 et 1997, le gouvernement provincial a privatisé nombre de parcs provinciaux et de parcs d'attraction naturelle afin de réduire les dépenses liées au système des parcs et des loisirs. Certaines de ces propriétés privatisées ne sont plus exploitées ni protégées, comme le parc provincial Pipers Hole River, abandonné en 2008[214].

Constatation clé 9 **Thème** Interactions humains-écosystèmes

Intendance

Constatation clé à l'échelle nationale

Les activités d'intendance au Canada, qu'il s'agisse du nombre et du type d'initiatives ou des taux de participation, sont à la hausse. L'efficacité d'ensemble de ces activités en ce qui a trait à la préservation et à l'amélioration de la biodiversité et de la santé des écosystèmes n'a pas été entièrement évaluée.

Écozone+ du Bouclier boréal : intendance

Une grande partie de l'écozone+ du Bouclier boréal est inhabitée et à l'état naturel, ce qui fait que les activités d'intendance menés par les collectivités sont relativement rares dans cette écozone+. Cependant, les activités d'intendance font l'objet d'une coordination entre les plus grands réseaux de conservation, les Premières Nations et les réseaux des industries.

Pimachiowin Aki est un paysage culturel et une grande aire protégée de la forêt boréale intacte qui a été désigné comme site du patrimoine mondial naturel et culturel de l'UNESCO Les gouvernements de l'Ontario et du Manitoba gèrent ce territoire en partenariat avec la Première Nation Anishnaabe. Cette région possède une riche diversité de flore et de faune boréales, de même que des terres ancestrales de grande valeur pour les collectivités autochtones dans cette section de l'écozone+[215]. Pimachiowin Aki n'est pas encore finalisé.

Plusieurs compagnies forestières et organisations environnementales au Canada se sont rencontrés en 2010 pour créer l'Entente sur la forêt boréale canadienne (EFBC), la plus grande initiative de conservation au monde. L'Entente regroupe les 19 sociétés membres de l'Association des produits forestiers du Canada et sept grands organismes non gouvernementaux de protection de l'environnement, tel la Société pour la nature et les parcs du Canada, la Fondation David Suzuki, et le Nature Conservancy. L'Entente signifie que les groupes de protection de l'environnement s'engagent à cesser d'appeler au boycottage des entreprises participantes. En contrepartie, les entreprises ont suspendu leurs opérations d'abattage sur près de 29 millions d'hectares de forêt boréale. La suspension de ces activités forestières permet aux signataires de collaborer à un certain nombre d'initiatives, notamment l'élaboration de plans d'action pour le rétablissement du caribou dans des zones particulières et de lignes directrices d'aménagement écosystémique que les entreprises participantes pourront utiliser pour améliorer leurs pratiques forestières[216].Le Conseil principal de la forêt boréale, qui s'est réuni pour la première fois en décembre 2003, est constitué des groupes de conservation, des Premières Nations, des compagnies de l'industrie des ressources et des institutions financières. Les membres du Conseil sont les signataires de la Convention pour la conservation de la forêt boréale, qui vise à protéger au moins 50 % du territoire boréal dans un réseau d'aires protégées de grande taille interreliées et à soutenir des collectivités durables, la gestion des ressources basée sur l'écosystème et des pratiques d'intendance dans l'ensemble du territoire restant[217].

Dans la région d'Athabasca en Alberta, l'industrie du pétrole procède à des activités d'intendance. L'Oil Sands Leadership Initiative (initiative de prise en charge concernant les sables bitumineux) (OSLI), un réseau collaboratif formé de ConocoPhillips Canada, Shell Canada, Statoil Canada, Suncor Energy Inc., Nexen Inc. et Total E&P Canada, a quatre groupes de travail dont l'un qui se penche sur l'intendance des terres[218]. Le groupe de travail sur l'intendance des terres (LSWG) participe actuellement à une restauration volontaire dans la région d'Algar, située à environ 100 km de la plupart des exploitations de sable bitumineux in situ en Alberta et dans l'aire de répartition du caribou du côté est de la rivière Athabasca. L'empreinte linéaire des lignes sismiques vieilles de 20 à 30 ans l'a laissée fragmentée, réduisant ainsi la qualité de l'habitat pour la harde de caribous dans cette région. Ces régions prennent énormément de temps à refaire leur végétation de façon naturelle en raison des sols froids et humides. Les traitements sur le terrain appliqués par le LSWG comprennent la préparation mécanique du site pour la plantation d'arbres, la collecte et la dispersion de matières ligneuses grossières le long des lignes sismiques traitées, l'identification et la protection de la végétation naturelle existante en vue de la rétention et la plantation hivernale de 45 000 épinettes noires en milieu humide (une technique mise à l'essai avec succès par le réseau collaboratif de l'OSLI en conjonction avec le gouvernement de l'Alberta[218].

D'autres activités d'intendance notables dans l'écozone+ incluent les suivantes :

- Le gouvernement du Manitoba a organisé, le 29 novembre 2013, un atelier sur l'état des connaissances auquel ont participé 34 experts pour élaborer une stratégie d'intendance pour les tourbières boréales[219].
- Le Safe Harbour Agreement (Entente sur les refuges sécuritaires) de l'Ontario est une entente d'intendance entre le Ministère des Richesses naturelles de l'Ontario et soit un propriétaire individuel ou un groupe de propriétaires. En vertu de l'entente, les propriétaires créent, restaurent ou maintiennent sur une base volontaire les habitats rares qui ont une valeur tels que les pâturages ou les milieux humides[220].
- Canards Illimités Canada (DUC) a des programmes dans chacune des provinces de l'écozone+ du Bouclier boréal. Le but de DUC est de protéger 650 000 km^2 dans la zone boréale au moyen d'une combinaison d'aires protégées permanentes et de pratiques d'utilisation des terres durables sur le plan environnemental.
- En réponse à une campagne de Greenpeace et du Natural Resources Defense Council de 2004 à 2009, l'entreprise Kimberly-Clark, qui fabrique des produits de marque Kleenex, Scott et Cottonelle, a annoncé qu'elle cesserait d'acheter des fibres ligneuses provenant de la forêt boréale canadienne qui ne sont pas certifiées par le Forest Stewardship Council en 2012[221].

Écozone+ Boréale de Terre-Neuve : intendance

Une grande partie de l'activité d'intendance dans les milieux humides de l'écozone+ Boréale de Terre-Neuve fait partie du Plan conjoint des habitats de l'Est dans le cadre du Plan nord-américain de gestion de la sauvagine[146]. Un nombre croissant de municipalités partout à Terre-Neuve et au Labrador se sont également engagées à protéger et à améliorer les milieux humides au moyen d'ententes avec le Department of Environment and Conservation de la

province[222]. Par l'intermédiaire de ce partenariat, les municipalités élaborent un plan de conservation pour les milieux humides, aident à restaurer les milieux humides endommagés, fournissent des occasions d'éducation et promeuvent la participation des résidents locaux à l'utilisation et à la protection de leurs ressources. Les municipalités incorporent l'entente d'intendance dans les documents de planification municipale et les règlements connexes. Ces ententes à long terme ont assuré la protection de 142 km² (Figure 43) de zones humides, de terres hautes associées aux milieux humides et d'habitat côtier contre le développement, contribuant ainsi à la conservation de la faune et de son habitat et atténuant les effets des changements climatiques[222].

Les ententes d'intendance ont également leur raison d'être dans le cadre de la préservation, de la protection et du rétablissement des espèces en péril. Des ententes d'intendance portant sur quatre espèces en péril ont été conclues entre le gouvernement de la province et des organismes locaux à l'intérieur des régions de « toundra calcaire » où des plantes rares ont élu domicile. En 2013, 33 municipalités avaient signé les ententes municipales d'intendance[223].

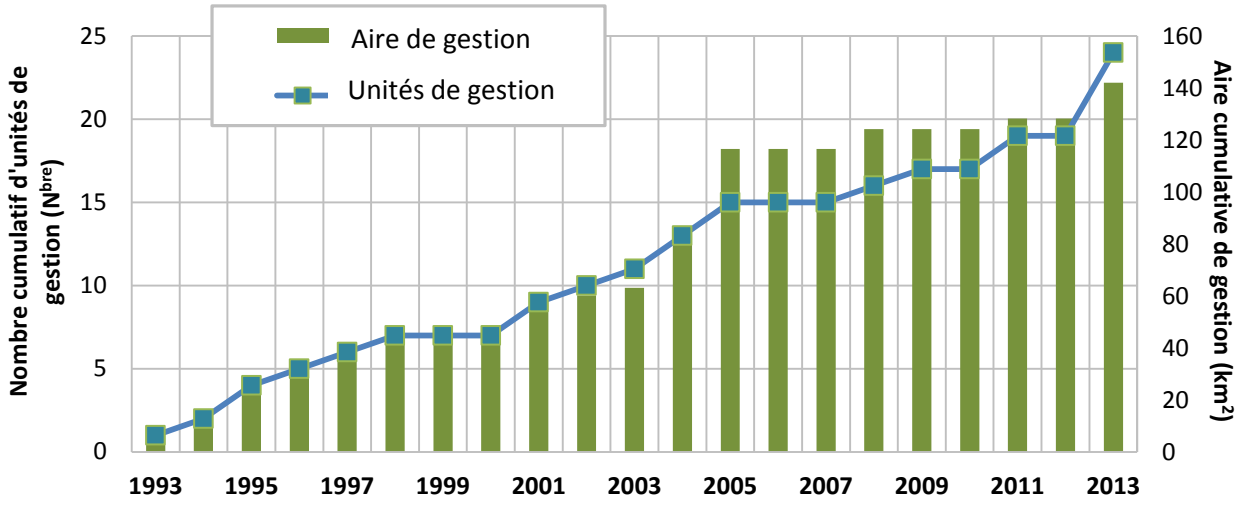


Figure 43. Nombre cumulatif d'unités de gestion et aire totale gérés dans le cadre d'ententes municipales d'intendance dans l'écozone⁺ Boréale de Terre-Neuve, de 1993 à 2013.
Source : Department of Environment and Conservation de Terre-Neuve, données non publiées[224].

Enfin, Ocean Net, une organisation populaire non gouvernementale, a orchestré le nettoyage de plus de 1 600 plages et rivages à Terre-Neuve auquel ont participé plus de 32 000 volontaires communautaires au cours des 10 dernières années[225].

Constatation clé 10 **Thème** Interactions humains-écosystèmes

Espèces non indigènes envahissantes

Constatation clé à l'échelle nationale

Les espèces non indigènes envahissantes sont un facteur de stress important en ce qui concerne le fonctionnement, les processus et la structure des écosystèmes des milieux terrestres, des milieux d'eau douce et d'eau marine. Leurs effets se font sentir de plus en plus à mesure que leur nombre augmente et que leur répartition géographique progresse.

Écozone+ du Bouclier boréal : espèces non indigènes envahissantes

Les espèces envahissantes ont un effet sur la composition et la structure de l'écosystème en supplantant les espèces indigènes et en altérant les processus écologiques[226]. Le climat relativement extrême, une faible biodiversité et une faible disponibilité des ressources dans l'écozone+ du Bouclier boréal ont jusqu'à maintenant opposé une résistance aux invasions d'espèces non indigènes par rapport aux autres écozones+[227]. La plupart des espèces envahissantes apparaissent dans la partie sud de l'écozone+ du Bouclier boréal, dans la forêt des Grands Lacs et du Saint-Laurent (de 82 à 90 espèces), et dans les zones de transition boréales (de 64 à 72 espèces) en Ontario et au Québec (Figure 44)[228]. Le sud-est du Québec et une partie de la forêt-parc à trembles au Saskatchewan se classent deuxième relativement au plus grand nombre d'espèces envahissantes. La troisième position revient au Labrador, au nord et au nord-ouest de l'Ontario et près du lac Winnipeg au Manitoba (de 28 à 36 espèces). La plupart de reste de l'écozone+ du Bouclier boréal comporte de 19 à 27 espèces envahissantes (Figure 44).

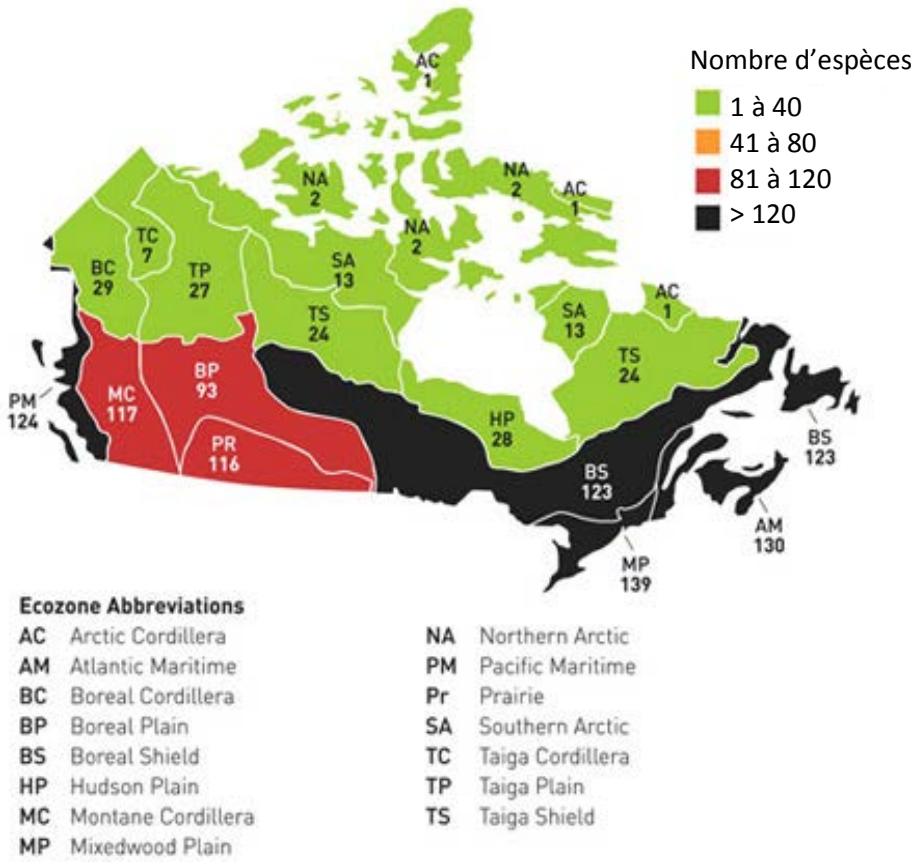


Figure 44. Nombre d'espèces de plantes exotiques envahissantes au Canada par écozone⁺.
Basé sur 162 espèces pour lesquelles les cartes de répartition étaient accessibles.
Source : Agence canadienne d'inspection des aliments, 2008[229]

Les espèces envahissantes sont globalement peu étudiées dans la zone boréale. Une recherche sur Web of Science avec les expressions « invas* » ET « boreal » couvrant les années 1864 à 2011 a seulement conduit à 288 articles scientifiques[230]. Le premier a été publié en 1964 et la plupart de ces articles ne traitaient pas directement des espèces envahissantes dans la forêt boréale. Les espèces envahissantes sont en voie d'envahir la forêt boréale du sud du Québec et de l'Ontario. On s'attend à ce que les changements climatiques et l'exploitation des ressources intensifient l'arrivée et l'établissement d'espèces non indigènes dans cette écozone⁺.

Écozone⁺ du Bouclier boréal : invertébrés non indigènes envahissants

Invertébrés non indigènes envahissants

Les invertébrés non indigènes envahissants terrestres dans la région boréale comprennent les insectes forestiers, les vers de terre et les limaces. Les insectes non indigènes envahissants capables de causer la mortalité ou la défoliation des arbres sont nuisibles sur le plan économique à l'industrie des produits forestiers dans l'écozone⁺ du Bouclier boréal[231]. On retrouve quatre des cinq espèces de mouches à scie européennes phyllophages non indigènes qui s'attaquent aux bouleaux et aux aulnes (*Alnus* spp.) dans l'écozone⁺ du Bouclier boréal[232]. À

l'intérieur de l'écozone+, la grande mineuse du bouleau (*Heterarthrus nemoratus*) se retrouve dans le centre de la Saskatchewan et dans le sud de l'Ontario et du Québec, la petite mineuse du bouleau (*Fenusa pusilla*) et la tenthrède-mineuse de Thomson (*Profenusa thomsoni*) sont concentrées au Québec, la tenthrède mineuse du bouleau (*Fenusella nana*) est présente en Ontario et au Québec et la cinquième espèce, *Scolioneura vicina*, se voyait juste au sud de l'écozone+ en 2009[232].

L'agrile du frêne (*Agrilus planipennis*) est un coléoptère envahissant provenant de Chine et de l'Asie de l'Est qui a envahi l'Ontario et le Québec. En 2008, on le trouvait à Ottawa, à Sault Ste. Marie et à un endroit au Québec[233]. Le frêne de Pennsylvanie (*Fraxinus pennsylvanicus*), le frêne blanc d'Amérique (*F. americanus*), le frêne noir d'Amérique (*F. niger*) et possiblement le frêne bleu (*F. quadralangus*) sont tous touchés par l'agrile du frêne[234]. Le frêne noir d'Amérique, qui s'étend de l'ouest de Terre-Neuve au Manitoba, pourrait diminuer considérablement en abondance dans l'écozone+ du Bouclier boréal en raison de l'infestation d'agriles du frêne [235].

Probablement introduites au cours des années 1700 par les colons européens, les espèces de vers de terre (principalement *Lumbricus terrestris*, *L. rubellus*, *Aporrectodea tuberculata* et *A. turgida*) sont des « ingénieurs d'écosystèmes », des détritivores qui réduisent le contenu organique du sol dans les forêts boréales et qui mélangent les matériaux organiques et minéraux du sol[236, 237]. Non seulement cela réduit-il l'abondance de nombreuses espèces indigènes (y compris les semis d'arbres), mais il en résulte aussi un changement dans la composition de la couverture végétale initialement dominée par les plantes herbacées non graminoïdes qui devient dominée par le carex. En outre, la perturbation des processus du sol peut aussi avoir un effet sur le cycle des éléments nutritifs (une accessibilité réduite, des fluctuations du carbone du sol, et un lessivage accru de l'azote et du phosphore dans le sol[238, 239]) et sur d'autres organismes vivant dans le tapis forestier (p. ex. les microarthropodes et les petits vertébrés)[236, 238].

Les espèces non indigènes de limaces qu'on retrouve dans certaines régions de la forêt boréale d'Amérique du Nord comprennent *Arion hortensis*, *Carinarion fasciatus*, *Deroceras reticulatum* et *A. subfuscus*[240, 241]. Les limaces ont été aperçues dans des lichens et les mousses associées aux épinettes, de même que dans les régions brûlées de l'est du Québec dans l'écozone+ du Bouclier boréal, indiquant qu'elles requièrent un habitat présentant une plasticité phénotypique élevée[240]. Comme les vers de terre, les limaces peuvent altérer l'écosystème, car leur consommation de détritus favorise le cycle du carbone, de l'azote et du phosphore à l'intérieur des écosystèmes. Cependant, il n'existe pas d'études sur l'abondance des limaces et la répartition de leur habitat dans l'ensemble de la forêt boréale de l'Amérique du Nord et, par le fait même, les répercussions écologiques qu'elles peuvent avoir demeurent en grande partie inconnues.

Invertébrés non indigènes envahissants aquatiques

Les Grands Lacs sont des barrières à la propagation des espèces envahissantes terrestres, mais ils sont également un lieu de passage pour celles qui sont aquatiques. Plusieurs espèces aquatiques invertébrées envahissantes sont associées aux voies d'eau des Grands Lacs; parmi les envahisseurs les plus agressifs, tant pour leur taux de propagation que pour leurs

répercussions sur le biote indigène, on compte l'écrevisse américaine (*Orconectes rusticus*), la moule zébrée (*Dreissena polymorpha*) et le cladocère épineux (*Bythotrephes longimanus*).

L'écrevisse américaine

Originaire du Mid West des É.-U., l'écrevisse américaine est un herbivore envahisseur qui est maintenant commun dans plusieurs États du nord et du nord-est ainsi qu'au Canada (Figure 45). On la retrouve dans le sud et le nord-ouest de l'Ontario (p. ex., au lac des Bois, au parc provincial Quetico, au lac Supérieur et dans ses affluents près de Thunder Bay), de même qu'au lac Falcon, qui fait partie du parc provincial Whiteshell dans le sud-est du Manitoba. Cette espèce prend la place de l'écrevisse indigène (*O. virilis* et *O. propinquus*) et réduit la diversité et l'abondance des autres invertébrés[242]. Elle a aussi vraisemblablement une incidence sur le poisson indirectement en altérant les ressources alimentaires (p. ex., l'abondance de macrophytes) et directement par la prédation des œufs[243]. Les activités humaines (p. ex., les pêcheurs qui déversent des seaux à appâts ou des rejets intentionnels par les pêcheurs d'écrevisses commerciaux), auxquelles s'ajoute la connectivité entre les cours d'eau, ont été liées à la propagation de l'écrevisse américaine, qui progresse à un taux moyen de 0,68 km/année[244].

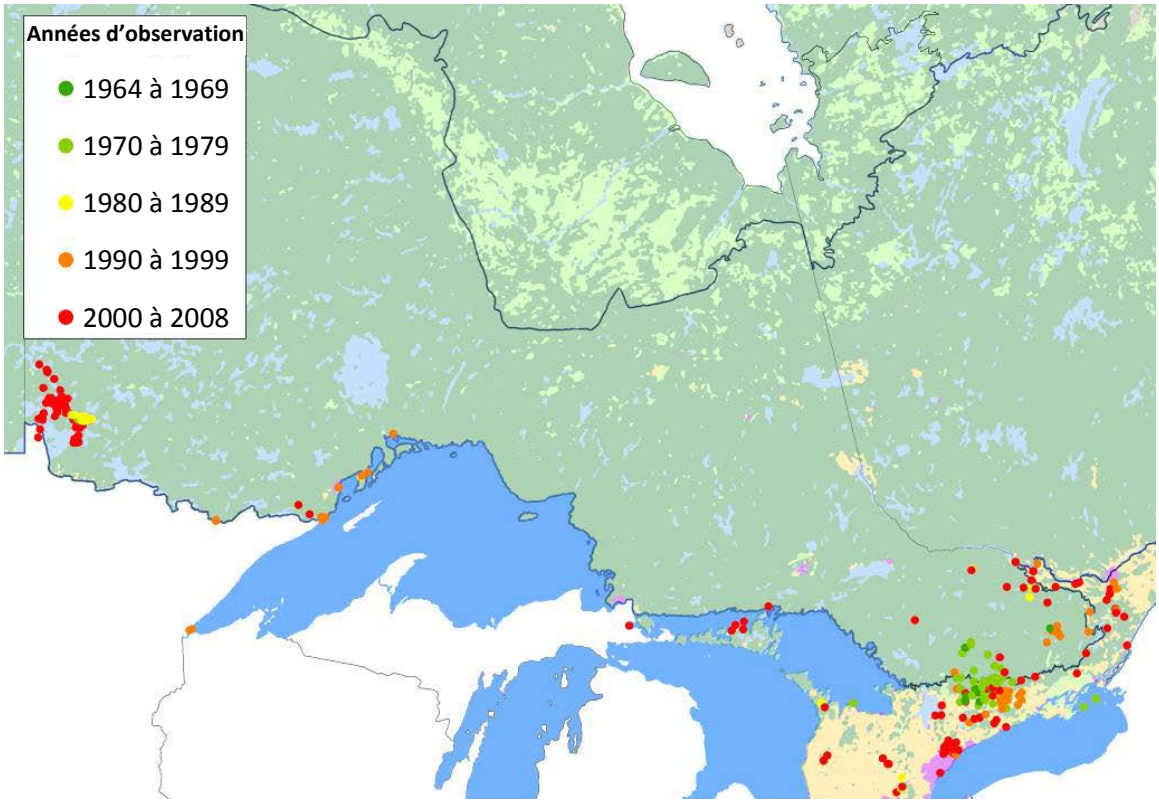


Figure 45. Croissance de la répartition basée sur l'observation d'écrevisse américaine en Ontario en fonction du temps, de 1964 à 2008.
Source : Fédération des chasseurs et des pêcheurs de l'Ontario, 2008[245]

La moule zébrée

La moule zébrée s'est propagée à partir du lac St. Clair près de Détroit en 1988 (Figure 46) et a altéré les écosystèmes des Grands Lacs en réduisant l'abondance de zooplancton (notamment le *Diporeia*) qui est important pour les jeunes poissons. Une diminution des populations et une dégradation de l'état du grand corégone (*Coregonus clupeaformis*), de l'éperlan (de la famille des *Osmeridae*) et du touladi (*Salvelinus namaycush*) dans les Grands Lacs peut être lié aux déclins de *Diporeia*.

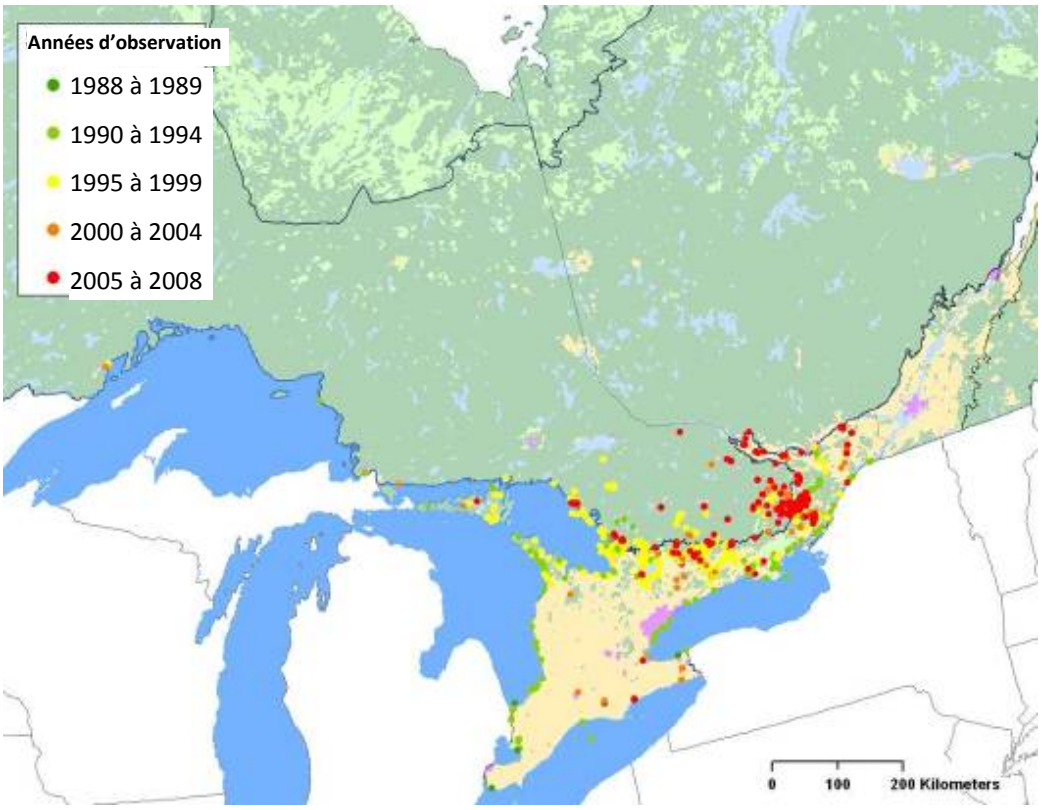


Figure 46. Croissance de la répartition basée sur l'observation de moules zébrées en Ontario en fonction du temps, de 1988 à 2008.
Source : Fédération des chasseurs et des pêcheurs de l'Ontario, 2012[246]

Le cladocère épineux

Le cladocère épineux est une espèce prédatrice envahissante de zooplancton qui réduit la biodiversité du zooplancton des lacs d'eau douce dans le sud de l'écozone+ du Bouclier boréal (Figure 47)[247, 248]. Cette espèce a commencé par envahir les Grands Lacs à partir de l'Eurasie au milieu des années 1980, puis s'est propagée aux lacs intérieurs du Canada et des États-Unis dans les années 1990; elle s'étend maintenant à plus de 70 lacs en Ontario (Figure 48)[249]. Une étude sur 21 ans a révélé que la richesse des espèces de zooplancton crustacé a subi un déclin et que le pH a diminué (7 ans après l'invasion) dans le lac Harp à la suite de l'invasion des cladocères épineux[250]. Ces effets sur la biodiversité des lacs ajoutent du stress à une région déjà touchée par les effets nuisibles de l'acidification[251] et qui se remet à la suite de réductions des émissions de dioxyde de soufre (voir la constatation clé intituléeÉcozone+ du Bouclier boréal : Dépôts acidesÉcozone+ du Bouclier boréal : Dépôts acides à la page 118).

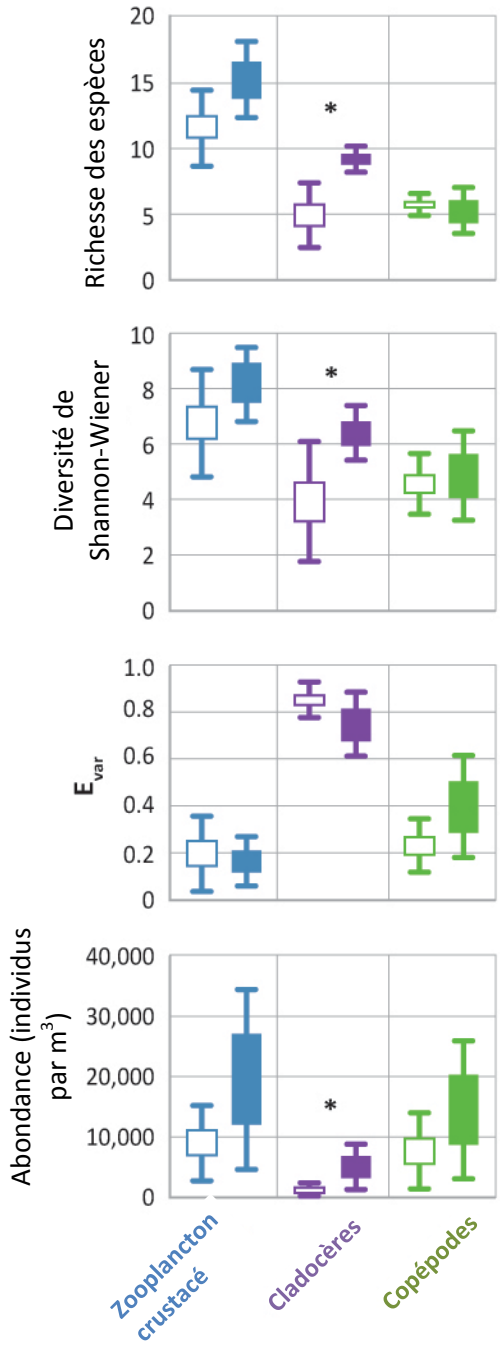


Figure 47. Changements dans a) la richesse des espèces, b) la diversité de Shannon-Wiener, c) E_{var} et d) l'abondance totale (individus par m^3) pour le zooplancton crustacé, les cladocères et les copépodes dans les lacs envahis par le cladocère épineux et dans des lacs de référence du sud de l'écozone$^+$ du Bouclier boréal.
Les lacs envahis ont une boîte ouverte (n = 10 lacs) et les lacs de référence sont dans des boîtes ombrées (n = 4 lacs). Les boîtes ont une erreur-type de ±1 et sont centrées sur la moyenne; les barres représentent l'écart-type et les astérisques (*) indiquent des différences significatives (p < 0,05).
Source : adapté de Strecker et coll., 2006[247]

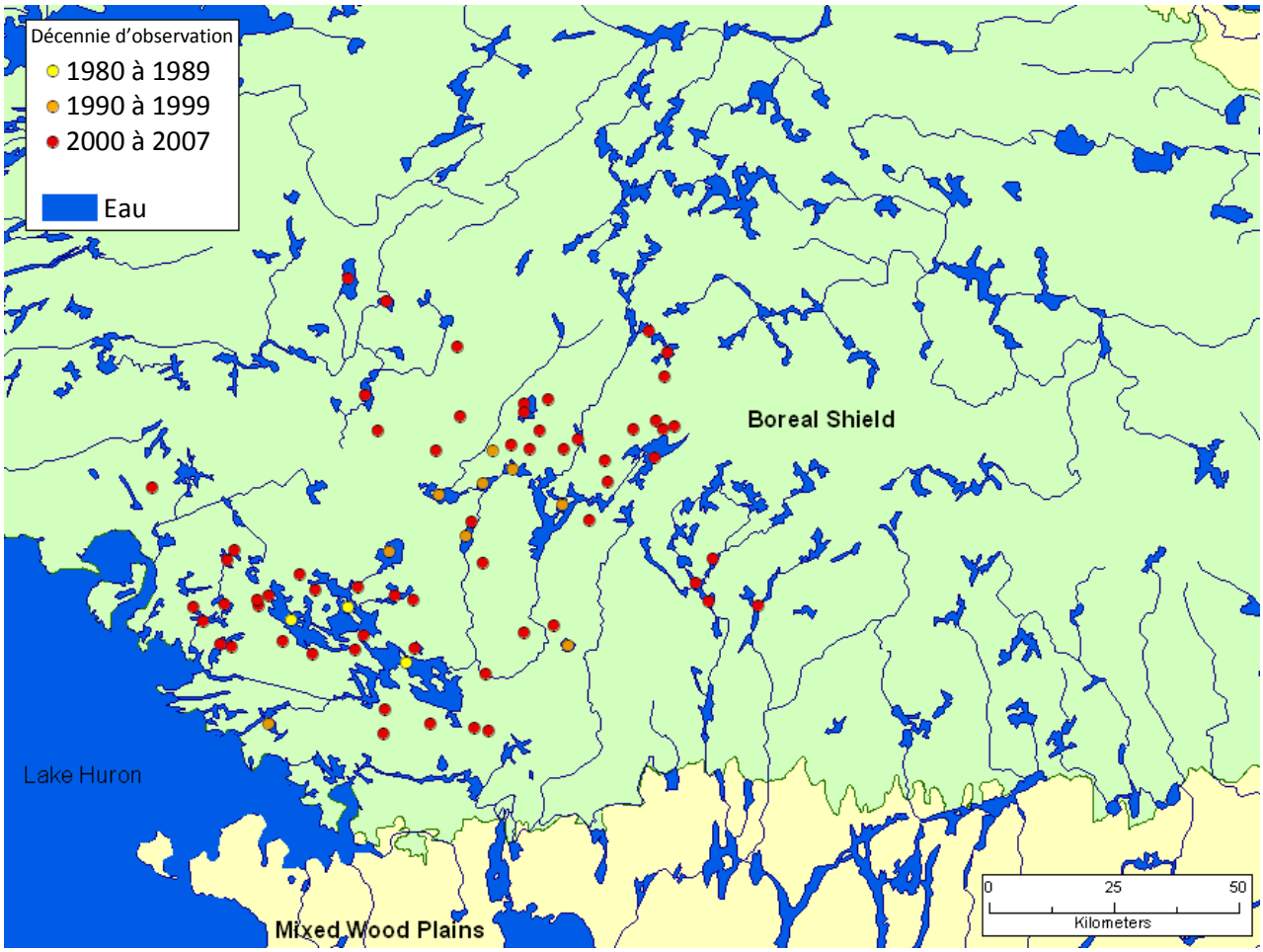


Figure 48. Croissance de la répartition basée sur l'observation de cladocères épineux en Ontario en fonction du temps, de 1980 à 2007.
L'année de l'observation ne correspond pas nécessairement à l'année d'invasion, puisque de nombreux lacs n'ont été échantillonnés que de 2000 à 2007.
Source : Strecker et coll., 2006[248] utilisant des données d'Arnott, 2009[252] et Cairns et coll., 2007[253]

Écozone+ du Bouclier boréal : agents pathogènes envahissants

Les maladies non indigènes des arbres qui menacent la forêt boréale d'Amérique du Nord comprennent le chancre scléroderrien, causé par l'introduction de la souche européenne du pathogène fongique *Gremmeniella abietina* var. *abietina,*[254], ainsi que la rouille vésiculeuse du pin blanc, causée par le champignon rouille *Cronartium ribicola.* Les conditions de température et d'humidité requises pour une infection peuvent être favorables à *Gremmeniella abietina var abietina* dans la forêt boréale de l'Ontario[255], indiquant que le pin rouge (*Pinus resinosa*) boréal de l'Ontario court un risque élevé de maladie si l'agent pathogène est introduit.

La rouille vésiculeuse du pin blanc a été introduite accidentellement dans l'est de l'Amérique du Nord en provenance de l'Europe il y a environ 100 ans[256]. La maladie s'est propagée dans

l'ensemble de l'aire de répartition du pin blanc (*Pinus strobus*), engendrant des taux élevés de mortalité dans les plantations et les peuplements naturels[257]. Sur la base des conditions climatiques propices à une infection, la majorité de l'aire de répartition boréale du pin blanc est désignée de modéré à élevé ou grave en ce qui concerne le niveau de danger d'une infection[258]. En 2011, une nouvelle souche virulente de rouille vésiculeuse du pin blanc a été observée chez les gadelliers d'Amérique (*Ribes nigrum*) contre laquelle ils étaient auparavant immunisés. La nouvelle souche est le résultat d'une mutation ou d'une recombinaison génétique d'une souche nord-américaine du champignon et non d'une nouvelle introduction de la maladie[259].

Écozone⁺ du Bouclier boréal : plantes envahissantes

En 2008, on avait relevé un total de 123 espèces envahissantes dans l'écozone⁺ du Bouclier boréal; l'écozone⁺ du Bouclier boréal est relativement peu envahie et de nombreuses espèces sont peu fréquentes ou peu distribuées[226]. Les espèces de plantes à croissance rapide ne sont typiquement pas adaptées à la faible luminosité, au faible niveau d'éléments nutritifs et au faible pH des sols podzoliques de la forêt boréale[260]. D'autres facteurs qui s'ajoutent à la résistance relative de la forêt boréale aux infestations de plantes non indigènes sont la distance des populations à l'origine des graines, l'absence d'agriculture et les niveaux relativement bas de perturbations anthropiques[261].

La plupart des espèces non indigènes des régions boréales sont des espèces de mauvaises herbes opportunistes. Le caragana arborescent (*Caragana arborescens*), le crépis des toits (*Crepis tectorum*), la vesce jargeau (*Vicia cracca*), le chardon des champs (*Cirsium arvense*) et la centaurée maculée (*Centaurea maculosa*) sont des espèces qui peuvent interférer avec la régénération de la forêt. Seulement deux espèces non indigènes étaient présentes près des routes ou des centres de villégiature dans la forêt boréale de Saskatchewan : le pâturin comprimé (*Poa compressa*) et le pissenlit officinal (*Taraxacum officinale*). Ces espèces ont sans doute été introduites lorsque le bord des routes a été ensemencé pour réduire l'érosion du sol[262].

La salicaire pourpre est arrivée en Amérique du Nord en provenance d'Eurasie au début des années 1800 et elle a envahi les habitats riverains de la partie sud du Bouclier boréal[117, 263]. Cette espèce influe sur le cycle des éléments nutritifs, assèche les milieux humides et peut former des monocultures sur de vastes surfaces[264, 265]. Dans les années 1990, la salicaire pourpre était l'espèce envahissante la plus souvent rapportée dans les réserves nationales de faune et les refuges d'oiseaux migrateurs, surtout dans la zone de l'est du Québec chevauchant les écozones⁺ du Bouclier boréal et des plaines à forêts mixtes[266]. De 1992 à 2009, la salicaire pourpre s'est propagée vers le nord-ouest en Ontario (Figure 49).

Figure 49. Expansion de l'étendue de la salicaire pourpre en Amérique du Nord de 1880 à 1992.
Les surfaces ombrées plus foncées représentent les régions ayant des populations de peuplements denses; les cercles solides représentent une présence individuelle ou locale.
Source : adapté de White et coll., 1993,[117] d'après Hight et Drea, 1991[267] et Thompson et coll., 1987[268]

D'autres plantes envahissantes sont situées à la frontière sud de l'écozone+ du Bouclier boréal dont le myriophylle en épi (*Myriophyllum spicatum*) (Figure 50) et l'alliaire officinale (*Alliaria petiolata*) (Figure 51).

Figure 50. Expansion de l'étendue du myriophylle en épi en Amérique du Nord de 1950 à 1985.
Les cercles pleins représentent une présence individuelle ou locale.
Source : adapté de White et coll., 1993,[117] après Aiken et coll., 1979[269] et Couch et Nelson, 1985[270].

Figure 51. Distribution généralisée d'alliaire officinale en Amérique du Nord selon les spécimens et la flore d'herbiers.
Les cercles pleins représentent une présence individuelle ou locale. L'alliaire officinale n'a pas été observée au site de Gaspé depuis 1891.
Source : adapté de White et coll., 1993[117]

Écozone+ Boréale de Terre-Neuve : espèces non indigènes envahissantes

La flore et la faune indigènes de l'écozone+ Boréale de Terre-Neuve sont moins diversifiées que de nombreuses communautés sur le continent, et les espèces non originaires de cette écozone+ insulaire constituent une portion comparativement élevée du total des espèces présentes (Figure 52)[271, 272]. Les introductions accidentelles et intentionnelles se produisent depuis le début du 16e siècle[273-276].

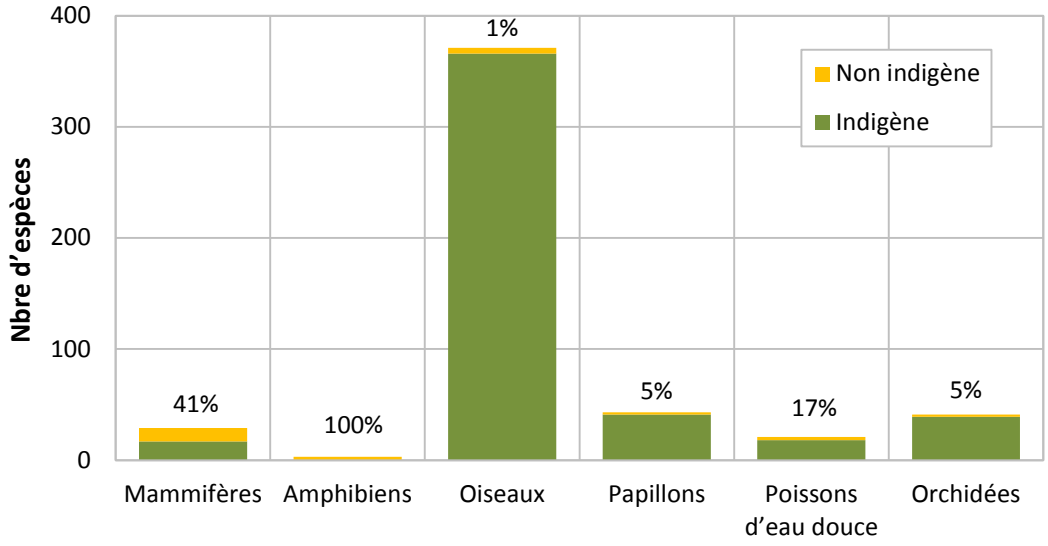


Figure 52. Espèces non indigènes de l'écozone+ Boréale de Terre-Neuve, 2000.
Source : Conseil canadien de conservation des espèces en péril, 2000[272]

Écozone+ Boréale de Terre-Neuve : mammifères envahissants

En plus des 17 mammifères indigènes, on compte 12 espèces de mammifères non indigènes établies dans l'écozone+[272]. Parmi celles-ci, on retrouve l'orignal, le lièvre d'Amérique (*Lepus americanus*), la musaraigne cendrée (*Sorex cinereus*), l'écureuil roux (*Tamiasciurus hudsonicus*), le vison d'Amérique (*Mustela vison*) et le coyote (*Canis latrans*), un colonisateur récent qui est maintenant répandu dans l'ensemble de l'écozone+[272]. Il y a une discussion sur les coyotes dans la constatation clé intitulée Écozone+ du Bouclier boréal : réseaux trophiques à la page 172.

L'orignal a été introduit avec succès à Terre-Neuve en 1904 et a rapidement colonisé l'île. L'abondance de fourrage, une compétition négligeable de la part des herbivores indigènes[96] et un déficit de prédation après l'extirpation de leur prédateur principal, le loup (*Canis lupus*), dans les années 1930[277] ont produit des conditions idéales pour une croissance de la population d'orignaux. Les caribous occupent actuellement toutes les écorégions de l'île, leur densité dans les habitats principalement boisés dépassant dans de nombreux cas 4 orignaux/km^2 (> 1 000 kg/km^2)[96]. La population de l'île, qui s'élève à 125 000 orignaux, représente plus de 10 % du nombre total d'orignaux sur le continent (1,05 million), tandis que la surface totale de l'île, y compris les régions non propices à l'orignal, constitue moins de 2 % de l'étendue continentale

estimée de l'orignal[96]. L'accroissement de la population s'est encore amplifié au parc national du Canada du Gros-Morne et au parc national du Canada Terra-Nova, où la chasse à l'orignal est interdite depuis leur établissement en 1973 et 1957, respectivement. Par exemple, dans le parc national du Canada du Gros-Morne, les populations d'orignaux sont passées de 0,14 orignal/km^2 en 1971 à 5 orignaux/km^2 dans les forêts des basses terres qu'ils préfèrent au dernier relevé de 2007[99, 278]. Afin de préserver l'intégrité écologique de ces parcs nationaux, la chasse annuelle à l'orignal a débuté en 2011-2012.

Les écureuils roux, introduits en 1963, fourragent abondamment dans les graines des arbres producteurs de cônes[279] qui sont aussi la source de nourriture préférée de nombreuses espèces d'oiseaux indigènes, y compris le bec-croisé des sapins (*Loxia curvirostra*), une espèce en voie de disparition. Les écureuils roux attaquent aussi fréquemment les nids des oiseaux indigènes[280]. Ils ont également eu une incidence négative significative sur les efforts de reforestation du pin blanc dans l'écozone+ Boréale de Terre-Neuve[281] et ont réduit la régénération du sapin baumier et de l'épinette noire par la prédation des cônes avant leur dispersion[279, 282].

Les petits mammifères non indigènes augmente partout dans l'écozone+[285]. En 2001, 91% des petits mammifères capturés dans les forêts du parc national du Gros-Morne étaient des espèces non indigènes[99]. Les mammifères non indigènes pourraient être en train de changer la régénération de la forêt. Le lièvre d'Amérique se nourrit abondamment d'espèces feuillues ligneuses[281], et les petits mammifères tels que le campagnol sont des consommateurs voraces de semences d'arbres et de semis nouvellement poussés[103, 283, 284].

Écozone+ Boréale de Terre-Neuve : plantes envahissantes

Plus de 35 % des espèces de plantes dans l'écozone+ ne sont pas indigènes[287]. Les plantes non indigènes sont le plus souvent associées aux régions perturbées par l'humain comme les établissements, le bord des routes et les champs abandonnés[288, 289].

Deux des plantes les plus envahissantes des forêts de la Boréale de Terre-Neuve sont le chardon des champs (*Cirsium arvense*) et le tussilage pas-d'âne (*Tussilago farfara*). Ces deux espèces forment des zones denses capables de supplanter les espèces indigènes[103, 290, 291]. Dans le parc national du Canada Gros-Morne, les sites contenant les plus grandes quantités de plantes non indigènes envahissantes présentaient une moindre abondance de plantes avasculaires par rapport aux sites non envahis[101]. Les perturbations ont favorisé la prévalence de chardon des champs. Bien que le chardon des champs réduise l'apparition de semis de sapin baumier, il protège en même temps les semis du broutage des orignaux, une autre espèce introduite[292]. La prolifération du tussilage pas-d'âne dans les perturbations de la forêt partout dans le parc national du Canada du Gros-Morne a commencé en 1973 lorsque le parc a ouvert ses portes au public; cette plante présente une densité qui ne se voit nulle part ailleurs à Terre-Neuve sauf entre le parc et Channel-Port aux Basques, où arrive le traversier du Canada continental[290]. Son invasion des aires naturelles du parc national a été grandement facilitée par les activités de gestion. L'importation d'agrégats de substrat dans le parc pour neutraliser ou enterrer les sols acides non favorables a également apporté des fragments de rhizome dérivés des plantes de tussilage pas-d'âne établies dans des dépôts en tas d'agrégats[290].

Écozone+ Boréale de Terre-Neuve : amphibiens envahissants

L'écozone+ Boréale de Terre-Neuve n'a pas de faune indigène d'amphibiens, mais quatre espèces non indigènes y sont actuellement établies : la grenouille verte (*Rana clamitans*), le crapaud d'Amérique (*Bufo americanus*), la grenouille des bois (*R. sylvatica*) et la grenouille du Nord (*R. septentrionalis*)[293]. La grenouille verte est distribuée dans l'ensemble de l'écozone+[294], tandis que le crapaud d'Amérique, la grenouille des bois et la grenouille du Nord se limitent à la portion ouest de l'île[293].

Le crapaud d'Amérique et la grenouille verte sont grandement mobiles et peuvent parcourir de longues distances sur les terres[295]. Des crapauds d'Amérique sont établis sur la côte ouest et ont été transplantés sur la presqu'île Avalon et le centre de l'île de Terre-Neuve. Il semble que la dissémination de la grenouille des bois ne se fera que progressivement puisque la plupart des spécimens sont très attachés à l'étang où il se reproduisent [293]. La grenouille des bois est bien établie dans la région de Corner Brook [293, 295]. En 2001, l'expansion vers le nord de ces espèces semblait s'être arrêtée dans la partie sud du parc national du Canada du Gros-Morne (Figure 53)[293]. Les répercussions potentielles de l'expansion de ces espèces non indigènes sur la biodiversité indigène sont inconnues.

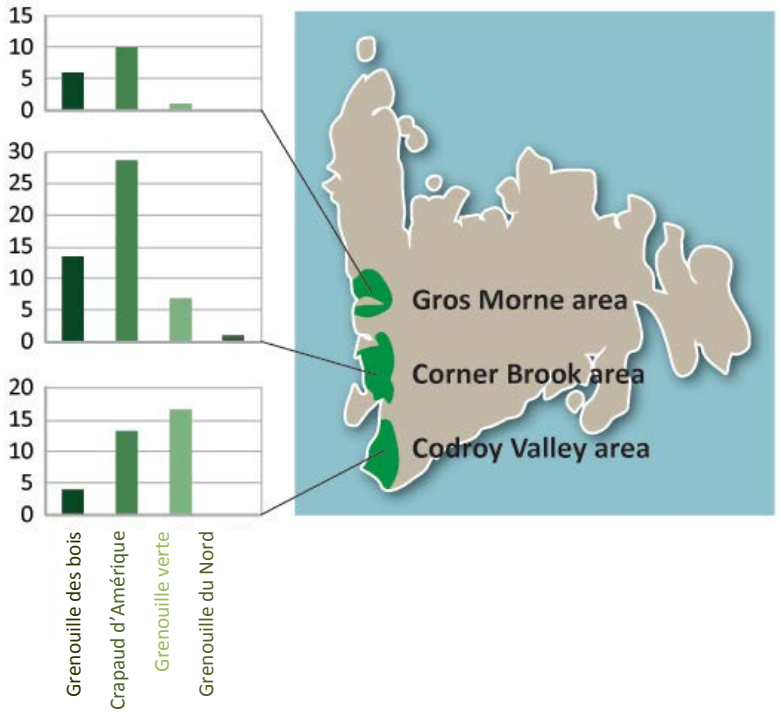


Figure 53. Nombre de sites (max = 3) dans chacune des trois régions où les espèces de grenouilles et de crapaud ont été relevées dans l'ouest de Terre-Neuve, 2001-2002.
Source : adapté de Campbell et coll., 2004[293]

Écozone⁺ Boréale de Terre-Neuve : invertébrés terrestres envahissants

L'écozone⁺ Boréale de Terre-Neuve contient toute une série d'invertébrés terrestres envahissants. Terre-Neuve-et-Labrador abrite 456 espèces d'arthropodes non indigènes[296], St. John's constitue un point d'entrée important pour l'introduction d'arthropodes non indigènes dans l'écozone⁺ de même que dans le pays[296]. L'écozone⁺ Boréale de Terre-Neuve contient au moins 10 espèces de limaces établies (*Arion* spp., *Limax* spp. et *Deroceras* spp.) et toutes sauf une (*Deroceras laeve*) sont non indigènes[297]. Les limaces sont des consommatrices voraces des semis d'arbres nouvellement poussés[284, 298] et menacent les premiers stades d'établissement du sapin baumier et d'autres arbres indigènes[283, 284]. Terre-Neuve-et-Labrador compte 12 espèces de vers de terre dont aucune n'est indigène[299]. L'incidence des vers de terre dans l'écozone⁺ Boréale de Terre-Neuve est basée sur des suppositions, mais comme les vers de terre peuvent grandement modifier les propriétés de la litière et changer la structure, la chimie et les microorganismes du sol[300], il est probable que ces espèces aient eu une incidence significative sur la dynamique du tapis forestier et sur le cycle des éléments nutritifs. Le nématode doré (*Globodera rostochiensis*) et le nématode à kystes pâles (*G. pallid*), qui ont été introduits, infestent les sols et sont considéré comme des organismes nuisibles de quarantaine, car si on ne les gère pas, ils peuvent réduire la production de pommes de terre et d'autres cultures hôtes d'une proportion allant jusqu'à 80 %[301]. Au Canada, le nématode doré se retrouve seulement à Terre-Neuve, sur l'île de Vancouver, au Québec et en Alberta. Le nématode à kystes pâles est seulement présent dans l'écozone⁺ Boréale de Terre-Neuve[301]. Ces organismes nuisibles sont très difficiles à éradiquer puisqu'ils peuvent survivre à l'état dormant dans le sol pour plusieurs décennies. Des mesures de quarantaine strictes sont en places afin de prévenir la propagation potentielle de ces nématodes à kystes pâles[301].

D'autres insectes introduits ont eu des répercussions majeures sur les forêts à l'intérieur de l'écozone⁺ Boréale de Terre-Neuve. Le puceron lanigère du sapin (*Adelges piceae*) a été introduit à Terre-Neuve dans les années 1930; il a tué des peuplements de sapins baumiers, causant des pertes financières considérables aux opérations sylvicoles[281]. Le perce-pousse européen (*Rhyacionia buoliana*) est un insecte ravageur nouvellement introduit à Terre-Neuve dont les infestations, ces dernières années, se sont propagées dans les plantations de pin rouge du centre de Terre-Neuve, causant des déformations d'envergure aux arbres âgés de moins de 25 ans[281].

Écozone⁺ Boréale de Terre-Neuve : maladies invasives

La souche européenne du chancre scléroderrien (*Gremmeniella abietina* var. *abietina*) a d'abord été constatée dans l'écozone⁺ Boréale de Terre-Neuve en 1979 et la première infection majeure de cette maladie a eu lieu en 1981 lorsqu'elle a détruit une plantation de pins rouges près de Torbay, située à 10 km au nord de St. John's. De façon périodique depuis ce temps, on a assisté à plusieurs flambées de cette maladie, causant une mortalité considérable, principalement chez les pins rouges et les pins sylvestres (*Pinus sylvestris*). Tout au long du milieu des années 1990, il y a eu des cas de cette maladie dans l'ensemble de la presqu'île Avalon[302]. Une infection majeure a détruit la plantation de pins rouges de Tilton Barrens en 1996. Une zone de quarantaine visant à limiter la propagation de la maladie a été établie pour la presqu'île Avalon en 1980, appliquant des restrictions sur tout déplacement de stock de pin dur vers l'extérieur. Pourtant,

en 2007, une éclosion de chancre scléroderrien est apparue dans une plantation de pins rouges du centre de Terre-Neuve. Les efforts se poursuivent en vue de mettre en quarantaine l'éclosion et de contrôler toute propagation future de la maladie.

La rouille vésiculeuse du pin blanc (*Cronartium ribicola*) est une maladie introduite grave qui touche le pin blanc dans toute son aire de répartition[303]. Elle a été introduite en Amérique du Nord à partir de l'Europe vers 1900 et s'est propagée rapidement dans l'ensemble du nord-est de l'Amérique du Nord par la voie de matériel de pépinière infecté. Cette maladie touche le pin blanc en infectant ses aiguilles et entraîne la formation de chancre pérennant qui ceint les branches et le tronc, causant de la mortalité dans les arbres[304]. Depuis l'introduction de la rouille vésiculeuse du pin blanc dans l'écozone+ Boréale de Terre-Neuve, la maladie a infecté des pins blancs dans l'aire de répartition entière de l'arbre[303] et les dommages causés ont été dévastateurs[304]. Dans l'écozone+ Boréale de Terre-Neuve, les populations de pins blancs, qui formaient auparavant une partie dominante du couvert forestier, ont chuté pour ne former qu'une composante mineure de peuplements restreints[304].

Écozone+ Boréale de Terre-Neuve : invertébrés aquatiques envahissants

En 2005, le ministère des Pêches et de l'Aquaculture de Terre-Neuve-et-Labrador, en collaboration avec Pêches et Océans Canada (POC) et la Memorial University of Newfoundland, a lancé un programme de surveillance des espèces aquatiques dans l'écozone+ Boréale de Terre-Neuve. Ce programme effectue la surveillance d'espèces envahissantes sur une base continue à l'intérieur des ports à risque élevé, des relevés de bouées de navigation, la surveillance des sites d'aquaculture et des relevés semestriels à l'échelle de la province de clubs de navigation de plaisance, des rives et des ports à risque élevé. En 2007, ce programme avait identifié et confirmé quatre espèces aquatiques envahissantes :

Le bryozoaire croûte de dentelle

Le bryozoaire croûte de dentelle, aussi appelé membranipora, est un épiphyte qui encroûte les frondes de diverses espèces de varech macrophyte vivant dans la partie inférieure de la zone intertidale ou dans la zone subtidale et qui cause la fragmentation et la défoliation du varech sous l'action de fortes vagues[305, 306]. L'espèce a d'abord été notée dans le golfe du Maine en 1987 où elle est devenue en deux ans l'épiphyte dominant sur le varech *Laminaria*. En Nouvelle-Écosse, *Membranipora* a d'abord été vue dans les années 1990[307]. Les ectoproctes ont été remarqués en 2002 à la baie Bonne, à T.-N.-L.; ils ont été découverts plus tard près de l'île Merasheen, dans la baie Placentia, dans le cadre du programme de surveillance des espèces aquatiques en 2005[308]. Depuis 2005, cette espèce a été remarquée en grande quantité dans toutes les régions côtières de l'écozone+ Boréale de Terre-Neuve[308] et a dévasté les peuplements d'algues brunes, qui sont des habitats essentiels pour les poissons au stade juvénile, sur les côtes ouest et sud-ouest de l'île de Terre-Neuve[308, 309].

Le botrylle étoilé

Le botrylle étoilé (*Botryllus schlosseri*) a été remarqué en 2006 à Argentia, dans la baie Placentia, et a ensuite été vu dans toute la baie Placentia et à Hermitage[308]. Dans les provinces maritimes, ce tunicier colonial est l'une des quatre espèces de tuniciers qui ont une incidence minimale sur

l'industrie mytilicole, et pourtant, on considère qu'il présente un risque élevé[308]. Ses répercussions potentielles à Terre-Neuve-et-Labrador ne sont pas connues, donc des contrôles ont été mis en place sur le transfert des moules afin de prévenir le déplacement des tuniciers.

Le botrylloïde violet

Le botrylloïde violet (*Botryloides violaceus*) a d'abord été découvert en 2007 à Belleoram, dans la baie de Fortune[308]. Ce tunicier colonial a eu un impact à la fois écologique et économique sur l'industrie mytilicole dans les provinces maritimes et a été désigné comme représentant un « risque élevé » par une évaluation nationale des risques[308]. On considère que cette espèce est un organisme considérablement plus salissant que le botrylle étoilé, mais, en même temps, il a une distribution très limitée dans la baie de Fortune[308]. Le Ministère des Pêches et de l'Aquaculture s'emploie, en collaboration avec POC et la Newfoundland and Labrador Aquaculture Industry Association, à évaluer l'incidence potentielle de ces deux espèces de tuniciers à Terre-Neuve-et-Labrador ainsi qu'à fournir des stratégies pour les amenuiser et peut-être les éradiquer.

Le crabe européen

Le crabe européen (*Carcinus maenas*), ou crabe vert, est d'abord apparu en 2007 dans l'écozone+ Boréale de Terre-Neuve à North Harbour, dans la baie Placentia[308]. Cet envahisseur aquatique, qui a retenu l'attention au Canada et dans une grande partie du monde, est sur la liste des 100 pires espèces non indigènes envahissantes dans le monde[310]. Déjà à partir des années 1950, il constituait un organisme nuisible dans les Maritimes[311]. Cette espèce l'emporte sur les homards et les autres crabes et se nourrit aussi de homards juvéniles[309]. Ailleurs, l'espèce est reconnue pour causer un tort écologique important et détruire les habitats principaux des stocks de mollusques et crustacés et les alevinières des jeunes poissons lorsqu'elle creuse le fond de l'océan[311]. Le crabe européen s'attaque voracement aux mollusques bivalves sauvages et d'élevage tels que les myes, les mactres d'Amérique, les huîtres et les moules[309].

Le degré de ses répercussions potentielles dans l'écozone+ Boréale de Terre-Neuve n'est pas encore clair. Un projet pilote sur l'atténuation des répercussions du crabe européen à North Harbour a été lancé par Fish, Food and Allied Workers Union (FFAW) et financé par le gouvernement provincial[312]. Ce projet comporte à la fois une pêche ciblée du crabe européen et une campagne d'éducation du public, et a pour but de recueillir des renseignements afin d'aider les gouvernements fédéral et provinciaux de même que l'industrie à prévenir la propagation du crabe européen à d'autres endroits[312].

En plus des espèces ci-dessus, le programme de surveillance des espèces aquatiques surveille étroitement les rives des envahisseurs à risque élevé qui ne sont pas actuellement détectés dans l'écozone+ Boréale de Terre-Neuve afin de prévenir des invasions potentielles dans le futur. Ces espèces non détectées à risque élevé comprennent l'ascidie jaune (*Ciona intestinalis*), le codium (*Codium fragile*), l'ascidie plissée (*Styela clava*) et l'espèce *Didemnum*, entre autres[308].

Dans l'écozone+ Boréale de Terre-Neuve, la baie Placentia est une région présentant un risque particulièrement élevé en ce qui concerne l'introduction d'espèces aquatiques non indigènes, car elle est une plaque tournante pour la pêche et le transport commerciaux et c'est là que se

trouve la plus grande zone portuaire de manutention de produits pétroliers au Canada (Come by Chance, Terre-Neuve-et-Labrador). Au total, 564 entreprises de pêche commerciale, 870 navires et 12 usines de transformation sont établis dans ses ports. Il y a de la construction maritime dans plusieurs de ses multiples ports et la baie fournit également un lien de transport et d'expédition au Canada continental (c.-à-d. à North Sydney, en Nouvelle-Écosse) et aux collectivités côtières[308].

Écozone⁺ Boréale de Terre-Neuve : poisson envahissant

Les écosystèmes d'eau douce dans l'écozone⁺ Boréale de Terre-Neuve ont connu relativement peu d'introductions de poisson par rapport à de nombreuses autres régions[313]. L'ichtyofaune indigène d'eau douce de l'île de Terre-Neuve se compose de 15 espèces. Trois espèces de salmonidés ont été introduites avec succès dans l'écozone⁺ durant les années 1880 afin de tenter d'augmenter les stocks pour les pêches en eaux douces : la truite de mer (*Salmo trutta*), la truite arc-en-ciel (*Oncorhynchus mykiss*) et le grand corégone[314]. Cette dernière espèce n'a que deux populations établies près de St. John's et n'est pas envahissante à Terre-Neuve[314]. Les individus qui s'échappent des aquacultures sont aussi abondants dans l'environnement marin et peuvent représenter une menace pour les espèces indigènes de poissons, mais l'état de ces populations n'est pas connu[314, 315].

Dans l'écozone⁺ Boréale de Terre-Neuve, la truite de mer a étendu son aire de répartition des sites d'ensemencement originaux, développé des migrations anadromes et établi des populations dans l'ensemble de la presqu'île Avalon[314] et dans la baie Trinity[308]. Elle a aussi colonisé de nouveaux cours d'eau de la péninsule de Burin jusqu'à Cape Freels[308]. Les populations de truite de mer ont le dessus sur les populations d'omble de fontaine et de saumon atlantique (*Salmo salar*) en ce qui a trait à l'habitat[316, 317]. L'hybridation de la truite de mer avec le saumon atlantique, ou, rarement, avec l'omble de fontaine menace encore davantage les espèces indigènes[314].

La distribution de truites arc-en-ciel s'est également agrandie par rapport aux sites d'ensemencement originaux. L'espèce a développé des migrations anadromes et est commune dans certains systèmes de la presqu'île Avalon et dans les systèmes de rivière distincte de l'écozone⁺ Boréale de Terre-Neuve[314, 315]. Dans certaines régions, elle a déplacé l'omble de fontaine indigène[314]. De plus, la truite arc-en-ciel juvénile prise les mêmes habitats et la même nourriture que le saumon juvénile, ce qui cause des interactions négatives entre les deux espèces[314, 318].

En plus des incidences sur le plan génétique et concurrentiel, le fait d'être la proie à la fois de la truite de mer et de la truite arc-en-ciel a eu des répercussions sur les populations de poissons indigènes et a entraîné des effets irréversibles sur les populations de salmonidés là où ils ont été introduits dans l'ensemble de l'Amérique du Nord[314, 319].

Constatation clé 11 **Thème** Interactions humains-écosystèmes

Contaminants

Constatation clé à l'échelle nationale

Dans l'ensemble, les concentrations d'anciens contaminants dans les écosystèmes terrestres et dans les écosystèmes d'eau douce et d'eau marine ont diminué au cours des 10 à 40 dernières années. Les concentrations de beaucoup de nouveaux contaminants sont en progression dans la faune; les teneurs en mercure sont en train d'augmenter chez certaines espèces sauvages de certaines régions.

Écozone+ du Bouclier boréal : contaminants

Contamination par le mercure

Le mercure est un contaminant central pour l'écozone+ du Bouclier boréal en raison des effets neurotoxiques qu'il peut avoir sur les organismes[320] et du fait que l'activité anthropique au 20e siècle a triplé la quantité de mercure (Hg) dans l'atmosphère et à la surface des océans par rapport à la concentration de fond mondiale[321]. Le méthylmercure (MeHg), une forme organique, demeure dans le biote plus efficacement que le Hg inorganique. Le MeHg, qui présente un facteur de bioaccumulation de 10 millions, s'accumule dans les espèces d'organismes vivants aux plus hauts niveaux trophiques[322], faisant en sorte que la teneur en Hg dans le poisson est beaucoup plus élevée que les concentrations retrouvées dans l'eau environnante. Les humains et la faune dont l'apport alimentaire comprend une grande part de poisson présentent une teneur élevée en Hg ainsi que des effets néfastes sur la santé[320, 323, 324].

Les concentrations de mercure dans l'air à l'intérieur ou à proximité de l'écozone+ du Bouclier boréal ont diminué (de -5,1 % à -10,4 %) entre le milieu ou la fin des années 1990 et 2005[325]. Cependant, étant donné une grande variabilité interannuelle, aucun changement concernant le dépôt atmosphérique de Hg n'a été mesuré à la région des lacs expérimentaux (RLE) au nord-ouest de l'Ontario, une station de surveillance à long terme du Hg depuis 1992 (Figure 54)[326]. De la même manière, on n'a détecté aucun changement des concentrations de Hg dans les précipitations à une station de surveillance au nord-est du Québec entre les années 2000 à 2005[327]. Bien que des tendances observables dans la charge de Hg des lacs puisse être difficiles à discerner sur une échelle de 5 à 10 ans, plusieurs études ont constaté des élévations de la teneur en Hg dans les sédiments lacustres entre l'ère préindustrielle et l'ère post-industrielle en Amérique du Nord dans l'ensemble de l'écozone+ du Bouclier canadien en Ontario et au Québec (Figure 55)[328-330].

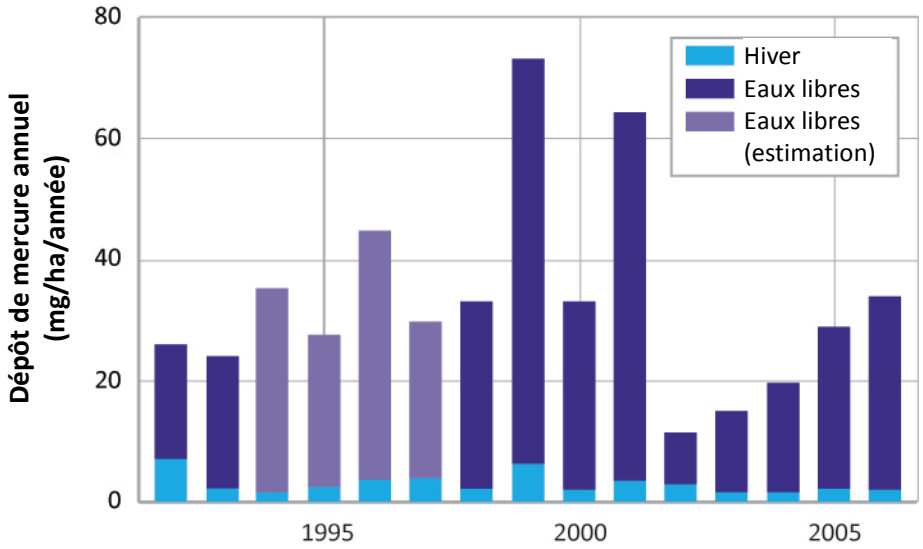


Figure 54. Dépôt annuel de l'hiver et de la saison des eaux libres (c.-à-d. de la fin du printemps à l'automne) de Hg total de la précipitation en espace découvert dans la région des lacs expérimentaux (RLE) du nord-ouest de l'Ontario de 1992 à 2006.
Pour les années où la pluie n'a pas été recueillie, les eaux libres ont été estimées en vue de l'analyse du Hg total. Les charges totales de Hg pour ces années ont été estimées à l'aide des concentrations moyennes à long terme dans la pluie dans la RLE.
Source : adapté de Graydon et coll., 2008[326]

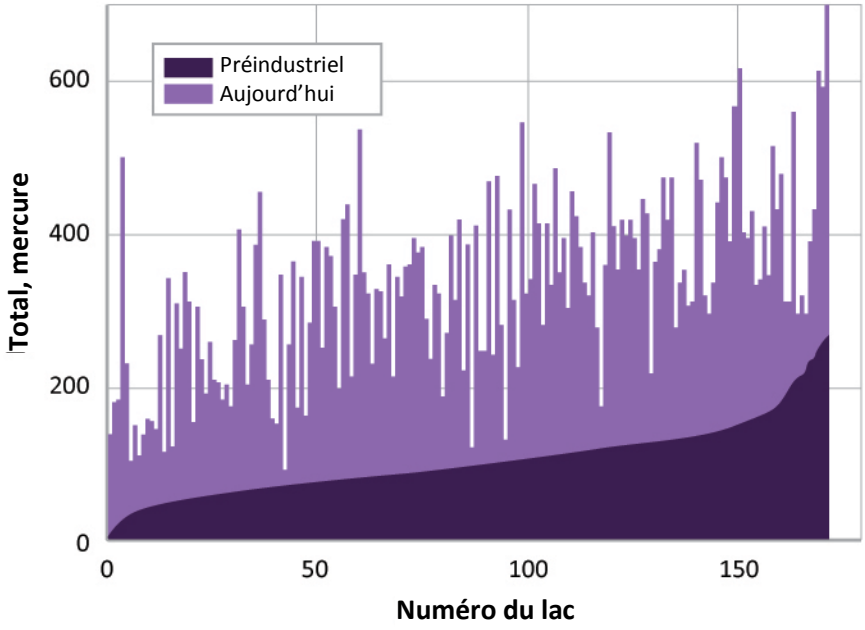


Figure 55. Teneurs en mercure de sédiments de l'ère préindustrielle et d'aujourd'hui recueillis dans la zone profonde de 171 lacs du sud et du centre de l'Ontario.
La zone profonde est une zone basse d'un plan d'eau libre intérieur. Elle se trouve sous la partie où la lumière peut pénétrer efficacement et se situe typiquement sous la thermocline, la zone verticale de l'eau pour laquelle la température descend rapidement.
Source : Mills et coll., 2009[330]

La foresterie et la construction de barrages dans l'écozone[+] du Bouclier boréal ont altéré les écosystèmes, entraînant à leur suite l'élévation des teneurs de Hg dans l'eau et le poisson, puis une diminution dans les années et les décennies qui suivent la perturbation (Figure 56)[331-333]. Dans une étude des réservoirs hydroélectriques du Québec, la construction de barrages a exporté le Hg en aval dans des réservoirs successifs, surtout par des particules en suspension et par le zooplancton, ce qui augmente le niveau de Hg dans le poisson en aval[332]. L'augmentation de MeHg était temporaire, car seulement une partie de la végétation et des sols s'est décomposée aisément : surtout des herbages, des mousses, des lichens, des feuilles et la litière à la surface du sol. Ces composantes se sont décomposées en cinq à huit ans après l'inondation tandis que la majorité de la biomasse forestière inondée, telle que les branches, les troncs et les racines des arbres peut résister à la décomposition pendant jusqu'à 60 ans[333].

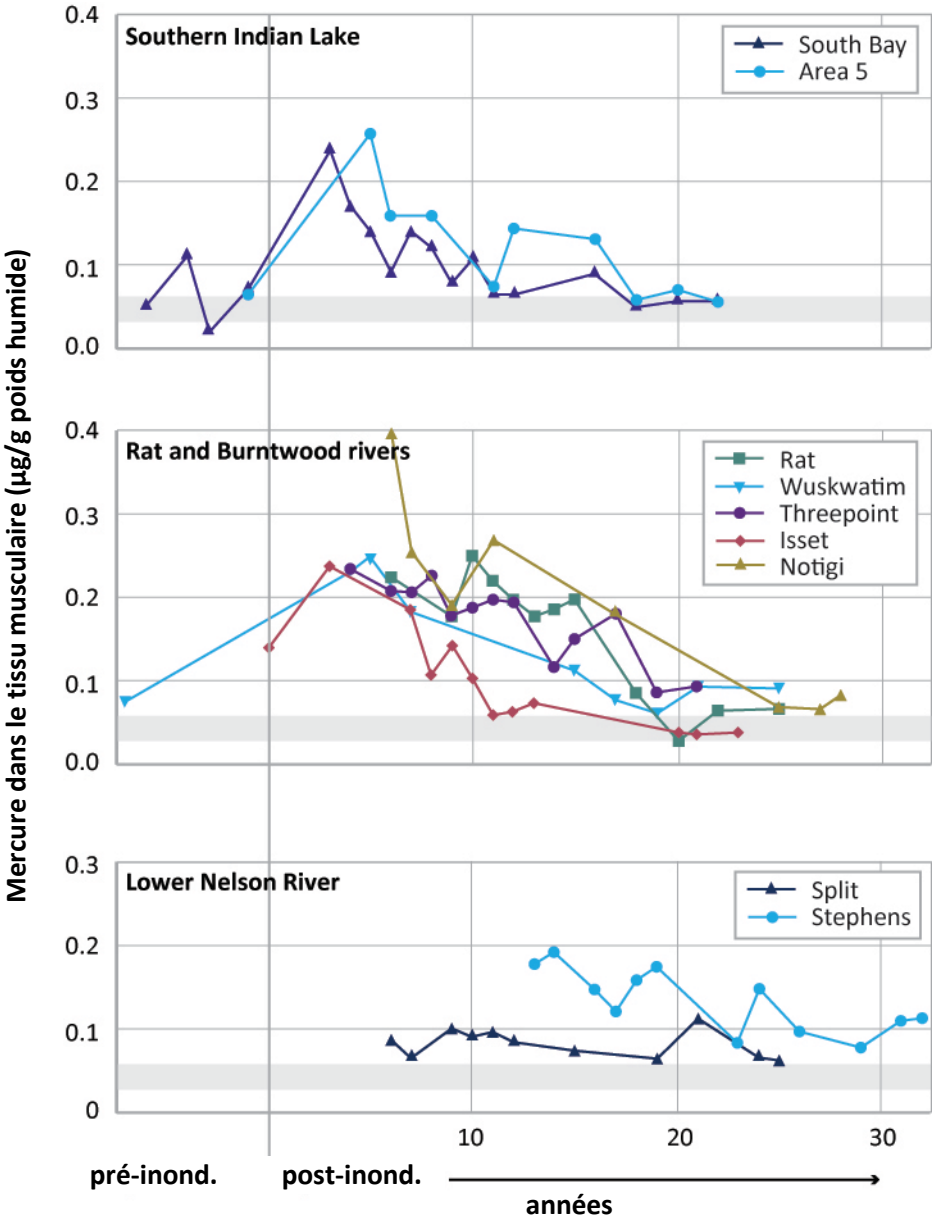


Figure 56. Concentrations moyennes (±95 % IC) du Hg total (µg/g de poids humide) dans le tissu musculaire du grand corégone provenant des réservoirs hydroélectriques du nord du Manitoba. Diagramme du haut : bassins du lac South Indian (South Bay, région 5). Diagramme du milieu : bassins des rivières Rat et Burntwood (lacs Issett, Rat, Threepoint et Wuskwatim). Diagramme du bas : bassins dans le cours inférieur du fleuve Nelson (lacs Split et Stephens)
Source : Bodaly, 2007[331]

Les biotes de l'écozone+ du Bouclier boréal qui sont les plus touchés par la teneur élevée en Hg sont les poissons et les mammifères piscivores et les oiseaux qui consomment beaucoup de poisson comme les visons, les loutres et les huards[334-336]. Les taux de mercure dans les loutres de rivière (*Lontra canadensis*) (le poisson constitue 90 % de leur diète) dans le centre de l'Ontario peuvent varier d'un facteur supérieur à 10 en raison de différences dans teneur en Hg des poissons dans leur aire de répartition (Figure 57)[336]. Les niveaux élevés de mercure (de 0,25 à

2,48 µg/g) sont associés à des effets néfastes sur les huards, y compris un taux moindre de reproduction, un comportement reproducteur anormal, une pousse asymétrique du plumage, une immunosuppression, des niveaux hormonaux altérés et des changements dans la neurochimie du cerveau[323, 334, 337-342].

Les concentrations de mercure dans le poisson prédateur sont soit demeurées stables ou ont diminué au cours des 20 dernières années dans l'écozone+ du Bouclier boréal de l'Ontario et du Manitoba[343]. Les concentrations de mercure ont également connu un déclin chez les poissons des régions qui étaient auparavant contaminées par des sources ponctuelles (avant les années 1970) au cours des 25 dernières années (Figure 58)[344]. Bien que les niveaux de Hg aient diminué dans cette région, plusieurs autres espèces de plusieurs lacs présentent encore des concentrations au-dessus des niveaux qui sont considérés comme sécuritaires pour une consommation fréquente[344]. Certaines espèces normalement non piscivores de poissons (p. ex., le grand corégone) en aval des projets hydroélectriques avaient des teneurs en mercure qui s'approchaient des valeurs qu'on s'attendrait à voir chez les espèces naturellement piscivores (p. ex., le grand brochet). Ces poissons non piscivores consommaient des poissons assommés après leur passage dans les turbines[345].

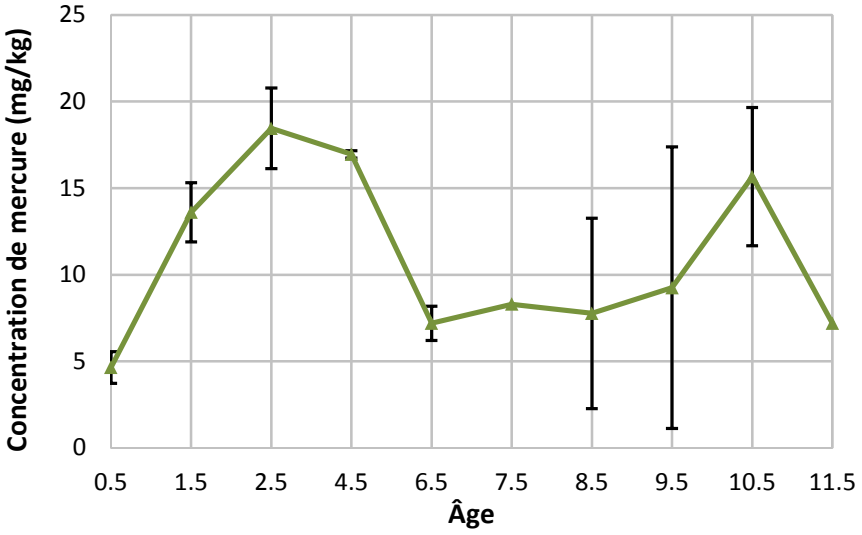


Figure 57. Niveaux de mercure (poids sec) dans les poils de loutres âgées de 0,5 à 11,5 ans provenant de cantons en Ontario.
Les barres d'erreur illustrent un écart-type de ±1.
Source : adapté de Mierle et coll., 2000[336]

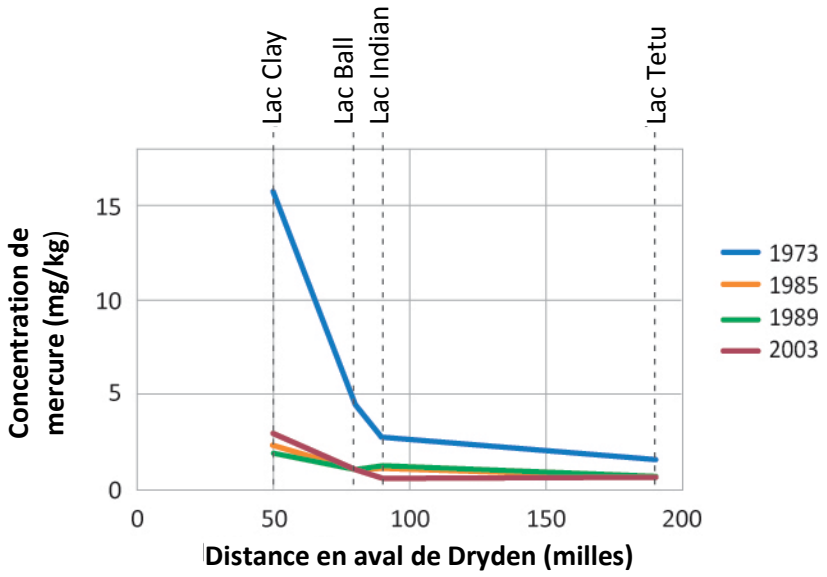


Figure 58. Concentrations de mercure chez le doré jaune provenant de quatre lacs, selon l'année de récolte et la distance du lac de récolte de la source ponctuelle de contamination, 1973, 1985, 1989, et 2003.
Source : Kinghorn et coll., 2007[344]

Il est possible que les populations de poissons, d'oiseaux et de mammifères dans la région du Québec de l'écozone+ du Bouclier boréal ne risquent pas de subir les effets toxiques de la bioaccumulation de mercure puisqu'on ne s'attend pas à ce que les augmentations causées par les projets hydroélectriques atteignent les seuils observés dans l'écozone+ des plaines boréales et l'écozone+ du Bouclier de la taïga[333, 346]. En revanche, certains réservoirs ont connu un « essor biologique » à la suite de la libération d'éléments nutritifs associée à l'inondation. Cette augmentation de la biomasse vers le haut de la chaîne alimentaire, du plancton au poisson puis à ses prédateurs, améliore la densité, les conditions et les taux de croissance de certaines espèces après la retenue[333, 346]. Dans tous les milieux modifiés, la qualité de l'eau est demeurée adéquate pour la vie aquatique, le rétablissement des concentrations de mercure aux niveaux précédant la retenue s'est produit en 5 à 15 ans et la quantité accrue d'éléments nutritifs a eu des effets positifs sur la chaîne alimentaire aquatique[347]. L'élévation temporaire des taux de mercure dans le poisson ne dépassait également pas les seuils au-delà desquels des effets peuvent être observés chez les humains, surtout si l'on considère que le taux de consommation de poisson dans la région est bas[348].

Écozone+ Boréale de Terre-Neuve : contaminants

Pollution par le pétrole

Le pétrole et ses produits présentent un risque de contamination pour les côtes de l'écozone+ Boréale de Terre-Neuve, tenant compte du taux accru de développement de l'industrie des hydrocarbures extracôtiers (p. ex., le développement des champs pétroliers Hibernia, Terra Nova et White Rose). Les menaces comprennent les déversements accidentels des navires pétroliers, des puits sous-marins ou des pipelines[159]. En plus des incidents extracôtiers, le déversement accidentel de pétrole ou d'essence sur le rivage durant les activités des raffineries et des pétroliers[349, 350], le retrait et l'évacuation des déchets des navires dans les ports[351] et les fuites de sources strictement terrestres posent d'autres menaces[159].

La baie Placentia et la presqu'île Avalon sont peut-être les endroits les plus susceptibles au Canada de connaître un incident de contamination par les hydrocarbures dans les 10 prochaines années[352]. La baie Placentia reçoit actuellement le plus gros volume de circulation maritime le long de la côte atlantique canadienne, et est exposée à des décharges accidentelles ou intentionnelles de produits pétroliers par la circulation maritime. En particulier, les plages d'Arnold's Cove et de Come by Chance sont considérées comme les plus vulnérables à une contamination par le pétrole[352]. La circulation de pétroliers passant par la baie Placentia jusqu'au terminal de transbordement de Whiffen Head et à la raffinerie de pétrole de Come by Chance, située à Arnold's Cove, a augmenté considérablement depuis 1990[352]. De la même manière, la presqu'île Avalon se situe directement à côté d'une route de navigation transatlantique majeure qui relie l'est de l'Amérique du Nord au nord-ouest de l'Europe, et tout près d'exploitations pétrolières extracôtières et de régions d'exploration continue[353]. Des incidents et des poursuites judiciaires associés au déversement de cales chargées d'hydrocarbures par les navires au large, de même que les conséquences sur le littoral, ont été rapportés le long des côtes du cap Race à la baie Placentia[353-355].

Eaux usées domestiques

Les eaux usées domestiques constituent une grave forme de pollution dans de nombreux milieux côtiers de l'écozone+ Boréale de Terre-Neuve. Cela est particulièrement vrai dans les ports où la circulation avec la haute mer est limitée, comme les côtes qui ont des ports très reculés reliés à la haute mer par des voies d'accès étroites et courbes[159]. Corner Brook, Marystown, Burin Bay Arm, St. Alban's, Terrenceville, et St. John's sont des ports qui ont des problèmes d'eaux usées. Le port de St. John's est confronté à des taux insuffisants de chasse d'eau dans la haute mer[159, 356, 357]. À des profondeurs dépassant 20 m, les eaux du port sont pratiquement stagnantes et le débit de la rivière Waterford n'est pas suffisant pour chasser l'échancrure[159].

Constatation clé 12 **Thème** Interactions humains-écosystèmes

Charge en éléments nutritifs et efflorescences algales

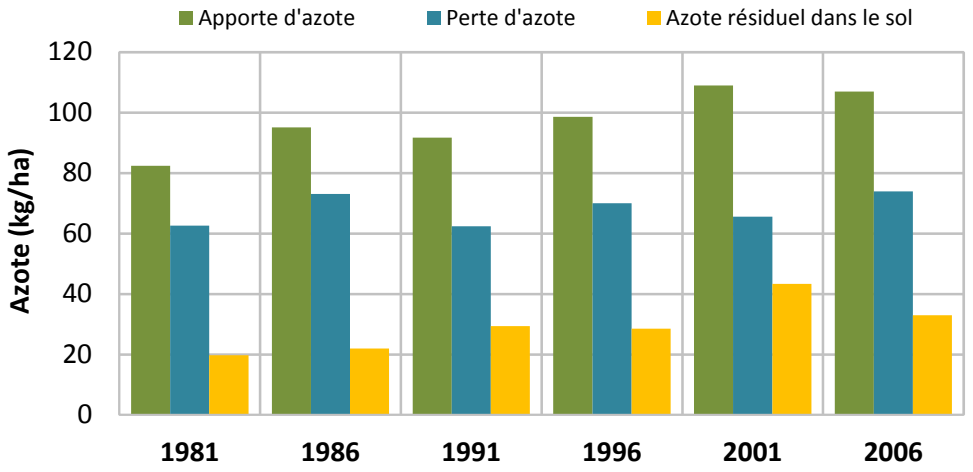
Constatation clé à l'échelle nationale

Les apports d'éléments nutritifs aux systèmes d'eau douce et marins, et plus particulièrement dans les paysages urbains ou dominés par l'agriculture, ont entraîné la prolifération d'algues qui peuvent être nuisibles ou nocives. Les apports d'éléments nutritifs sont en hausse dans certaines régions et en baisse dans d'autres.

Écozone^{+} du Bouclier boréal : charge en éléments nutritifs et efflorescences algales

L'azote résiduel dans le sol (ARS) est une variable indiquant la quantité d'azote inorganique qui reste dans le sol, par hectare, après la récolte des cultures[358]. L'écozone^{+} du Bouclier boréal contient une proportion relativement petite de terres agricoles étant donné sa taille (9 200 km^2, représentant seulement 1,5 % des terres agricoles du Canada en 2006); cependant, entre 1981 et 2001, les apports d'azote ont augmenté de 82,4 à 109 kg N/ha et ont ensuite diminué à 107 kg N/ha de 2001 à 2006. La plus grande partie des apports d'azote provenait des cultures de légumineuses (59,8 kg N/ha), suivies de l'engrais (21,3 kg N/ha) et du fumier (20,3 kg N/ha)[359]. L'accroissement de la fixation de l'azote était le résultat d'une hausse dans le secteur des cultures de légumineuses sur une période de 25 ans. Entre 1981 et 2006, les pertes d'azote ont augmenté de 62,6 à 74,0 kg N/ha. L'ARS a plus que doublé de 1981 à 2001, d'un minimum de 19,8 kg N/ha à un maximum de 43,4 kg N/ha, puis a diminué pour atteindre 33,0 kg N/ha en 2006 (Figure 59)[359].

a)



b)

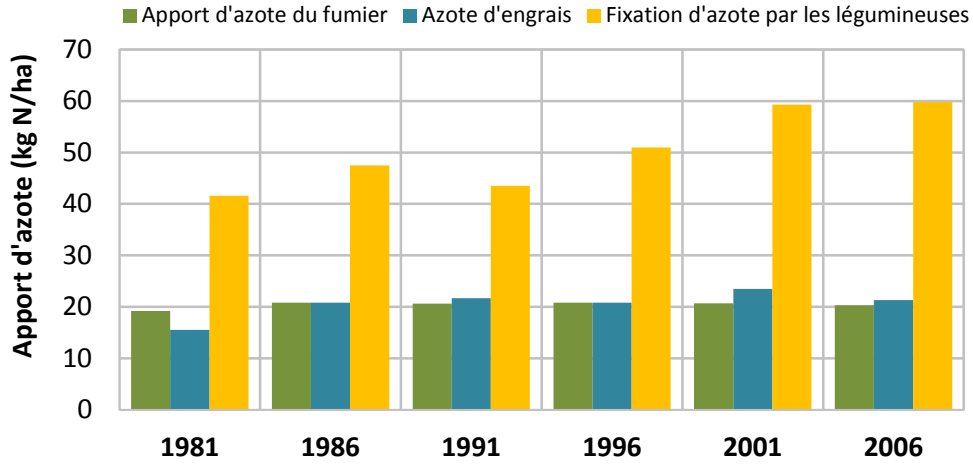
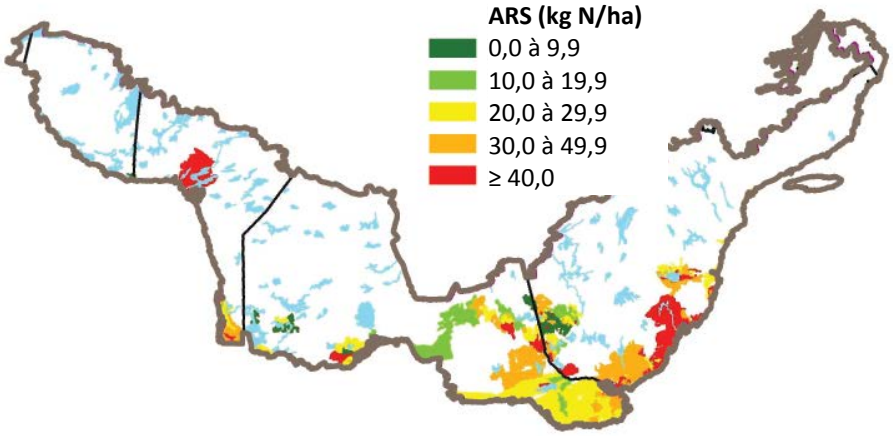


Figure 59. a) Apport et perte d'azote et azote résiduel dans le sol (ARS) et b) quantité d'azote provenant du fumier, de l'engrais et de la fixation par les récoltes de légumineuses dans l'écozone[+] du Bouclier boréal, de 1981 à 2006.
L'apport d'azote provenant du fumier représente la valeur nette d'azote minéral appliqué au sol ou libéré par la minéralisation de l'azote organique sur trois ans.
Source : Drury et coll., 2011[359]

Les régions à risque d'une faible teneur d'ARS sont demeurées stables de 1981 à 2006. Des apports importants par les récoltes de légumineuses et une forte utilisation d'engrais dans le sud-est du Québec et en Ontario au nord des basses terres du Saint-Laurent[359] ont eu pour effet une augmentation dans la classe de risque en 2006 pour les régions qui étaient déjà à risque moyen ou élevé en 1981 (Figure 60).

a)



b)

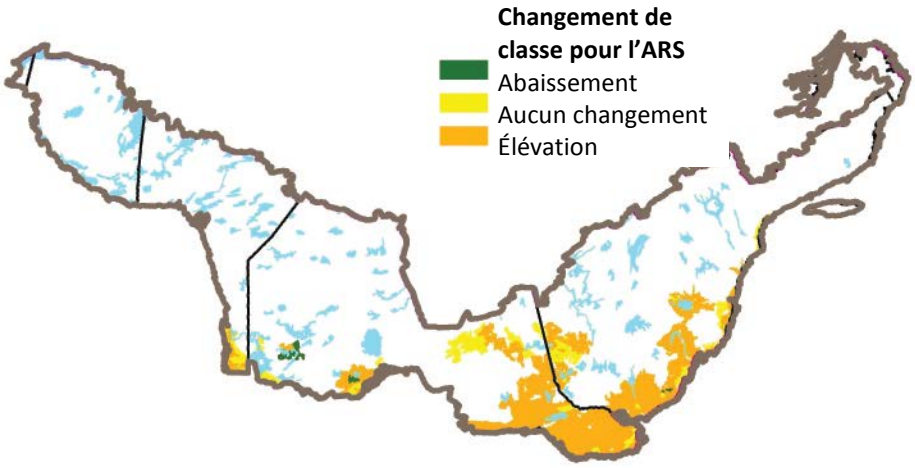


Figure 60. Carte a) des classes de risque pour l'azote résiduel dans le sol (ARS) en 2006 et b) des changements dans les classes de risque de l'ARS de 1981 à 2006 pour les terres agricoles dans l'écozone⁺ du Bouclier boréal.
< 10 kg N/ha = risque très faible (vert foncé), de 10 à 19,9 kg N/ha = risque faible (vert pâle), de 20 à 29,9 kg N/ha = risque moyen (jaune), de 30 à 39,9 kg N/ha = risque élevé (orange) et > 40 kg N/ha = risque très élevé (rouge).
Source : Drury et coll., 2011[359]

La charge en éléments nutritifs engendre l'eutrophisation des systèmes aquatiques. Les algues prolifèrent en présence d'un excédent d'éléments nutritifs et consomment davantage d'oxygène. Cela crée l'hypoxie, soit l'appauvrissement en oxygène de l'eau, ce qui change la composition de la communauté. Par exemple, le nombre de lacs et de cours d'eau touchés par les algues bleu-vert dans la portion de l'écozone⁺ du Bouclier boréal située au Québec a augmenté, passant de moins de 10 en 2004 (données non publiées) à plus de 70 chaque année depuis 2007 (Figure 61)[360]. La région géographique pour cette tendance chevauche l'écozone⁺ des plaines à forêts mixtes, ce qui peut fausser la tendance indiquée pour l'écozone⁺ du Bouclier boréal.

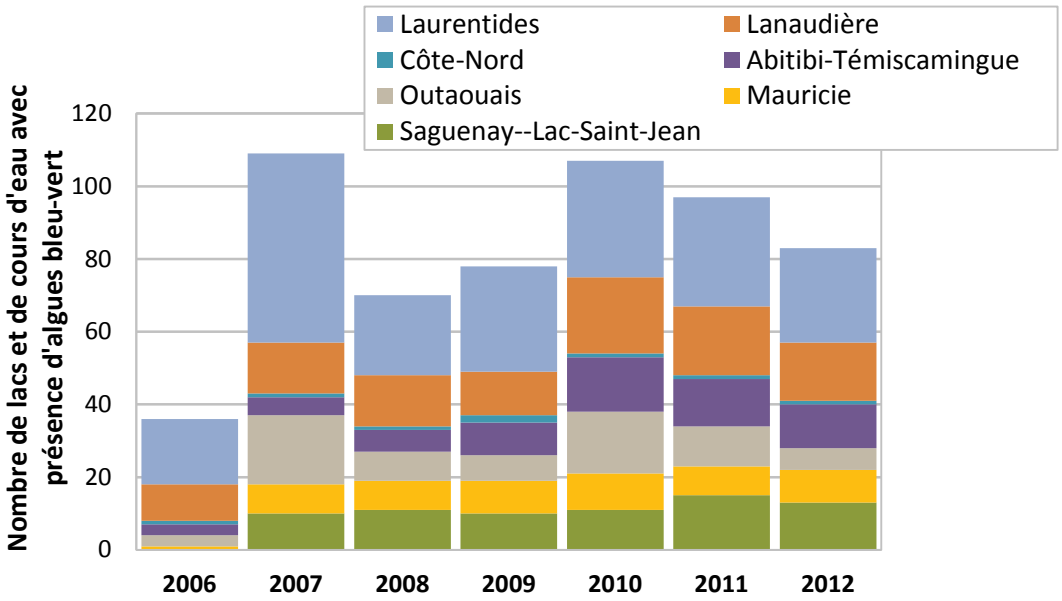


Figure 61. Nombre de lacs et de cours d'eau (en piles) dans lesquels des algues bleu-vert ont été relevées pour les unités administratives du Québec situées dans l'écozone+ du Bouclier boréal de 2006 à 2012.
Remarque : Ces résultats chevauchent ceux de l'écozone+ des plaines à forêts mixtes.
Source : Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, 2009[360]

Écozone+ Boréale de Terre-Neuve : charge en éléments nutritifs et efflorescences algales

L'écozone+ Boréale de Terre-Neuve arrivait en deuxième place pour la plus petite surface de terres agricoles (soit 210 km²) des écozones+ agricoles en 2006[359]. Les terres agricoles situées dans le centre ouest et le nord de l'écozone+ faisaient partie des classes à très haut risque, tandis que les régions du sud-est présentaient un risque allant de très faible à élevé (Figure 62)[359].

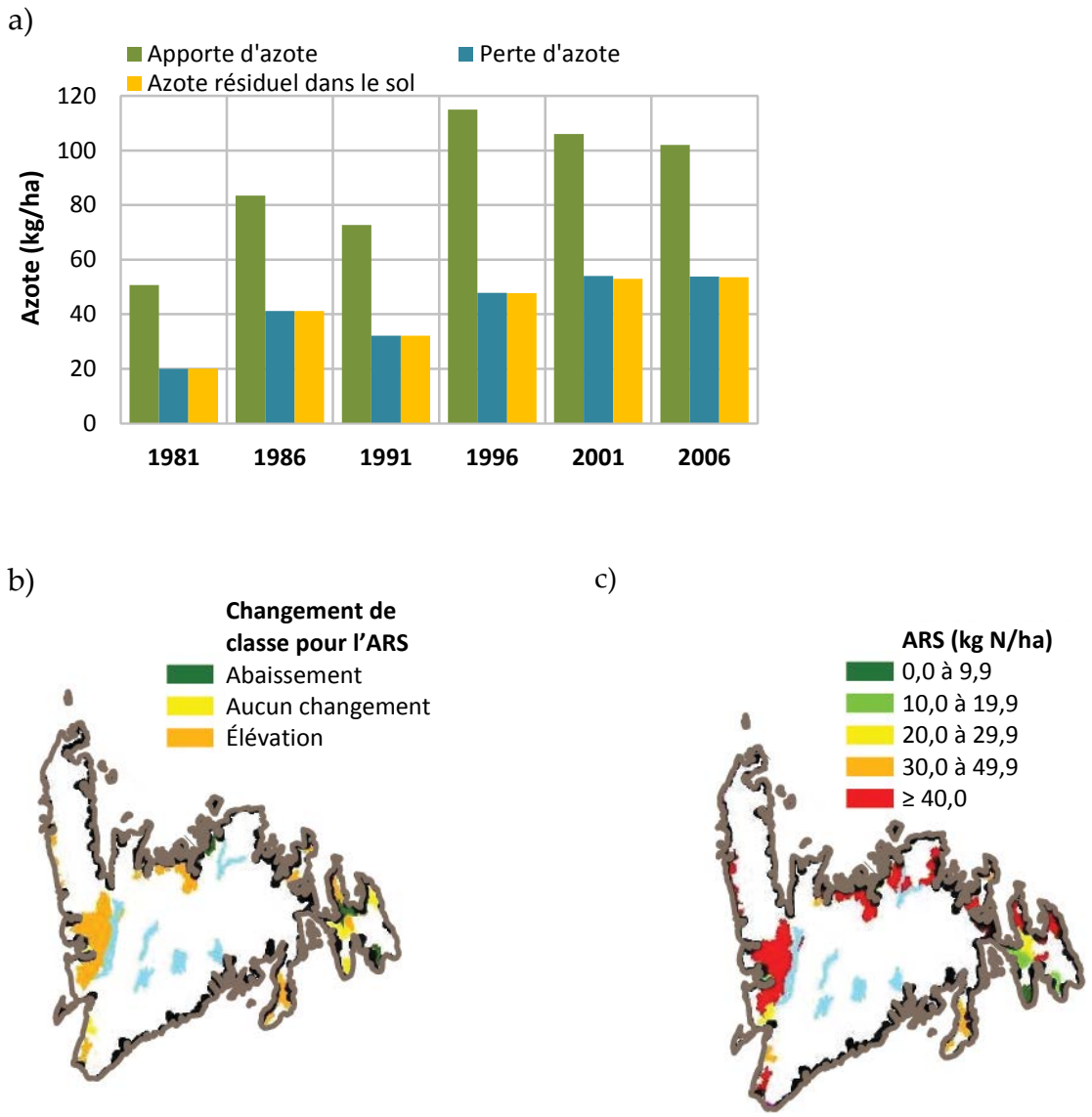


Figure 62. a) Apport et perte d'azote et azote résiduel dans le sol (ARS) de 1981 à 2006, b) carte des changements d'ensemble dans les classes de risque d'ARS de 1981 à 2006 et c) carte des classes de risque en 2006 pour les terres agricoles dans l'écozone[+] Boréale de Terre-Neuve.
Source : Drury et coll., 2011[359]

Les apports d'azote ont doublé en 15 ans (de 50,7 kg N/ha en 1981 à 115 kg N/ha en 1996) puis ont diminué à 102 kg N/ha en 2006 (Figure 62)[359]. Le fumier était la plus grande source d'azote en 1981, se situant à 23,8 kg N/ha par rapport à 11,3 kg N/ha pour l'engrais et à 13,6 kg N/ha pour la fixation par les cultures de légumineuses. Cependant, en 2006, la fixation par les légumineuses (37,7 kg N/ha) et l'ajout de fumier (34,5 kg N/ha) ont contribué à des quantités similaires d'azote dans les terres agricoles tandis que l'engrais était la plus petite de ces trois sources d'azote avec 28,1 kg N/ha[359]. Les pertes d'azote sont passées de 30,6 kg N/ha en 1981 pour atteindre 48,4 kg N/ha en 2006 (Figure 62)[359]. Les niveaux d'ARS augmentaient

généralement avec le temps d'un minimum de 20,0 kg N/ha en 1981 à 53,8 kg N/ha en 2006 (Figure 62)[359].

Des classes de risque basées sur le niveau d'ARS présent dans le sol à la fin de la saison de croissance ont été attribuées aux terres agricoles et la partie des terres dans chaque classe de risque a été placée dans un diagramme pour les régions agricoles de l'écozone+ Boréale de Terre-Neuve. Les terres agricoles situées dans le centre ouest et le nord de l'écozone+ faisaient partie des classes à très haut risque, tandis que les régions du sud-est présentaient un risque allant de très faible à élevé (Figure 62)[359]. Les terres agricoles du centre ouest et de l'est de l'écozone+ Boréale de Terre-Neuve ont grimpé d'au moins une classe de risque entre 1981 et 2006 (Figure 62)[359].

Constatation clé 13 **Thème** Interactions humains-écosystèmes

Dépôts acides

Constatation clé à l'échelle nationale

Les seuils d'incidence écologique des dépôts acides, notamment ceux des pluies acides, sont dépassés dans certaines régions; les émissions acidifiantes sont en hausse dans diverses parties du pays et la récupération sur le plan biologique ne se déroule pas au même rythme que la réduction des émissions dans d'autres régions.

Écozone+ du Bouclier boréal : Dépôts acides

Les dépôts acides sont en grande partie causés par les émissions de dioxyde de soufre (SO_2) et d'oxydes d'azote (NO_x) qui peuvent être transformées en polluants secondaires secs ou humides tels que l'acide sulfurique (H_2SO_4), le nitrate d'ammonium (NH_4NO_3) et l'acide nitrique (HNO_3) alors qu'ils sont transportés dans l'atmosphère sur des distances allant des centaines à des milliers de kilomètres[361]. Les dépôts acides sont généralement associés à la fusion, à d'autres processus industriels et à la génération thermique d'énergie électrique. Plus récemment, de nouvelles sources d'acide entraînant des dépôts acides sont apparues, notamment la production et le transport de pétrole et de gaz. Les dépôts acides peuvent avoir un effet sur les lacs, les cours d'eau, les sols, les forêts, les édifices et la santé humaine[362]. Les sols sensibles reposent généralement sur un substrat rocheux granitique insoluble et sont recouverts d'une mince couche de sols d'origine glaciaire, qui peut être absente; ces conditions sont observées partout dans l'écozone+ du Bouclier boréal.

De 1990 à 2005, les concentrations les plus élevées de dépôts acides se trouvaient dans la portion sud de l'écozone+ du Bouclier boréal en Ontario et au Québec, car les sources d'émission sont concentrées dans le sud-est du Canada et dans l'est des États-Unis. Cette partie de l'écozone+ recevait plus de 20 kg humides de sulfate/ha/année en 1990, mais cette quantité s'est abaissée à 10 à 15 kg/ha/année en 2005[363]. Les parties ouest et est de l'écozone+, qui sont moins touchées par les émissions de SO_2, ont connu peu de changement dans leurs dépôts acides humides (5 kg/ha/année ou moins). Les dépôts humides de nitrate ont également connu un déclin entre 1990 et 2005 dans la partie sud de l'Ontario et du Québec située dans l'écozone+ du Bouclier

boréal. En comparaison avec le sulfate, le degré de changement était modeste (de > 18 kg/ha/année de nitrate à 12 à 15 kg/ha/année)[363].

Le travail effectué et les connaissances acquises durant les premières années de la science des dépôts acides en Amérique du Nord (soit dans les années 1980) ont provoqué une action politique visant à réduire le SO_2 (et plus tard les NO_x). Cette action a culminé avec l'Accord Canada – États-Unis sur la qualité de l'air de 1991[364]. Les émissions totales de SO_2 du Canada et des États-Unis ont diminué d'environ 45 % (de 28 à 15,4 Mt) entre 1980 et 2006[365]. Plus de la moitié des réductions en SO_2 dans l'est du Canada se sont produites dans les fonderies des métaux primaires de Sudbury, en Ontario et à Rouyn-Noranda, au Québec, deux villes situées dans l'écozone$^+$ du Bouclier boréal. De la même manière, de 1980 à 2006, les émissions canado-américaines totales de NO_x ont diminué d'environ 19 % (de 22,7 à 24 Mt), quoique la majeure partie de ces réductions s'appliquait à des sources américaines[365]. On pourrait voir des réductions supplémentaires alors que l'Ontario met en œuvre des politiques progressives d'énergie verte telles que l'élimination progressive de la génération thermique d'énergie électrique[366].

Écozone$^+$ du Bouclier boréal : charges critiques et excédents

La charge critique est le niveau maximum de dépôts de soufre et d'azote qui peuvent se produire tout en maintenant l'intégrité des écosystèmes aquatiques et forestiers[367]. Les dépôts acides et les charges critiques d'un écosystème peuvent se comparer au calcul de l'« excédent ». L'excédent peut être positif (ce qui signifie que les lacs ou les sols forestiers reçoivent trop de dépôts acides) ou négatif (les lacs ou les sols pourraient absorber plus de dépôts acides sans effets néfastes). Il peut y avoir un excédent positif lorsque des sols extrêmement sensibles (qui ont une charge critique faible) reçoivent une petite quantité de dépôts acides ainsi que quand des sols moins sensibles reçoivent une grande quantité de dépôts acides. L'excédent en état d'équilibre est la valeur maximale qui serait obtenue dans le futur (au niveau « actuel » de dépôts) si l'écosystème aquatique ou terrestre devenait saturé en azote[62]. La Figure 63 illustre la variation spatiale des excédents en état d'équilibre qui sont observés dans l'ensemble de l'écozone$^+$ du Bouclier boréal. Les terres sensibles aux acides se reflétaient dans la géologie locale et, en général, 38,9 % (730 000 km^2) de l'écozone$^+$ du Bouclier boréal se situait dans les quatre classes de charge critique les plus sensibles et les plus basses.

Les plus hauts excédents en état d'équilibre ont été calculés dans les régions de dépôts acides maximaux, soit le centre-sud de l'Ontario et le sud-ouest du Québec, de même que près des sources locales telles que les fonderies de métaux primaires à Flin Flon et à Thompson, au Manitoba (Figure 67). Sauf pour la partie nord-est de l'écozone$^+$, on remarque des excédents positifs à l'état d'équilibre (les quatre classes de couleurs « plus chaudes ») dans 25 % (470 000 km^2) de l'écozone$^+$ du Bouclier boréal (Figure 67).

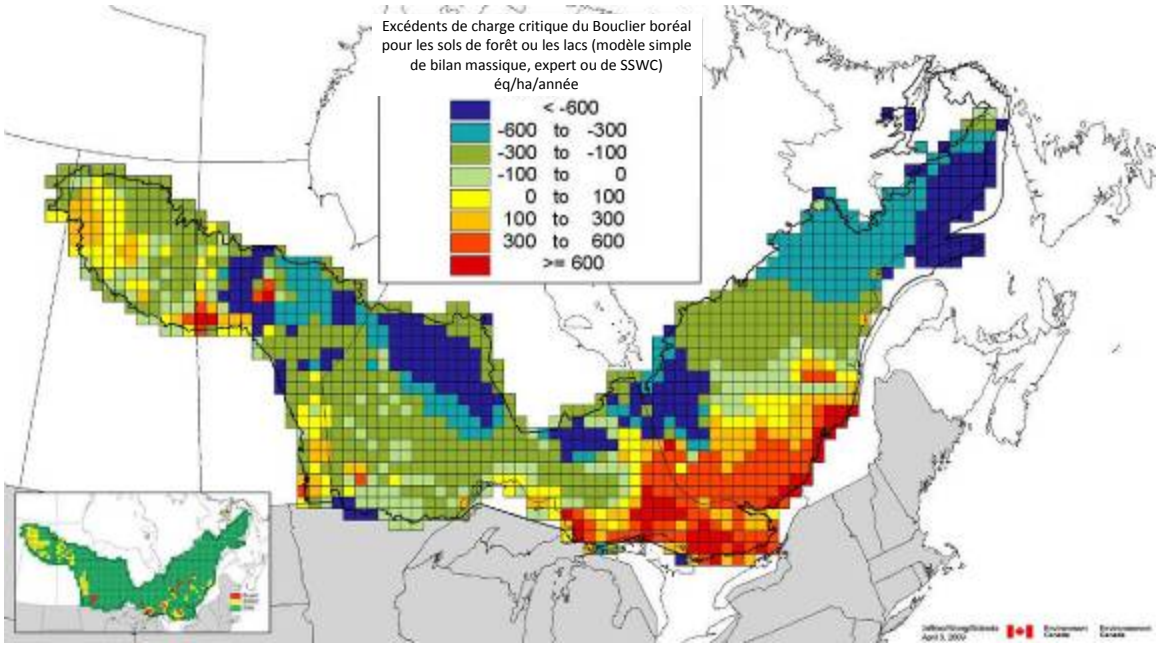


Figure 63. Excédents de charge critique à l'état d'équilibre calculés en utilisant les dépôts totaux estimés « actuels » de soufre et d'azote, selon les meilleures données disponibles en 2009.
Source : Jeffries et coll, 2010[368]

Écozone⁺ du Bouclier boréal : tendances concernant les écosystèmes aquatiques

De nombreux lacs situés dans l'écozone⁺ du Bouclier boréal sont sensibles aux dépôts acides; ceux du Québec et de l'Ontario ont déjà subi des altérations chimiques et ne se sont pas rétablis malgré des réductions d'émissions[369]. Lorsqu'on réfléchit à l'historique des émissions de SO_2 des fonderies locales en Ontario et au Québec, on se rend compte que le taux de changement du soufre était souvent plus élevé dans les années 1970 et 1990 que dans les années 1980. Bien que les lacs du Manitoba et de la Saskatchewan soient également sensibles, ils ne montrent pas encore les effets des dépôts acides[369]. Cela pourrait changer avec le maintien ou la croissance des polluants acidifiants émis par les fonderies au Manitoba et les activités d'exploitation des sables bitumineux en Alberta[370, 371], en raison de leur capacité tampon, les lacs de la région de l'écozone⁺ du Bouclier boréal située au Manitoba sont les moins susceptibles de subir les effets des dépôts acides.

À l'intérieur de l'écozone⁺ du Bouclier boréal, les tendances concernant les dépôts acides de 1990 à 2004 ont été rapportées pour 28 lacs du sud-ouest du Québec, 72 lacs de la région de Sudbury en Ontario et 80 lacs dans le reste de l'Ontario[363]. Le sulfate, qui va de -1,6 µeq/L/année (en Ontario) à -4,1 µeq/L/année (dans la région de Sudbury), a diminué ($p < 0,05$) pour les trois groupes [363]. Il n'y a aucune tendance concernant le nitrate pour ces groupes. Les cations basiques (surtout dissous dans le calcium), qui vont de -1,4 µeq/L/année (au Québec) à -3,6 µeq/L/année (dans la région de Sudbury) ont compensé pour la baisse de sulfates. Les tendances relatives aux concentrations alcalines des lacs étaient positives, mais beaucoup plus petites en grandeur absolue, s'établissant de ⁺0.2 µeq/L/année (en Ontario, $p > 0,05$) à ⁺0.9 µeq/L/année (dans la région de Sudbury, $p < 0,05$). En général, les lacs des régions de

l'écozone+ du Bouclier boréal recevant le plus de dépôts acides ont réagi aux déclins des dépôts, mais le rétablissement de leur alcalinité (pH) accusait un retard. Une partie de ce retard s'explique par la compensation chimique fournie par la diminution des concentrations de cations basiques, un effet géochimique prévisible mais temporaire. D'un autre côté, les concentrations à la baisse de calcium dans les lacs de l'Ontario s'approchent de niveaux qui menacent la viabilité d'espèces clés du zooplancton[372] et le rétablissement des lacs pourrait être lent et possiblement incomplet[373].

Il n'a pas été possible d'estimer les tendances concernant la chimie des précipitations en Saskatchewan en raison d'un échantillonnage insuffisant. Afin d'aborder cette restriction, le ministère de l'Environnement de la Saskatchewan a lancé un programme de collecte de précipitation. De 2007 à 2011, le ministère a évalué la sensibilité aux acides pour 259 lacs tributaires dans le nord-ouest de la Saskatchewan, tous situés dans un rayon de 300 km de la région des sables bitumineux d'Athabasca en Alberta[374]. Du fait des conditions géologiques et météorologiques de cette région, 68 % des lacs étudiés ont été classés comme sensibles ou très sensibles aux dépôts acides en raison de leur faible capacité tampon[375].

Écozone+ du Bouclier boréal : effets de l'acidification sur les écosystèmes aquatiques

L'acidification touche les algues, les invertébrés, les poissons et les sauvagines par les effets directs de l'acidité, la toxicité du métal, la perte des proies et la valeur nutritive réduite des proies qui restent[376]. Bien que certaines espèces tolérantes à l'acide (p. ex., certaines libellules) ont tendance à être plus abondantes dans des conditions d'acidité élevée (c.-à-d. au-dessous de pH 5,5), l'abondance d'autres invertébrés, en particulier les éphéméroptères et les mollusques, est réduite dans ces conditions (Figure 64). Les invertébrés de grande taille constituent une nourriture importante pour les sauvagines reproductrices ainsi qu'une nutrition essentielle et une source d'énergie pour les femelles nicheuses et leurs petits. Le taux de réussite de la reproduction du plongeon huard est particulièrement affecté par les changements d'acidité dans les lacs et les répercussions au réseau alimentaire connexe. De nombreuses espèces de poisson sont sensibles à l'acidification et peuvent subir des taux moindres de recrutement et de croissance, une accumulation accrue de métaux toxiques et des réponses dégradées contre les prédateurs dans les lacs soumis à un stress acide. La richesse des espèces de poisson a diminué dans les lacs du sud du Canada présentant des taux de pH de 5,0 à 5,9[377, 378].

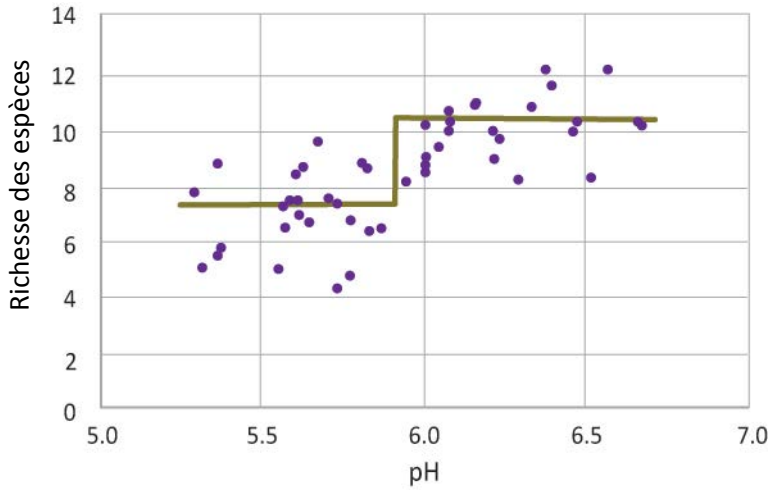


Figure 64. Graphique d'une fonction en escalier modélisant la relation entre le pH et la richesse des espèces de zooplancton.
Source : Holt et coll., 2003[379]

L'acidification des systèmes aquatiques engendre souvent l'augmentation du méthylmercure. Pour plus de renseignements sur la distribution et les niveaux de contamination au mercure dans l'écozone+ du Bouclier boréal, voir la constatation clé intitulée Contaminants à la page 106.

Un grand nombre des lacs présentant des améliorations biologiques se situaient dans les régions de Sudbury et de Muskoka en Ontario[380, 381]. Les éphéméroptères sensibles à l'acide ont augmenté en nombre après une réduction de l'acidité dans deux lacs de Sudbury (Figure 65)[382]. Le zooplancton de plusieurs lacs de la région de Sudbury est devenu plus similaire au zooplancton des lacs de référence non acides[380]. La richesse des espèces a augmenté dans trois lacs de l'Ontario, mais a diminué dans un quatrième. Des changements dans les niveaux de phosphore, le déclin de l'acidité et un accroissement du carbone organique dissous ont entraîné des changements dans la composition des communautés de zooplancton[383].

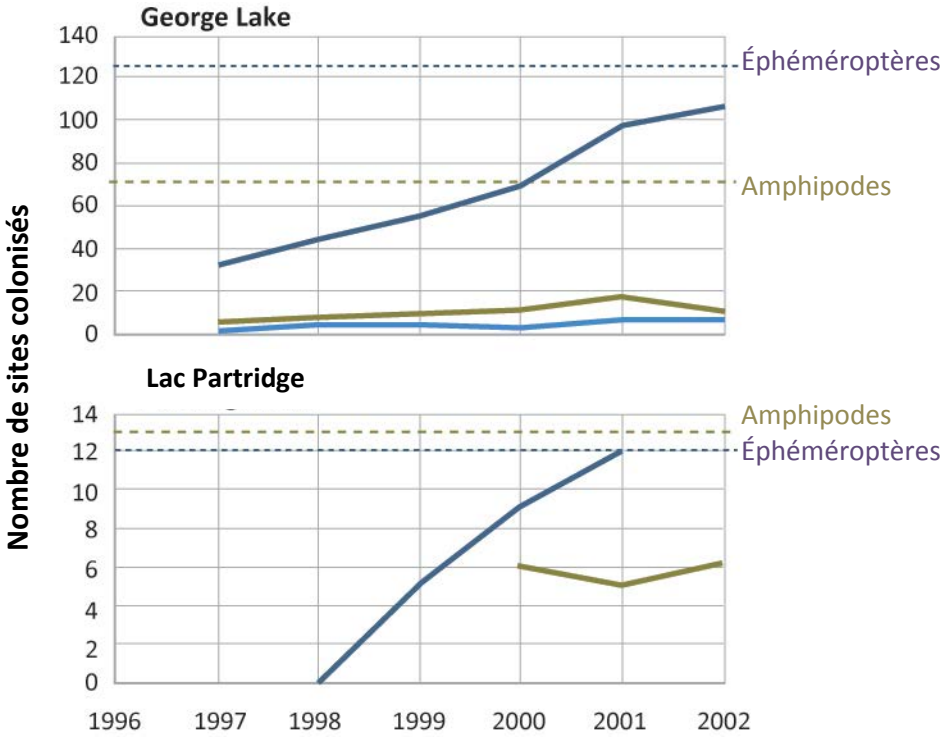


*Figure 65. Nombre de sites colonisés par les éphéméroptères (*Stenacron interpunctatum*) (bleu foncé),* S. femoratum *(bleu pâle) et l'amphipode* Hyatella azteca *(vert) dans a) le lac George et b) le lac Partridge près de Killarney, en Ontario, entre 1997 et 2002.*
Remarque : Les relevés annuels du lac Partridge ont commencé en 1998 pour les éphéméroptères et en 2000 pour les amphipodes. Le nombre total de sites étudiés qui peuvent être colonisés par chaque groupe est indiqué par des lignes tiretées.
Source : Environnement Canada, 2005[362], adapté de Snucins, 2003[382]

Le poisson de sport affecté par l'acidification comprend le touladi et l'achigan à petite bouche (*Micropterus dolomieu*). Le touladi introduit dans les lacs soumis à un stress acide près de Sudbury et de Killarney, en Ontario, n'a pas évolué favorablement dans les lacs riches en espèces; il présentait une croissance plus lente, un taux de survie inférieur et un recrutement retardé[384]. La biomasse des recrutements naturels de touladi est demeurée bien en deçà des niveaux de référence pendant 5 à 15 ans suivant le rétablissement de la qualité de l'eau et le fraie par les adultes[384]. Au contraire, la réintroduction de l'achigan à petite bouche peut réussir dans les lacs ayant des communautés de poisson riches en espèces. Par exemple, le rétablissement amélioré de la qualité de l'eau et le fraie par le poisson ensemencé ont fait en sorte que la biomasse des recrutements naturels d'achigan à petite bouche a augmenté au niveau de référence des lacs en cinq ans[384]. De nouvelles populations d'achigan à petite bouche, de crapet de roche (*Ambloplites rupestris*), de crapet-soleil (*Lepomis gibbosus*) et de doré jaune (*Sander vitreus*) ont été observées dans des lacs en rétablissement, dont certains ne contenaient pas ces espèces avant l'acidification[385].

Le chaulage des lacs est utilisé pour renverser l'acidification et maintenir l'habitat pour l'omble de fontaine aurora (*Salvelinus fontinalis timagamiensis*), un type d'omble de fontaine indigène à

seulement deux lacs dans le monde. Les deux lacs sont situés dans l'écozone+ du Bouclier boréal, à 110 km au nord de Sudbury. L'omble de fontaine aurora a disparu lors de l'acidification de ces lacs dans les années 1960. Des spécimens de cette espèce élevés en captivité ont été réintroduits avec succès après le chaulage en 1989[386].

Le nombre d'accouplements de deux espèces de sauvagine piscivores, le plongeon huard et le grand harle (*Mergus merganser*), ont augmenté dans la portion de l'écozone+ du Bouclier boréal située en Ontario entre la fin des années 1980 et 2002 (voir la section Écozone+ du Bouclier boréal : effets de l'acidification sur les écosystèmes aquatiques à la page 121). Ces oiseaux se retrouvent de plus en plus autour des lacs à faible pH (pH < 5,5), possiblement à cause des conditions qui s'améliorent de façon générale dans la région[380]. Cependant, la productivité de la reproduction chez les plongeons huards a chuté en Ontario (de 1981 à 1999) et dans le parc national du Canada de la Mauricie, au Québec (de 1987 à 2002) (Figure 66)[380]. Les petits du plongeon huard n'apprennent pas à voler sur les lacs avec un pH de moins de 4,4 en raison d'un manque de nourriture[387]. Les lacs dont le pH se situe entre 4,4 et 6,0 sont suboptimaux, mais, si leur taille est suffisamment grande, ils peuvent accommoder les petits jusqu'à ce qu'ils prennent leur premier envol. À mesure que les émissions de dioxyde de soufre des fonderies de Sudbury et les dépôts de soufre d'autres sources lointaines diminuaient, on constatait le retour d'un certain succès au chapitre de la reproduction[387].

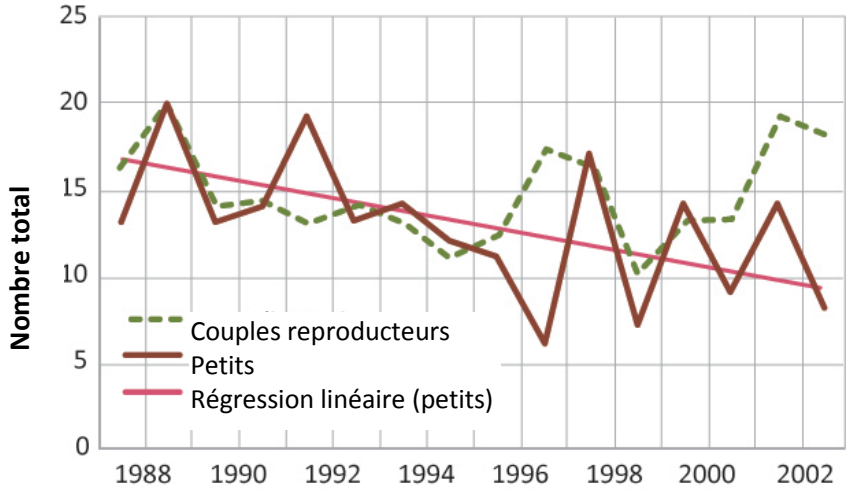


Figure 66. Le nombre total de couples reproducteurs de plongeons huards (line tiretée) et de petits (ligne pleine) observé durant les relevés de 76 lacs dans le parc national du Canada de la Mauricie, au Québec, entre 1987 et 2002.
La ligne de régression représente une tendance significative (p = 0,02) concernant le nombre total de petits observés dans le parc.
Source : Environnement Canada, 2005[362]

Écozone+ Boréale de Terre-Neuve : Dépôts acides

Un programme de surveillance des pluies acides (le Newfoundland Environment Precipitation Monitoring Network (NEPMoN)) était en place de 1983 à 2004. NEPMoN comportait une série de collecteurs de précipitation humides seulement installés à des sites sélectionnés dans l'ensemble de Terre-Neuve et du Labrador. Le nombre de sites a atteint un maximum de sept en 1995 mais a été réduit à deux en 1996 en raison de financement réduit. En 1998, le programme a été rapporté à cinq sites avec l'appui d'industries provinciales. L'un des sites précédents a été rouvert en plus de l'ouverture de deux nouveaux sites. Les données hebdomadaires humides seulement de précipitation de ces stations ont été utilisées pour compléter les données quotidiennes recueillies aux stations du Réseau canadien d'échantillonnage des précipitations et de l'air (RCEPA) de la province (à la Baie-d'Espoir et à Goose Bay)[388].

Les dépôts de soufre et de nitrates présentaient une variation spatiale prononcée dans l'île[389]. Les plus grands dépôts ont eu lieu au coin sud-ouest de l'île avec des quantités de soufre et de nitrates allant en diminuant vers le nord et l'est. Le taux de dépôt du soufre peut avoir diminué depuis 1990, mais le taux de dépôt des nitrates a augmenté. Ces tendances à la baisse peuvent être liées aux mesures de réduction des émissions, mais pourraient tout aussi bien découler des changements dans les régimes climatiques[389].

Constatation clé 14 **Thème** Interactions humains-écosystèmes

Changements climatiques

Constatation clé à l'échelle nationale

L'élévation des températures partout au Canada ainsi que la modification d'autres variables climatiques au cours des 50 dernières années ont eu une incidence directe et indirecte sur la biodiversité dans les écosystèmes terrestres et dans les écosystèmes d'eau douce et d'eau marine.

Écozone+ du Bouclier boréal : changements climatiques

De 1950 à 2007, les températures ont augmenté dans l'écozone+ du Bouclier boréal au printemps de 1,7 °C, en été de 1,3 °C et en hiver de 1,8 °C, faisant en sorte que la saison de croissance arrive huit jours plus tôt (Tableau 17 et la Figure 67)[153]. On n'a pas constaté de tendances significatives relativement aux précipitations au printemps, à l'été et en hiver, mais les précipitations ont augmenté de 17 % à l'automne (Figure 68). Des changements majeurs dans la configuration des chutes de neige, vraisemblablement associés à l'accroissement des températures, se sont traduits par une couverture de neige plus mince (-13,7 cm) et la fonte des neiges précoce (10,3 jours) de février à juillet (Figure 69). De plus, les changements relatifs à la chute de neige variaient à l'échelle régionale, produisant moins de précipitations hivernales le long des frontières est et ouest de l'écozone+ et davantage de précipitations hivernales dans la partie centrale de

l'écozone+. Ces variations régionales correspondaient également aux changements d'humidité observés durant tout le 20e siècle, comme le précise la constatation clé intitulée Écozone+ du Bouclier boréal : perturbations naturelles à la page 163.

Tableau 17. Résumé des changements dans les variables climatiques de l'écozone+ du Bouclier boréal de 1950 à 2007.

Moteur	Tendances de 1950 à 2007
Température	**↑ de 1,7 °C des températures printanières globalement** **↑ de 1,3 °C des températures estivales globalement** **Aucune tendance significative à l'automne** **↑ de 1,8 °C des températures hivernales globalement**
Saison de croissance	**Faible tendance vers un début précoce de 8 jours de la saison de croissance au printemps**
Précipitations	**↑ de 17 % dans les précipitations à l'automne** **Aucune tendance significative au printemps, à l'été ou à l'automne** **Aucune tendance significative relative à la quantité de précipitation tombant sous forme de pluie versus sous forme de neige**
Neige	**↓ de 13,7 cm dans l'épaisseur maximale annuelle de neige** **Aucune tendance significative dans le nombre de jours présentant une couverture de neige d'août à janvier** **Faible tendance vers une fin précoce de la saison de neige de 10,3 jours de février à juillet**

Source : Zhang et coll., 2011[153] et données supplémentaires fournies par les auteurs

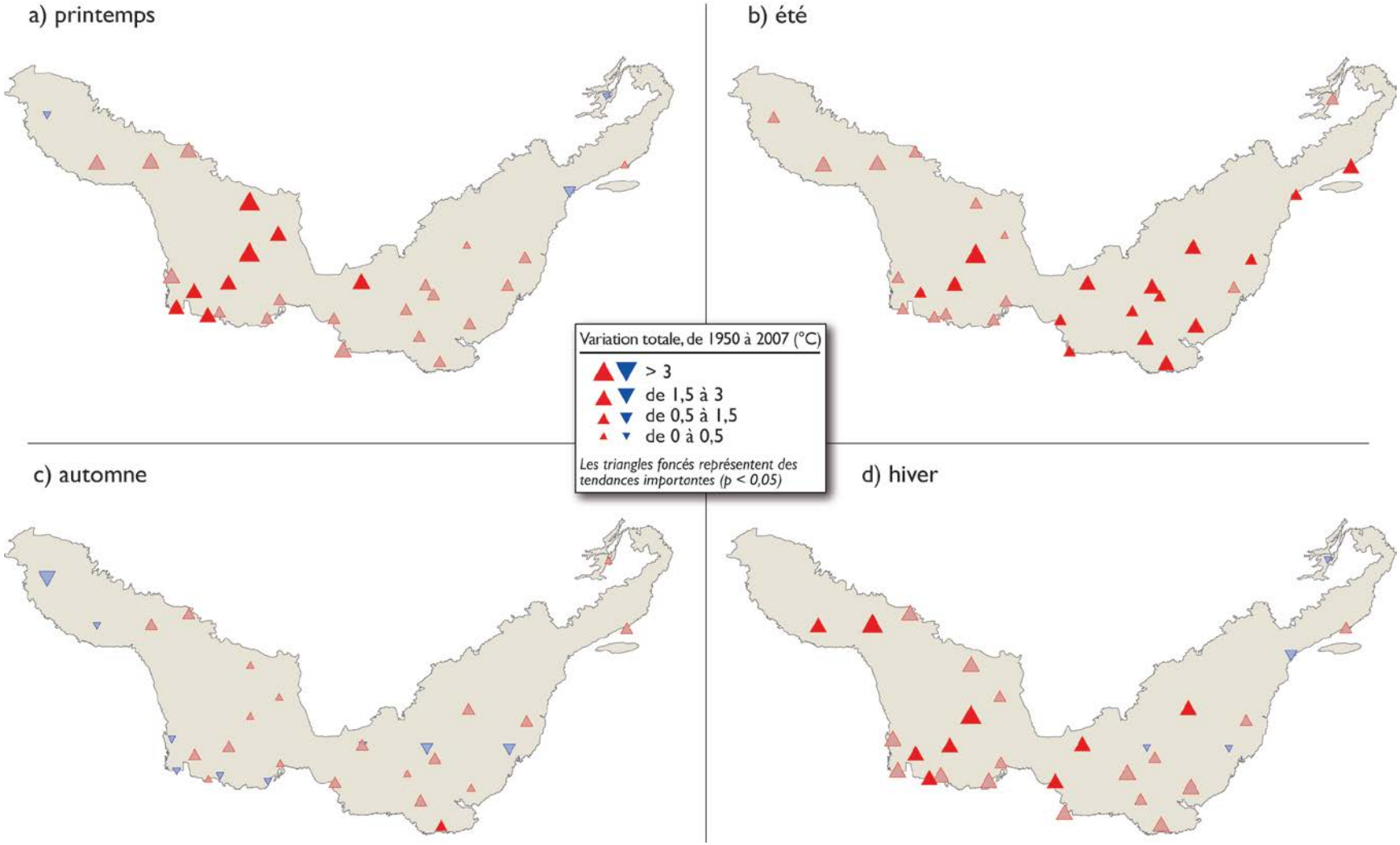


Figure 67. Changement dans les températures moyennes de l'écozone[+] du Bouclier boréal de 1950 à 2007 pour : a) le printemps (de mars à mai), b) l'été (de juin à août), c) l'automne (de septembre à novembre) et d) l'hiver (de décembre à février).
Source : Zhang et coll., 2011[153] et données supplémentaires fournies par les auteurs

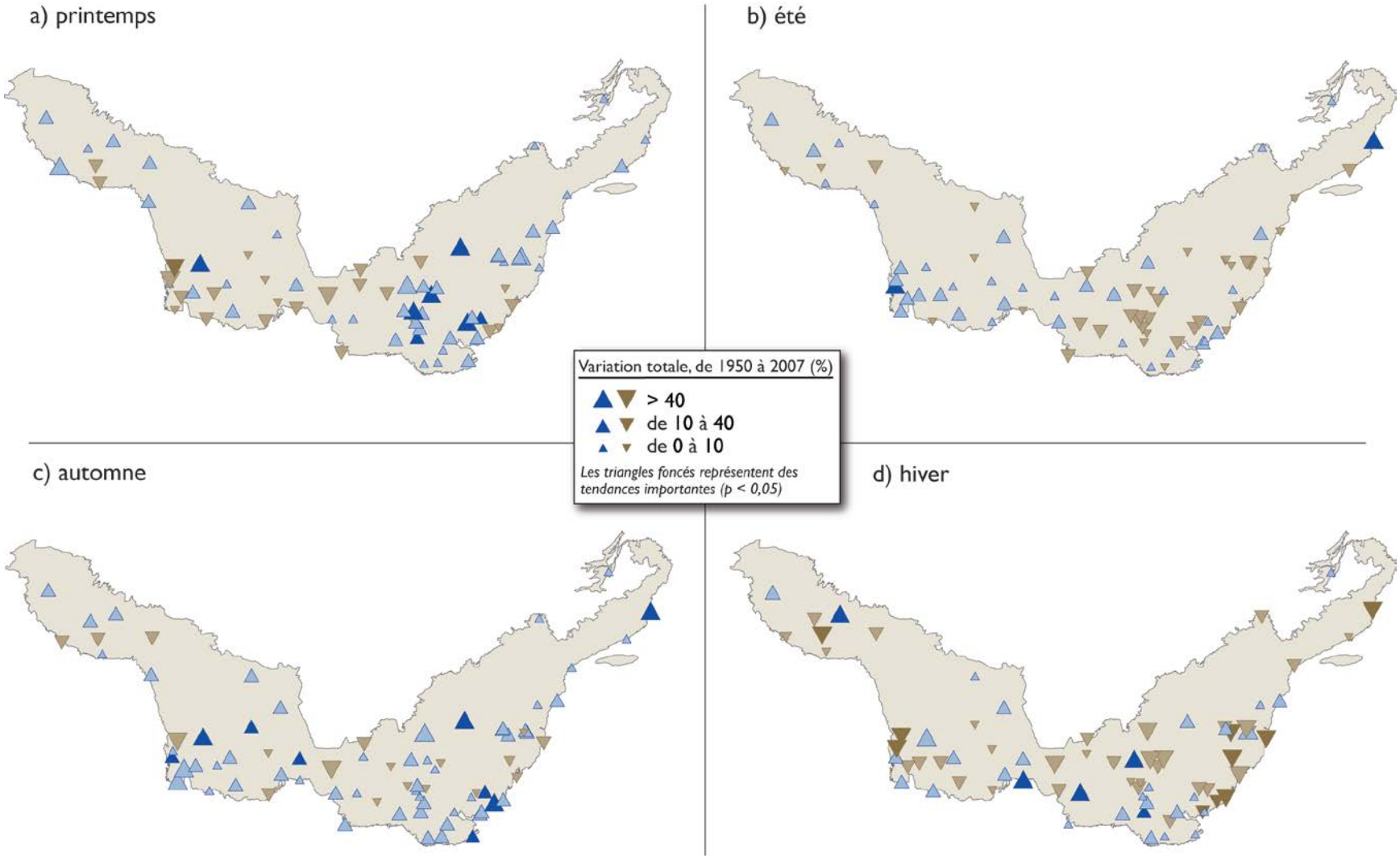


Figure 68. Changement dans les quantités de précipitations mesurées dans l'écozone[+] du Bouclier boréal de 1950 à 2007 pour : a) le printemps (de mars à mai), b) l'été (de juin à août), c) l'automne (de septembre à novembre) et d) l'hiver (de décembre à février).
Source : Zhang et coll., 2011[153] et données supplémentaires fournies par les auteurs

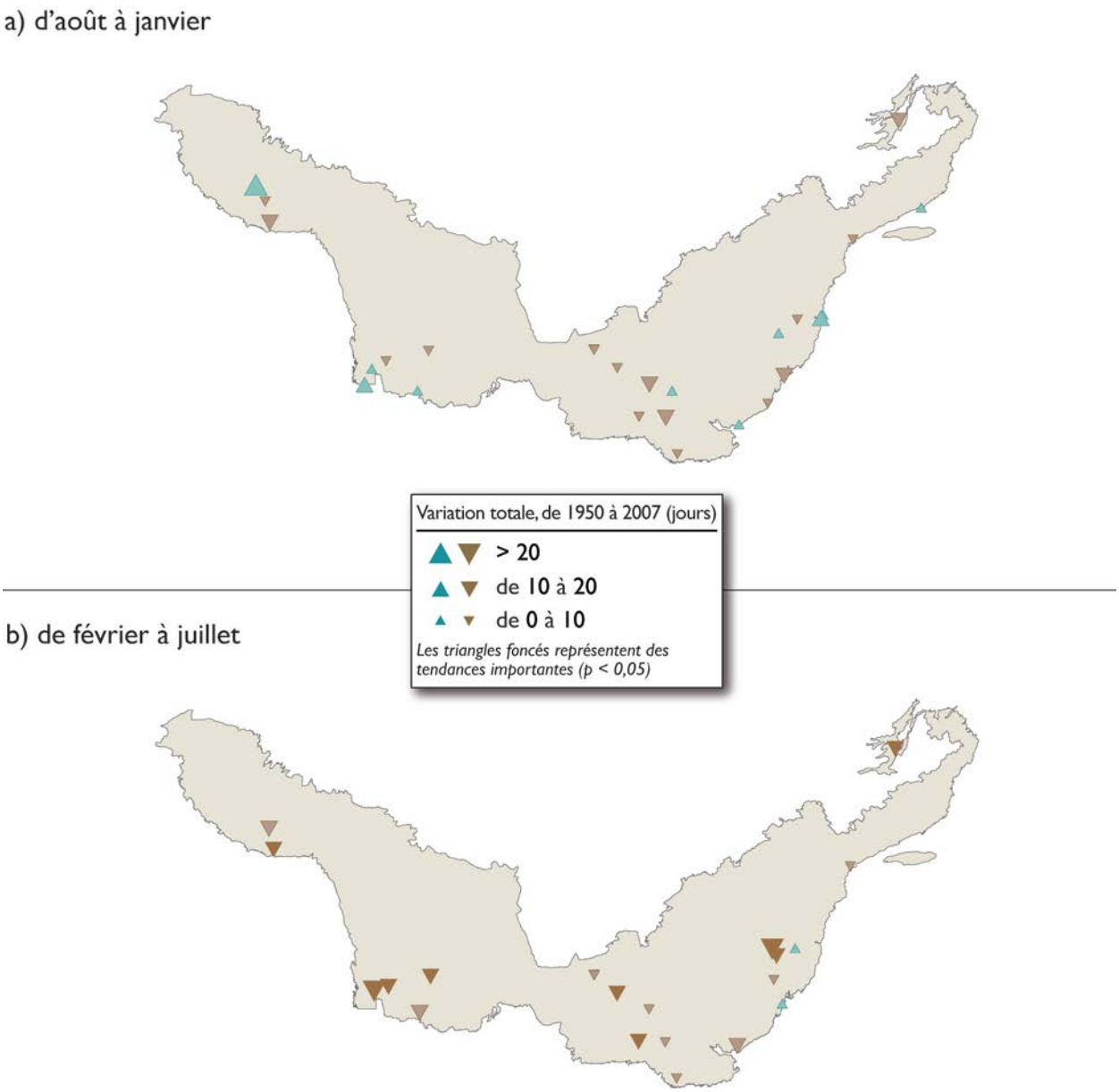


Figure 69. Changement dans la durée des neiges (le nombre de jours avec ≥2 cm de neige au sol) dans l'écozone[+] du Bouclier boréal de 1950 à 2007 dans a) la première moitié de la saison de neige (d'août à janvier), qui indique un changement dans la date de début de la couverture de neige et b) la deuxième moitié de la saison de neige (de février à juillet), qui indique un changement dans la date finale de la couverture de neige.
Source : Zhang et coll., 2011[153] et données supplémentaires fournies par les auteurs

Ces changements climatiques ont eu des effets directs et indirects sur la biodiversité en modifiant les processus hydrologiques, les perturbations naturelles, la productivité primaire et les infestations d'espèces non indigènes. Une augmentation des températures de printemps et d'hiver de même qu'une couverture de neige plus mince et une fonte des neiges précoce ont contribué à la réduction des débits annuels et à un déglacement précoce (voir la constatation clé

intitulée Écozone+ du Bouclier boréal : lacs et cours d'eau à la page 56)[14, 152, 153]. Les changements climatiques ont également accéléré l'érosion (voir la constatation clé sur les Écozone+ du Bouclier boréal : zones côtières à la page 69) en entraînant des niveaux d'eau plus élevés qui intensifient l'action des vagues, une diminution des glaces qui autrement stabiliseraient les rives et fixeraient les charges sédimentaires, ainsi que des situations de gel et de dégel plus fréquents, qui touchent particulièrement les falaises argileuses. Une augmentation prévue des tempêtes violentes peut aussi faciliter l'érosion côtière[168].

Des changements dans les précipitations et les températures sont des facteurs qui contribuent à des incendies plus abondants, précoces et moins intenses au centre du Québec (voir la constatation clé intitulée Écozone+ du Bouclier boréal : perturbations naturelles à la page 163). Ces configurations altérées de perturbations naturelles ont engendré un remplacement considérable des forêts boréales à couvert fermé par des terrains boisés de lichens moins productifs dans la seconde moitié du 20e siècle[68]. Ici, la forêt boréale se retire vers le nord, correspondant ainsi aux changements prévus dans la composition et la structure des écosystèmes en présence d'un climat changeant[390]. Au Québec et dans le sud du Labrador, les changements climatiques de 1985 à 2006 ont été associés à des tendances positives concernant la productivité primaire nette (voir la constatation clé sur la Écozone+ du Bouclier boréal : productivité primaire à la page 161)[391].

Une expansion de l'étendue des espèces indigènes et envahissantes concorde avec des tendances vers des températures printanières, estivales et hivernales plus chaudes, une saison de croissance qui commence plus tôt ainsi qu'une réduction de l'épaisseur de la neige et de la durée de l'enneigement. L'expansion de 2007 à 2009 des éclosions de l'arpenteuse de la pruche (*Lambdina fiscellaria fiscellaria*) a nécessité des plans de traitement aux pesticides sans précédent dans le sud du Labrador. Le grand héron (*Ardea herodias*), le pélican d'Amérique (*Pelecanus erythrorhynchos*) et quelques espèces d'oiseaux terrestres sylvicoles ont été vus plus fréquemment dans la partie nord de leur aire de répartition et peut-être moins souvent dans la partie sud, ce qui semble indiquer un mouvement vers le nord. L'augmentation de la température de l'eau peut avantager les espèces de poisson d'eaux chaudes telles que l'achigan à petite bouche, possiblement au détriment des espèces de poisson d'eaux froides telles que le touladi. Les espèces non indigènes envahissantes, les parasites et les agents pathogènes s'étendent vers le nord (voir la constatation clé sur les espèces non indigènes envahissantes à la page 91). D'autres espèces, notamment le dendroctone du pin ponderosa (*Dentroctonus ponderosae*), ont étendu leur aire de répartition jusque dans les écozones+ adjacentes et devraient atteindre l'écozone+ du Bouclier boréal dans les années qui viennent.

Écozone+ Boréale de Terre-Neuve : changements climatiques

On remarque des changements significatifs dans les températures moyennes estivales et automnales dans l'écozone+ Boréale de Terre-Neuve (Tableau 18 et la Figure 70)[153]. Les quantités de précipitations au printemps, à l'automne et à l'hiver se sont accrues de 0,2 %, tandis que les précipitations d'été n'ont subi aucun changement significatif (Figure 71). Des changements dans les précipitations ont entraîné des fluctuations en ce qui concerne l'écoulement fluvial[152]. Par exemple, le débit d'eau dans la rivière Bay du Nord a augmenté au printemps et diminué en été depuis 1970[152]. Aucun changement n'a été mesuré dans la proportion des précipitations qui tombent sous forme de pluie et sous forme de neige, ou dans la durée de la couverture de neige. Cependant, l'épaisseur maximale annuelle de neige a augmenté de 32,5 cm depuis 1950[153].

Tableau 18. Résumé des changements dans les variables climatiques de l'écozone+ Boréale de Terre-Neuve de 1950 à 2007.

Variable climatique	Tendances de 1950 à 2007
Température	**↑ de 1,7 °C des températures estivales globalement** **↑ de 1,0 °C des températures automnales globalement** **Aucune tendance significative au printemps ou à l'hiver**
Saison de croissance	**Aucune tendance significative concernant le début, la fin ou la durée de la saison de croissance**
Précipitations	**↑ de 0,2 % dans les précipitations printanières** **↑ de 0,2 % dans les précipitations automnales** **↑ de 0,2 % dans les précipitations hivernales** **Aucune tendance significative pour les précipitations estivales** **Aucune tendance significative relative à la quantité de précipitation tombant sous forme de pluie versus sous forme de neige**
Neige	**↑ de 32,5 cm dans l'épaisseur maximale annuelle de neige** **Aucune tendance significative dans le nombre de jours présentant une couverture de neige**
Indice de sécheresse	**Aucune tendance significative**

Source : Zhang et coll. 2011[153] et données supplémentaires fournies par les auteurs

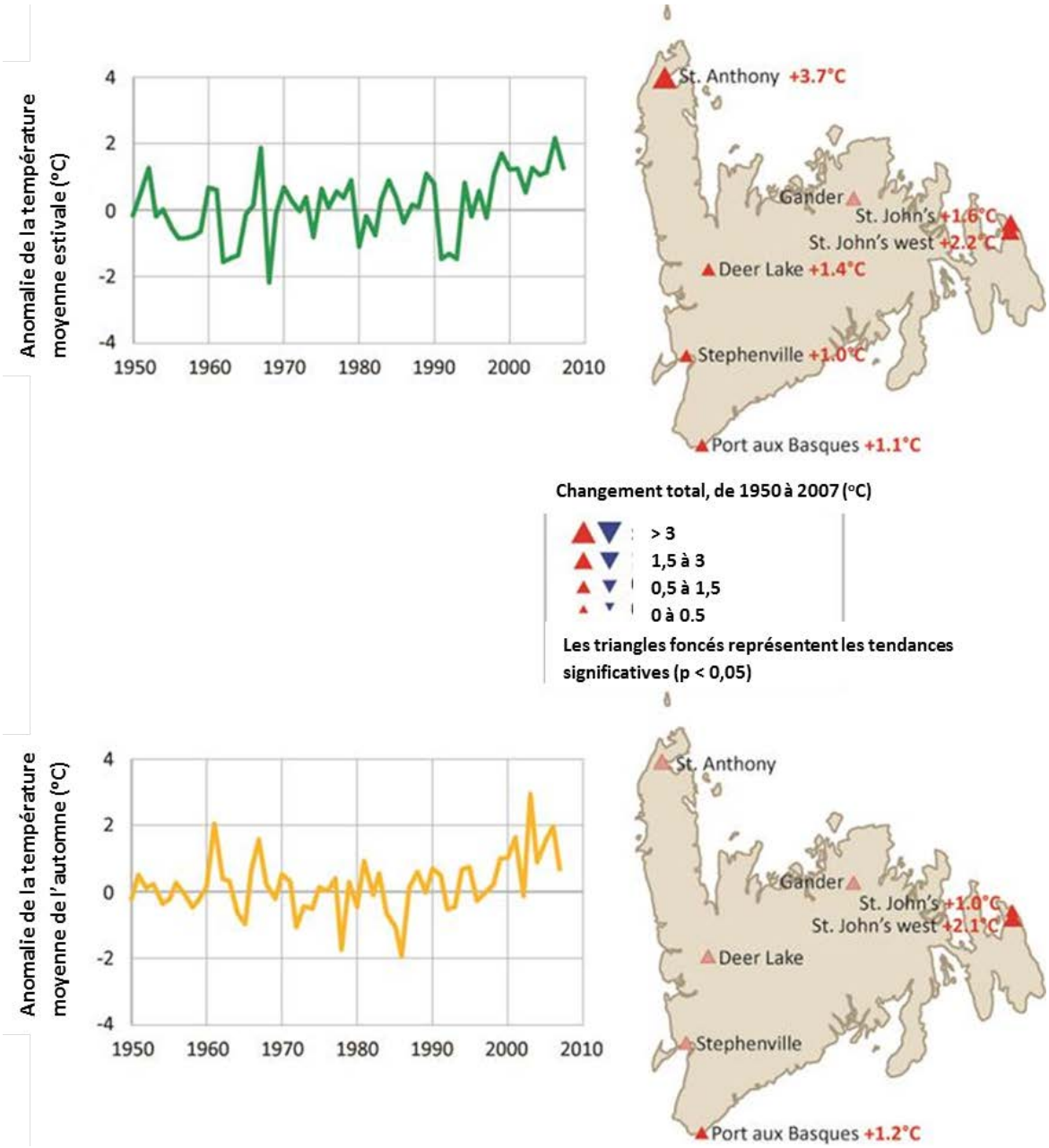


Figure 70. Anomalies dans les températures moyennes a) durant l'été (de juin à août) et b) durant l'automne (de septembre à novembre) de 1950 à 2007 par rapport aux moyennes de la période de base (de 1961 à 1990) dans l'écozone⁺ Boréale de Terre-Neuve.
Les graphiques montrent les tendances pour l'ensemble de l'écozone⁺ et les cartes montrent les tendances (p < 0,05) pour les stations individuelles.
Source : Zhang et coll., 2011[153] et données supplémentaires fournies par les auteurs

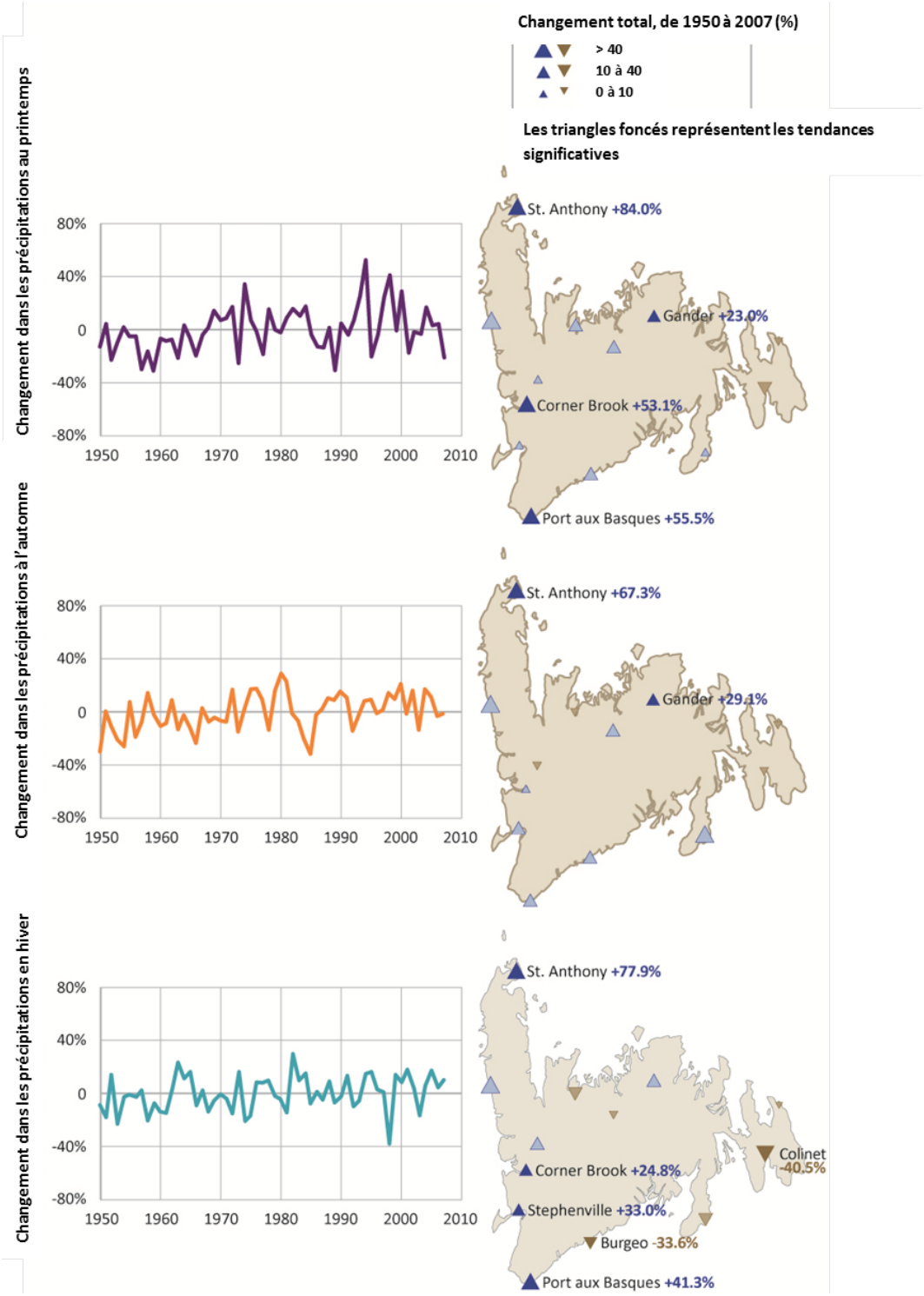


Figure 71. Anomalies des précipitations a) au printemps (de mars à mai), b) à l'automne (de septembre à novembre) et c) à l'hiver (de décembre à février) de 1950 à 2007 par rapport aux moyennes pour la période de base (de 1961 à 1990) dans l'écozone⁺ Boréale de Terre-Neuve.
Les graphiques montrent les tendances pour l'ensemble de l'écozone⁺ et les cartes montrent les tendances (p < 0,05) pour les stations individuelles.
Source : Zhang et coll., 2011[153] et données supplémentaires fournies par les auteurs

Comme le reste du Canada atlantique, Terre-Neuve s'attend à connaître, en raison des changements climatiques, une élévation du niveau de la mer, des tempêtes plus fréquentes, une augmentation de l'intensité des tempêtes, de même qu'une érosion accrue des côtes et des inondations[143, 392].

Constatation clé 15 **Thème** Interactions humains-écosystèmes

Services écosystémiques

Constatation clé à l'échelle nationale

Le Canada est bien pourvu en milieux naturels qui fournissent des services écosystémiques dont dépend notre qualité de vie. Dans certaines régions où les facteurs de stress ont altéré le fonctionnement des écosystèmes, le coût pour maintenir les écoservices est élevé, et la détérioration de la quantité et de la qualité des services écosystémiques ainsi que de leur accès est évidente.

Écozone+ du Bouclier boréal : services écosystémiques

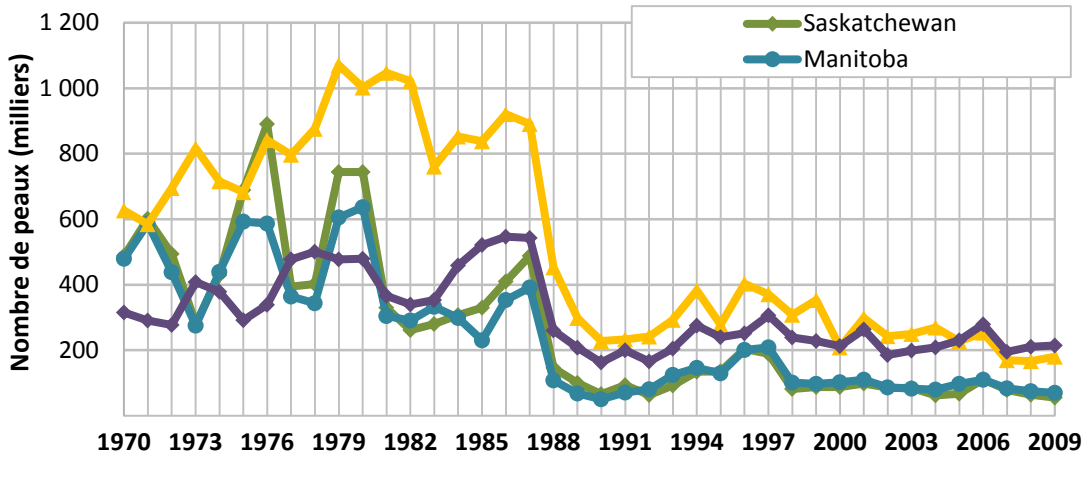
Les écosystèmes procurent les biens directs et les services indirects qui assurent le bien-être des êtres humains à partir d'un milieu naturel et en santé. Ces écoservices comprennent les services d'approvisionnement, de régulation, de soutien et culturels. À la suite du rapport de l'Évaluation de l'écosystème du millénaire de l'Organisation des Nations Unies (ONU) en 2005[393], l'institut Pembina a déterminé, inventorié et mesuré la pleine valeur économique de nombreux biens et services écologiques fournis par la région boréale du Canada. Ils ont élaboré le Boreal Ecosystem Wealth Accounting System (BEWAS, ou système comptable de la richesse de l'écosystème boréal), un outil servant à mesurer et à produire des rapports sur les conditions physiques et l'entière valeur économique du capital naturel et des écoservices de la région boréale[394]. La valeur marchande nette était estimée à 37,5 milliards de dollars en 2002 pour l'ensemble des produits tirés de la forêt boréale chaque année. Si l'on en avait tenu compte, ce chiffre aurait représenté 4,2 % du produit intérieur brut (PIB) du Canada en 2002[394]. Le calcul de la valeur marchande nette est basé sur la contribution au PIB du Canada de la récolte du bois, de l'exploitation minière, de l'extraction du pétrole et du gaz et de la production hydroélectrique dans la forêt boréale (62 milliards de dollars) auquel on soustrait une valeur estimée de 11 milliards de dollars en coûts environnementaux (p. ex., les coûts liés à la pollution de l'air) et en coûts sociaux (comme les subventions gouvernementales) associés à ces activités industrielles. Les biens et services non négociables liés aux écosystèmes étaient évalués à 703,2 milliards de dollars (Tableau 19)[394].

Tableau 19. Sommaire des valeurs économiques du capital naturel pour la région boréale du Canada.

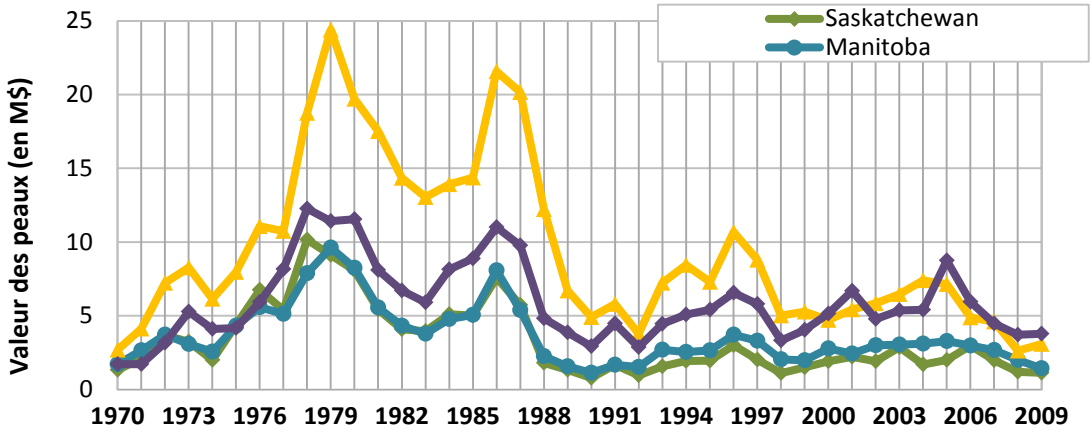
	Forêts	Milieux humides et tourbières	Minéraux et biens au sous-sol	Ressources en eau	Production de déchets	TOTAL
Valeurs marchandes	18,8 G$		23,6 G$	19,5 G$		62 G$
Coûts[a]	150 M$		1 G$		9,9 G$	11 G$
Valeurs non marchandes	180,1 G$	512,6 G$				703,2 G$
Exemples	Contrôle des organismes nuisibles par les oiseaux Activités liées à la nature Séquestration du carbone	Contrôle des inondations Séquestration du carbone Filtration de l'eau Valeur de la biodiversité	Dépenses du gouvernement fédéral pour les subventions aux secteurs du pétrole, du gaz et des mines	Production hydroélectrique à partir des barrages et des réservoirs	Coûts pour la santé humaine liés à la pollution de l'air[b]	

Les valeurs marchandes sont indiquées en bleu, les coûts environnementaux et sociaux en rouge et les valeurs non marchandes en vert. Un indice implicite du prix en chaîne du PIB a été utilisé tout au long de l'étude afin de normaliser les prix en dollars de 2002.
[a]Ceux-ci sont soit des coûts environnementaux ou des coûts sociaux liés aux activités de marché (p. ex., les opérations de l'industrie forestière).
[b]basé sur les estimations de coûts liés à la pollution de l'air de l'Union européenne pour le SO_2, les NO_x, les $MP_{2.5}$, et les COV en 2002.
Source : Anielski et Wilson, 2005[395]

Il existait davantage d'information sur certains services d'approvisionnement et culturels à l'échelle provinciale ou locale. Les données de récolte tirées de la chasse et du trappage ont été utilisées pour déterminer les tendances pour la constatation clé Écozone+ du Bouclier boréal : espèces présentant un intérêt économique, culture ou écologique particulier à la page 146. Certains renseignements de trappage ont été présentés pour déterminer le nombre cumulatif de peaux d'animaux sauvages produites au Québec, en Ontario, au Manitoba et en Saskatchewan de 1970 à 2009[396]. De 1987 à 1988, le rendement du trappage de fourrures a chuté de plus de 50 %, une situation imputable en grande partie à une réduction du nombre de fourrures de rat musqué (*Ondatra zibethicus*). Ce déclin dans le trappage était sans doute attribuable aux nouvelles méthodes de trappage introduites au Canada dans les années 1980. Il est donc probable que cela ne représente pas les tendances en matière de population. L'Accord sur les normes internationales de piégeage sans cruauté (ANIPSC) a finalement été ratifié par le Canada en 1999 et la mise en œuvre de ses normes s'est achevée en 2007[397].



a)



b)

Figure 72. a) Nombre total de peaux d'animaux sauvages (représentant toutes les espèces de l'écozone+ qui sont piégées) et b) valeur des peaux d'animaux sauvages piégés par province de 1970 à 2006. Ces données pour l'ensemble des provinces dépassent les frontières de l'écozone+ du Bouclier boréal. Source : Statistique Canada, 2009[396]

Les peuples autochtones ont observé les changements concernant les bleuets (*Vaccinium myrtilloides*), le riz sauvage (*Zizania aquatica*) et le poisson dans l'écozone+ du Bouclier boréal. La croissance du bleuet peut avoir diminué en raison des températures plus chaudes, de la sécheresse et de la suppression d'incendies[3, 398]. La répartition et la récolte du riz sauvage ont été altérées par les aménagements hydroélectriques au début des années 1900[399]. On a également rapporté que les changements hydrologiques liés à ces aménagements étaient responsables de changements dans l'écologie des poissons, y compris le comportement de fraie[400], la présence de certaines espèces[401] et une réduction globale de la biodiversité des eaux douces[402].

Écozone+ Boréale de Terre-Neuve : écoservices

On n'a trouvé aucune évaluation des biens et services liés aux écosystèmes pour l'écozone+ Boréale de Terre-Neuve. L'orignal est une ressource faunique évaluée par les habitants de Terre-Neuve pour sa valeur esthétique, économique et de subsistance, tandis que la chasse annuelle est une pratique culturelle importante dans l'écozone+ Boréale de Terre-Neuve. Plus de 25 000 permis de chasse ont été vendus au cours des cinq dernières années; de ce nombre, jusqu'à 10 % sont allés à des chasseurs non résidents[95]. Les revenus de chasse et les autres activités touristiques liées à l'orignal injectent plus de 100 millions de dollars annuellement dans l'économie de Terre-Neuve[95].

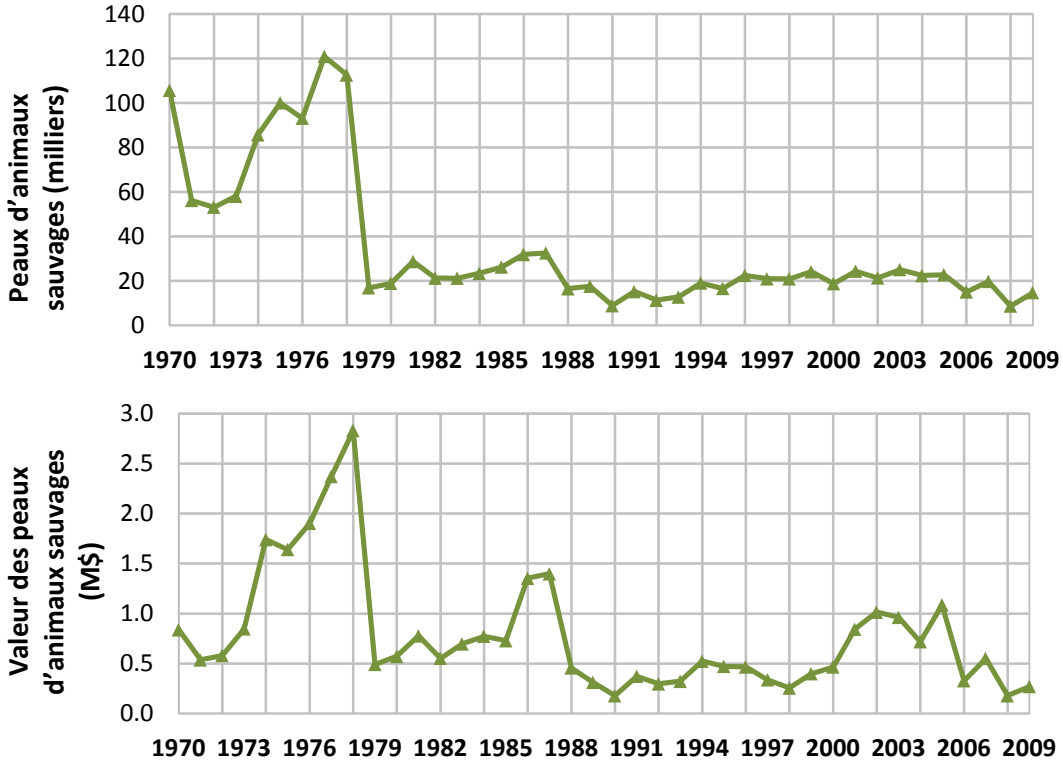


Figure 73. a) Nombre total de peaux d'animaux sauvages (représentant toutes les espèces de l'écozone+ qui sont piégées) et b) valeur des peaux d'animaux sauvages piégés à Terre-Neuve-et-Labrador de 1970 à 2006.
Ces données sont provinciales et dépassent les frontières de l'écozone+ Boréale de Terre-Neuve.
Source : Statistique Canada, 2009[396]

THÈME : HABITATS, ESPÈCES SAUVAGES ET PROCESSUS ÉCOSYSTÉMIQUES

Thème Habitats, espèces sauvages et processus écosystémiques

Paysages terrestres et marins intacts

Les paysages terrestres et marins intacts ont d'abord été caractérisés comme constatation clé récurrente à l'échelle nationale; les renseignements ont été compilés et évalués par la suite pour l'écozone+ du Bouclier boréal. Dans la version définitive du rapport national[6], les renseignements relatifs aux paysages terrestres et marins intacts ont été incorporés à d'autres constatations clés. Ces renseignements ont été maintenus comme constatation clé distincte pour l'écozone+ du Bouclier boréal.

Écozone+ du Bouclier boréal : paysages terrestres et marins intacts

En 2006, 64 % de la surface totale de l'écozone+ du Bouclier boréal était composée de parcelles de paysages terrestres intacts mesurant plus de 10 km² (Figure 74). Une parcelle de paysage terrestre est définie comme une mosaïque contiguë, d'origine naturelle et qui n'est pratiquement pas perturbée par une importante influence humaine. C'est une mosaïque d'un écosystème naturel varié, comprenant notamment des forêts, des bogues, de l'eau, de la toundra et des affleurements rocheux. La plupart de ces parcelles se situaient au nord de la limite de forêt aménagée[11]. Les paysages fragmentés résultent de l'exploitation forestière, des routes, de l'exploitation minière, des barrages et des réservoirs, des lignes de transport d'énergie et du développement industriel.

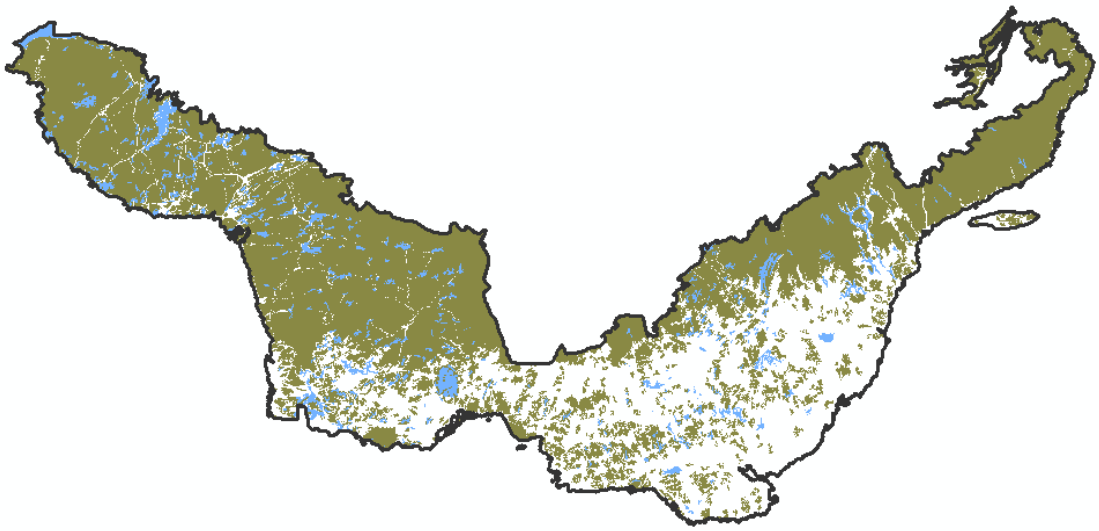


Figure 74. Parcelles de paysages terrestres intacts d'une superficie supérieure à 10 km² (montrés en vert) dans l'écozone+ du Bouclier boréal en 2006.
Source : Lee et coll., 2006[11]

Près de 10 % de l'écozone+ du Bouclier boréal faisait l'objet de concessions minières actives en 2006[403], quoiqu'il soit improbable qu'une grande partie de ce territoire devienne une mine active. Les mines fragmentent le paysage en raison de l'infrastructure et des routes développées pour les desservir. L'exploitation des mines constitue la principale industrie dans le nord de la Saskatchewan; on y compte six mines d'uranium et deux projets de mine d'or dans la portion de l'écozone+ du Bouclier boréal située en Saskatchewan. Les installations d'uranium dans la partie est du bassin d'Athabasca produisent 17 % des réserves d'uranium dans le monde[404]. En septembre 2012, un territoire de 55 000 km^2 était en règle pour la prospection minérale en Saskatchewan[404]. On compte huit mines en exploitation dans la portion située au Manitoba de l'écozone+ du Bouclier boréal, deux qui extraient l'or et six les métaux communs[405]. Le nord de l'Ontario a une histoire riche en exploitation minière, particulièrement dans la grande région de Sudbury[23]. Le nombre de revendications a augmenté de 500 % de 1998 à 2008, notamment dans la région appelée le « grand nord » en Ontario qui comprend les écozones+ du Bouclier boréal et des plaines hudsoniennes (Figure 75)[406]. L'or et le cuivre sont exploités dans la partie nord-ouest de l'écozone+ du Bouclier boréal au Québec. Les minéraux et les autres métaux sont extraits dans l'est (le fer à Fermont et le niobium près de Chicoutimi et de Sept-Îles), tandis que les trois plus grandes mines à ciel ouvert se trouvent en Abitibi[407].

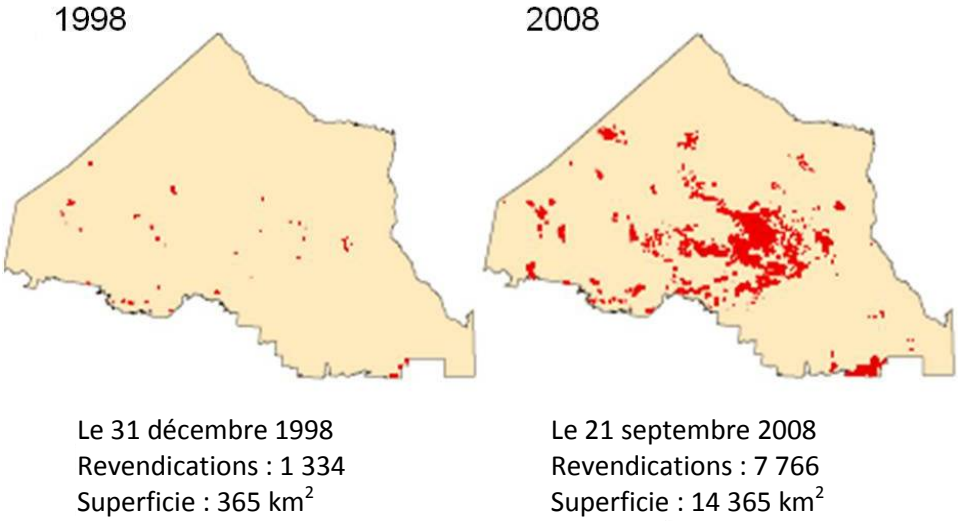


Figure 75. Régions faisant l'objet de revendications dans le « grand nord » de l'Ontario, en 1998 et en 2008.
Remarque : Les écozones+ du Bouclier boréal et des plaines hudsoniennes se sont séparé la région revendiquée en rouge presque également.
Source : le ministère du Développement du Nord, des Mines de l'Ontario, 2009[406]

Les barrages et les réservoirs altèrent le paysage physique et interrompent les régimes hydrologiques, tandis que le processus de retenue introduit des contaminants qui peuvent s'accumuler dans la chaîne alimentaire. Plus précisément, les barrages interrompent la migration des poissons, augmentent la sédimentation, altèrent l'habitat pour de nombreuses espèces et modifient les niveaux d'eau ainsi que les propriétés chimiques de l'eau[154]. Le degré

d'impact dépend de la taille des barrages, de leur exploitation et des caractéristiques biophysiques des écosystèmes[155, 156]. Cependant, les barrages peuvent fonctionner de façon à imiter les régimes hydrologiques naturels et à atténuer les effets indésirables[157].

Les barrages sont plus communs dans la partie sud-est de l'écozone+ (Figure 23)[158]. La plupart des barrages (79 %) ont été construits entre 1920 et 1969 (Figure 24) et un grand nombre d'entre eux arrivent à la fin de leur vie productive[12, 158].

Écozone+ Boréale de Terre-Neuve : paysages terrestres et marins intacts

En 2006, 57 % de l'écozone+ Boréale de Terre-Neuve était composée de « parcelles de paysage terrestre » (des lopins contigus de forêt, bogue, eau, toundra et affleurements rocheux de plus de 10 km^2) intactes (Figure 76)[11].

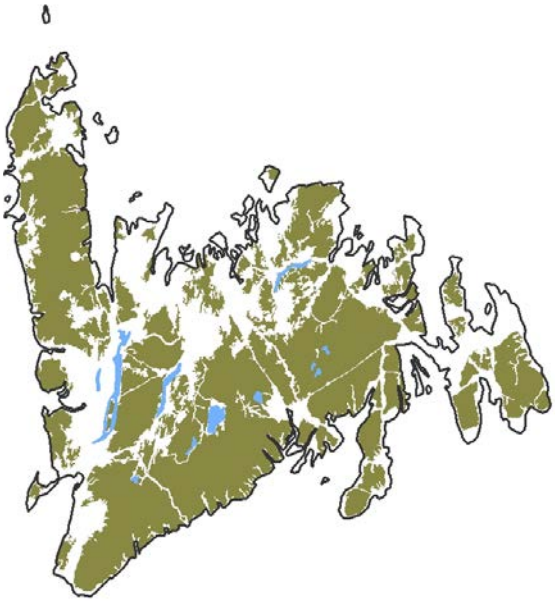


Figure 76. Parcelles de paysages terrestres intacts d'une superficie supérieure à 10 km^2 (montrés en vert) dans l'écozone+ Boréale de Terre-Neuve en 2006.
Source : Lee et coll., 2006[11]

Constatation clé 16 **Thème** Habitats, espèces sauvages et processus écosystémiques

Paysages agricoles servant d'habitat

Constatation clé à l'échelle nationale

Le potentiel des paysages agricoles à soutenir la faune au Canada a diminué au cours des 20 dernières années, principalement en raison de l'intensification des activités agricoles et de la perte de couverture terrestre naturelle et semi-naturelle.

Écozone+ du Bouclier boréal : paysages agricoles servant d'habitat

Les terres agricoles de l'écozone+ du Bouclier boréal se limitent à quelques régions bénéficiant d'une qualité du sol et d'un microclimat convenables. De 1986 à 2006, environ 1 930 km² ont été retirés de ce type de territoire, laissant seulement un peu plus de 130 000 km² de terres agricoles (1 % de l'écozone+ (Figure 77)[18]. Là où il y a des terres agricoles, elles sont bien dispersées parmi les régions boisées. Par conséquent, l'impact des terres agricoles sur la faune dans l'écozone+ est faible.

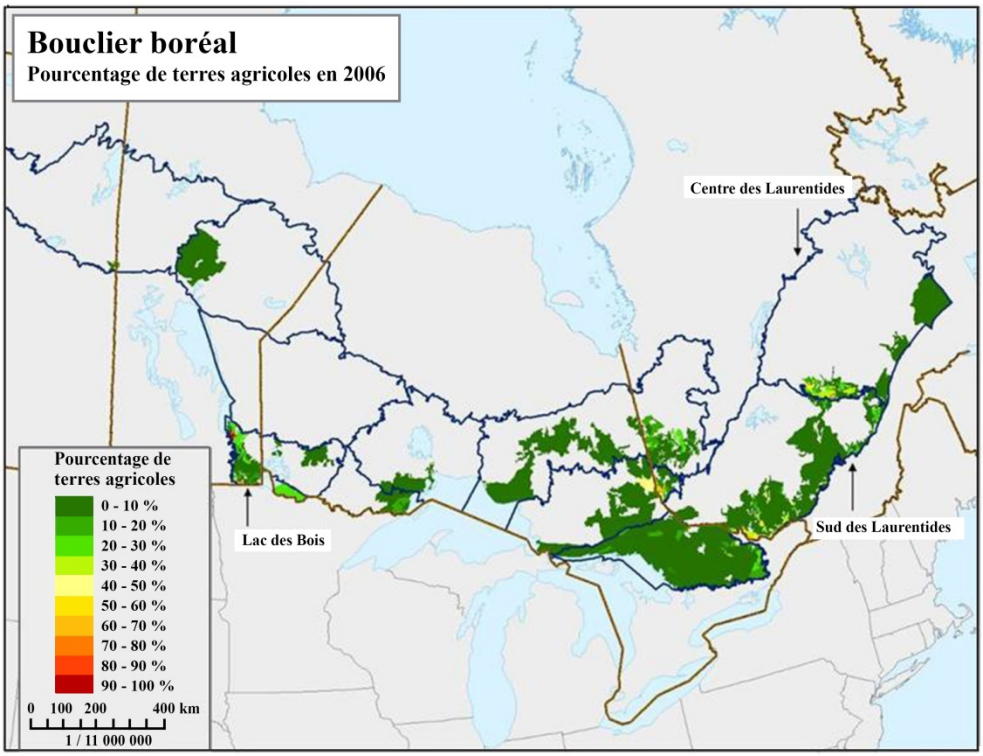
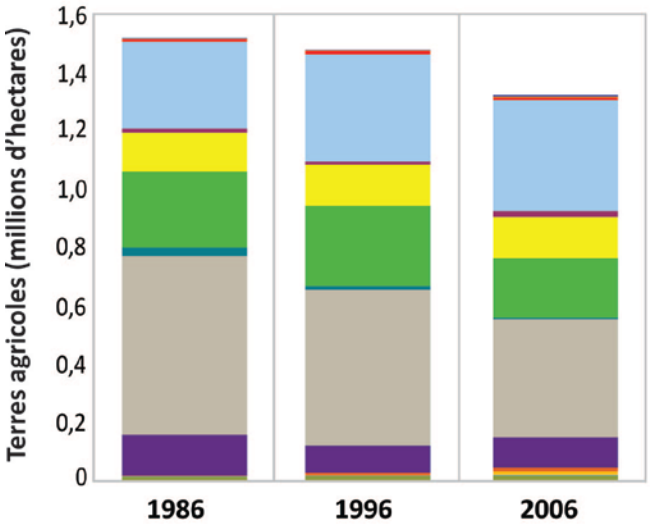


Figure 77. Pourcentage de terrain défini comme terres agricoles dans l'écozone+ du Bouclier boréal en 2006.
Les polygones de Pédo-paysages du Canada constituent l'unité de base pour cette analyse.
Source : Javorek et Grant, 2011[18]

Écozone⁺ du Bouclier boréal : capacité d'habitat faunique

L'indicateur de capacité d'habitat faunique sur les terres agricoles, un indicateur agroenvironnemental élaboré et suivi par Agriculture et Agroalimentaire Canada, fournit une évaluation d'espèces multiples des tendances de grande envergure concernant le potentiel du territoire agricole du Canada à soutenir l'habitat des vertébrés terrestres[18]. L'index mesure la valeur de chaque type de couverture pour 588 espèces d'oiseaux, de mammifères, de reptiles et d'amphibiens[409]. Un total de 349 espèces (249 oiseaux, 60 mammifères, 21 reptiles et 19 amphibiens) utilisent les terres agricoles de l'écozone⁺ du Bouclier boréal. Les 15 types de couverture terrestre étaient basés sur le Recensement de l'agriculture du Canada (Figure 78)[410]. Dans l'ensemble, les terres cultivées constituent une couverture terrestre mineure dans le Bouclier boréal, représentant seulement 0,3 % de la superficie du territoire. Ce 0,3 % exclut « toutes les autres terres », le « foin cultivé », les « pâturages en friche » et les « pâturages bonifiés » pour ne laisser que les catégories de terres cultivées dans la

Figure 78. La catégorie « toutes les autres terres » était la catégorie de couverture terrestre la plus importante en ce qui concerne la faune qui utilise les terres agricoles au Canada. Cette catégorie comprenait les milieux humides (avec les lisières, sans les lisières et en eau libre), les zones riveraines (boisées, herbacées et cultivées), les brise-vent (y compris les haies naturelles), les terrains boisés (avec ou sans une partie intérieure, les plantations), les terres improductives ou stériles ainsi que les terres anthropiques (les édifices de ferme, les serres, les allées). Dans l'écozone⁺ du Bouclier boréal, « toutes les autres terres » fournissaient un habitat servant à la fois pour la reproduction et l'alimentation pour 85 % (298) des espèces qui utilisent les terres agricoles (Figure 78). Cependant, la couverture de cette importante catégorie d'habitat de la faune s'est rétrécie, passant de 40 % à 30 % de 1986 à 2006 (Figure 78). Les « pâturages en friche » fournissaient un habitat servant à la fois d'aire de reproduction et d'alimentation pour 17 % des espèces (59 espèces) et pouvaient répondre à au moins un besoin en matière d'habitat pour 32 % des espèces (112 espèces) (figure 78). Seulement 13 % des espèces (46 espèces) pouvaient combler tous leurs besoins en matière d'habitat relativement à la reproduction et à l'alimentation sur les terres cultivées et 26 % des espèces (89 espèces) pouvaient utiliser ces types de couverture en tant qu'habitat pour un de leurs besoins (Figure 79). Par conséquent, le fait de maintenir des paysages agricoles hétérogènes avantage la faune, car les animaux sauvages peuvent se reproduire dans un type de couverture terrestre mais s'alimenter dans un autre[18].



Type de couverture	Pourcentage de terres agricoles 1986	1996	2006
Céréales d'hiver	0,1	0,1	0,4
Légumes	0,1	0,1	0,1
Arbres fruitiers	0,0	0,0	0,0
Autres cultures	0,5	0,8	0,8
Foin cultivé	19,6	24,8	28,7
Maïs	0,9	0,8	1,5
Céréales	8,8	9,5	10,6
Pâturages non améliorés	17,1	18,6	15,4
Jachère	2,0	0,9	0,5
Autres terres	40,3	36,1	30,4
Pâturages améliorés	9,2	6,3	7,8
Petits fruits	0,1	0,6	1,0
Soja	0,0	0,1	1,0
Légumineuses à grain	0,1	0,1	0,1
Oléagineux	1,0	1,2	1,6

Figure 78. Superficie totale des terres agricoles, quantité de terrain par type de couverture et pourcentage relatif de chaque type de couverture (dans le tableau) pour l'écozone⁺ du Bouclier boréal en 1986, 1996 et 2006.
Source : Javorek et Grant, 2011[18]

La capacité d'habitat faunique sur les terres agricoles dans l'écozone⁺ du Bouclier boréal a connu un déclin significatif (ANOVA : F = 88,6, Tukey HSD $p = 0,0001$), passant d'« élevée » (79,7 ± 13,4) en 1986 à « modérée » (63,8 ± 14,4) en 2006 (Figure 78). De 1986 à 2006, la capacité d'habitat a diminué sur 71 % des terres agricoles, augmenté sur 6 % et est restée constante sur 23 % de celles-ci (ANOVA, Tukey HSD $p < 0,05$, Figure 79).

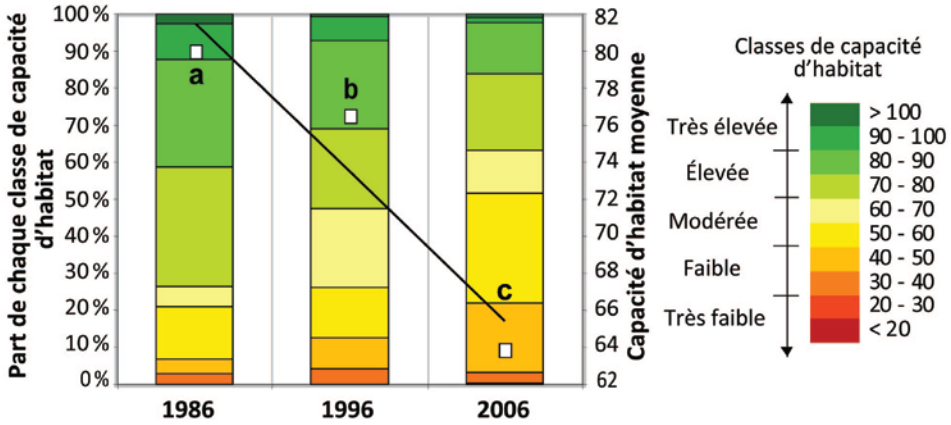


Figure 79. La proportion de terres agricoles dans chaque catégorie de capacité d'habitat (ordonnée de gauche, barres empilées) et la capacité d'habitat moyenne (ordonnée de droite, points et ligne) pour l'écozone⁺ du Bouclier boréal en 1986, 1996 et 2006.
Les années comportant des lettres différentes indiquent une différence significative ($p < 0,05$).
Source : Javorek et Grant, 2011[18]

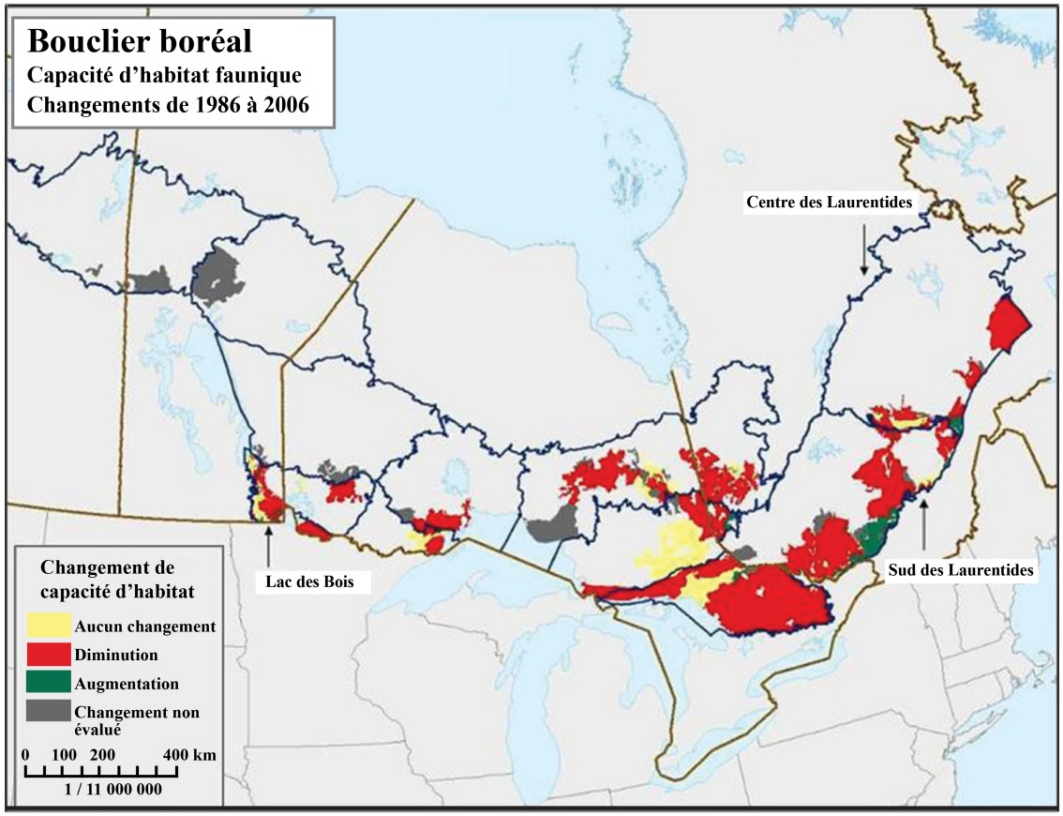


Figure 80. Changements dans la capacité d'habitat de la faune sur les terres agricoles de l'écozone⁺ du Bouclier boréal de 1986 à 2006.
Source : Javorek et Grant, 2011[18]

Voici les tendances de trois écorégions dont la production agricole est relativement élevée dans l'écozone⁺ du Bouclier boréal : le centre des Laurentides a présenté le plus important déclin de la capacité d'habitat (de 78 % à 59 %); le deuxième plus important déclin a été observé dans le sud des Laurentides (83 % à 74 %); et finalement, le lac des Bois a connu un déclin de 58 % à 51 % (Figure 80). Le lac des Bois a constamment enregistré la plus faible capacité d'habitat, surtout en raison de sa petite proportion, qui s'amenuise, de « toutes les autres terres » (de 23 % à 17 %). Par comparaison, la catégorie « toutes les autres terres » s'est abaissée et est passée de 37 % à 26 % dans le centre des Laurentides et de 46 % à 39 % dans le sud des Laurentides. Alors que l'empreinte agricole se rétrécissait dans l'écozone⁺ du Bouclier boréal, la couverture de terres cultivées a pris de l'expansion, passant de 32 % à 43 % (Figure 78). Cette hausse est principalement attribuable à une augmentation de 9 % du « foin cultivé » de 1986 à 2006 (Figure 78). Ces facteurs se sont combinés pour réduire la capacité d'habitat de la faune sur les terres agricoles d'élevée à modérée sur une période de 20 ans (Figure 79). Cette perte de la capacité d'habitat de la faune était corrélée à des réductions d'oiseaux terrestres qui utilisent ces habitats (voir la section intitulée Écozone⁺ du Bouclier boréal : oiseaux à la page 146).

Écozone+ du Bouclier boréal : oiseaux d'habitats ouverts

Les oiseaux d'habitats ouverts constituent une proportion mineure de l'avifaune et se tiennent surtout dans la partie méridionale de l'écozone+. À l'exception du merle bleu de l'Est (*Sialia sialis*), la plupart des espèces d'oiseaux d'habitats ouverts perdent du terrain (Tableau 20). Les déclins chez l'hirondelle rustique et l'engoulevent d'Amérique (*Chordeiles minor*) sont cohérents avec un déclin généralisé des insectivores aériens dans tout le Canada[75].

Tableau 20.Tendances relatives à l'abondance (variation en % par année) et fiabilité de celles-ci dans le cas des oiseaux d'habitats ouverts dans les portions ontariennes et québécoises de l'écozone+ du Bouclier boréal, de 1970 à 2012.

Espèce	RCO 8 tendance annuelle	RCO 8 fiabilité	RCO 12 tendance annuelle	RCO 12 fiabilité
Crécerelle d'Amérique (*Falco sparverius*)	-0,93	Faible	-1,33	Haute
Hirondelle de rivage (*Riparia riparia*)	-7,23	Faible	-12,6	Médium
Hirondelle rustique (*Hirundo rustica*)	-4,32	Faible	-6,17	Médium
Vacher à tête brune (*Molothrus ater*)	-7,54	Médium	-7,86	Haute
Hirondelle à front blanc (*Petrochelidon pyrrhonota*)	-6,96	Faible	-8,62	Haute
Engoulement d'Amérique (*Chordeiles minor*)	-1,76	Faible	-5,76	Médium
Merlebleu de l'Est (*Sialia sialis*)			1,64	Médium
Tyran tritri (*Tyrannus tyrannus*)	-1,28	Faible	-3,5	Médium
Hirondelle bicolore (*Tachycineta bicolor*)	-3,39	Faible	-4,98	Haute

Seule la moitié nord de la RCO 12 se retrouve dans l'écozone+, de sorte de ces données s'étendent au-delà des limites de l'écozone+ vers le sud et peuvent sous-représenter d'autres secteurs de l'écozone+ [85]

Source : Environnement Canada 2014[78]

Écozone+ Boréale de Terre-Neuve : paysages agricoles servant d'habitat

La constatation clé sur les paysages agricoles servant d'habitat n'était pas pertinente pour l'écozone+ Boréale de Terre-Neuve en raison de la petite proportion de terres agricoles dans l'écozone+.

Constatation clé 17 **Thème** Habitats, espèces sauvages et processus écosystémiques

Espèces présentant un intérêt économique, culturel ou écologique particulier

Constatation clé à l'échelle nationale

De nombreuses espèces d'amphibiens, de poissons, d'oiseaux et de grands mammifères présentent un intérêt économique, culturel ou écologique particulier pour les Canadiens. La population de certaines espèces diminue sur le plan du nombre et de la répartition, tandis que chez d'autres, elle est soit stable ou en pleine santé ou encore en plein redressement.

Écozone+ du Bouclier boréal : espèces présentant un intérêt économique, culture ou écologique particulier

La plus grande richesse d'espèces se trouve dans la région la plus au sud de cette écozone+, à l'est de la baie Georgienne, avec plus de 200 espèces d'oiseaux et 60 espèces d'arbres[411]. La richesse des espèces diminue progressivement vers le nord, et connaît une réduction appréciable à la limite des forêts aménagées, particulièrement pour les mammifères, les reptiles et les amphibiens[11, 411].

Il existe peu de relevés de populations sur les espèces présentant un intérêt particulier dans l'écozone+ du Bouclier boréal. Les tendances peuvent être dégagées des récoltes commerciales ou récréatives des espèces à fourrure (Figure 72), mais ces dernières sont faussées par les fluctuations du marché et les efforts des chasseurs. Il y a des lacunes majeures en ce qui concerne le poisson, les reptiles et les amphibiens.

Écozone+ du Bouclier boréal : oiseaux

Les estimations des assemblages d'oiseaux ont été fondées sur une analyse des données de 1968-2006 à l'échelle des écozones+ du Relevé des oiseaux nicheurs de l'Amérique du Nord (BBS)[75].

Oiseaux terrestres

Une grande partie des données recueillies par le BBS dans l'écozone+ du Bouclier boréal provient de la partie sud du bouclier en Ontario et au Québec. Le BBS couvre les zones agricoles de la région relativement bien, car ces zones tendent à être accessibles par la route[75]. Les déclins étaient considérables pour les oiseaux d'arbustes et de successions et les oiseaux urbains (déclin de 0,7 %/année), les oiseaux d'autres habitats ouverts (déclin de 4 %/année) et les oiseaux des prairies (déclin de 2,5 %/année) (Figure 81). Les tendances pour les oiseaux terrestres des milieux humides n'ont pas été calculées, car peu d'oiseaux terrestres peuvent être catégorisés sans ambiguïté dans cet assemblage et le BBS ne représente pas bien l'habitat de milieu humide. L'assemblage d'oiseaux forestiers montre des populations presque stables, même si les tendances relatives aux espèces individuelles dans ce groupe varient de déclins considérables à des gains considérables[75]. Les déclins chez les oiseaux, particulièrement les oiseaux chanteurs, ont été remarqués par les aînés autochtones de l'ouest de l'écozone+ du Bouclier boréal[3].

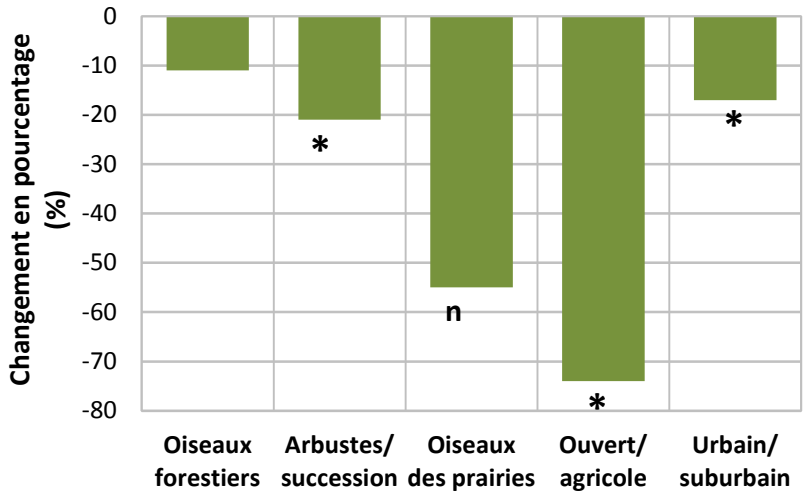


Figure 81. Changement en pourcentage de l'abondance relative moyenne des assemblages d'oiseaux dans l'écozone⁺ du Bouclier boréal entre les années 1970 et 2000 à 2006.
*p représente la signification statistique : * indique que p < 0,05; n indique que 0,05 < p < 0,1; aucune valeur indique qu'il n'y a pas de signification statistique.*
Source : Downes et coll., 2011[75], selon les données des Relevés des oiseaux nicheurs[412]

Oiseaux forestiers

Les populations d'oiseaux forestiers en tant qu'assemblage étaient relativement stables (Figure 82), bien que les espèces individuelles présentent un mélange de populations croissantes, décroissantes et stables (Tableau 6). Voir la section intitulée Écozone⁺ du Bouclier boréal : oiseaux forestiers à la page 35.

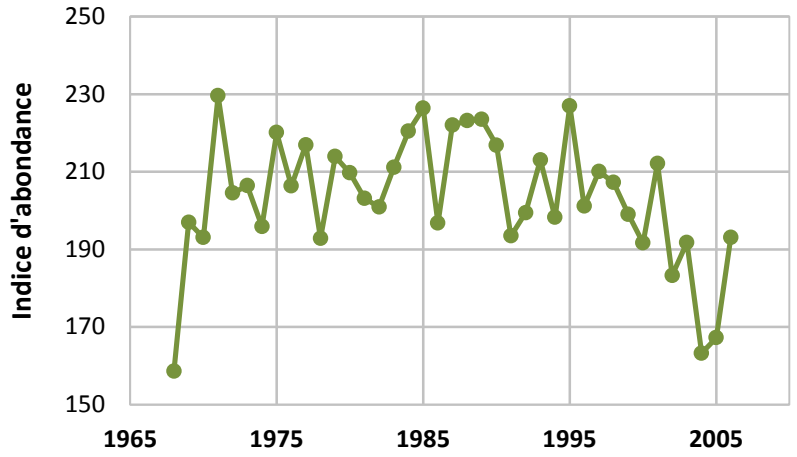


Figure 82. Changements dans l'indice d'abondance annuel pour les oiseaux forestiers de l'écozone⁺ du Bouclier boréal de 1968 à 2006.
Source : Downes et coll., 2011[75], selon les données des Relevés des oiseaux nicheurs[412]

Oiseaux d'arbustes ou d'habitats au stade pionnier

L'assemblage d'oiseaux d'habitats au stade pionnier, tels que des terres stériles ou des forêts en régénération, est à la baisse (Figure 83). Selon le BBS, les populations de bruant à gorge blanche (*Zonotrichia albicollis*) diminuent à un rythme plus rapide dans le sud de l'écozone+ (-0,49 dans la RCO 12, qui comprend l'écozone+ des plaines à forêts mixte) qu'au nord (-0,25 dans la RCO 8). De même, le Noël fait état d'un déclin des populations dans le sud de ses quartiers d'hiver et d'une hausse dans le nord, ce qui semble indiquer un mouvement vers le nord de leur distribution hivernale[413].

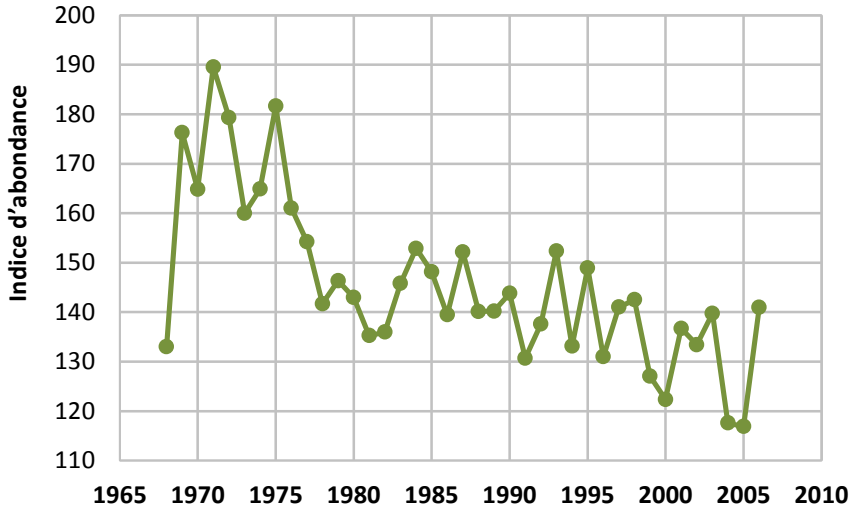


Figure 83. Changements dans l'indice d'abondance annuel pour les oiseaux d'arbustes ou d'habitats au stade pionnier dans l'écozone+ du Bouclier boréal de 1968 à 2006.
Source : Downes et coll., 2011[75], selon les données des Relevés des oiseaux nicheurs[412]

Oiseaux d'autres habitats ouverts

Les oiseaux appartenant à l'assemblage d'autres habitats ouverts présentent la plus grande diminution générale de tous les assemblages de l'écozone+ du Bouclier boréal; ces déclins sont surtout apparents depuis la fin des années 1980 (Figure 84). Dans le passé, un grand nombre de ces espèces n'étaient présents qu'en petit nombre dans l'écozone+. Le défrichement pour l'agriculture a créé un plus grand habitat et les populations ont augmenté. Les déclins constatés depuis le milieu des années 1980 peuvent être le reflet de la perte de cet habitat en raison du reboisement des terres agricoles abandonnées dans certaines parties de l'écozone+[414]. L'expansion de l'agriculture a également causé la perte de la capacité d'habitat de la faune entre 1986 et 2006 (voir l'indicateur dans la section intitulée Écozone+ du Bouclier boréal : capacité d'habitat faunique de la page 142).

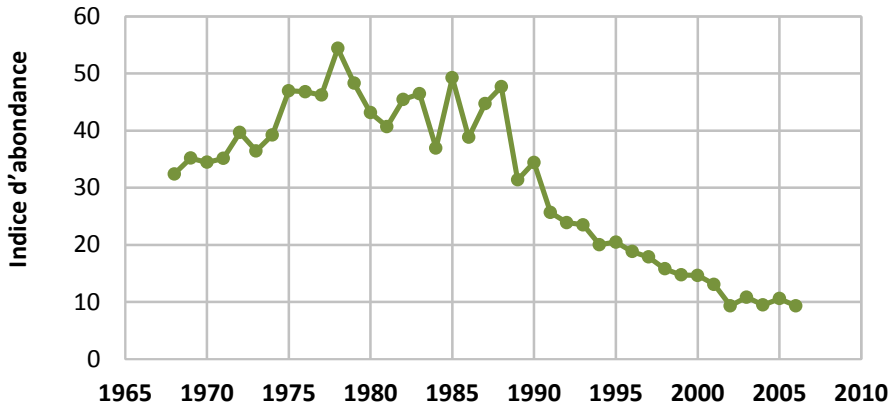


Figure 84. Changements dans l'indice d'abondance annuel pour les oiseaux d'autres habitats ouverts dans l'écozone⁺ du Bouclier boréal de 1968 à 2006.
Source : Downes et coll., 2011[75], selon les données des Relevés des oiseaux nicheurs[412]

Écozone⁺ du Bouclier boréal : caribou des bois (population boréale)

Le caribou des bois de la population boréale (c.-à-d. le caribou boréal) a été inscrit comme espèce menacée en vertu de la *Loi sur les espèces en péril* (LEP) en 2003[415]. La classification du caribou utilisée dans ce rapport suit le système de classification actuel de la *Loi sur les espèces en péril* (LEP). En 2011, le COSEPAC a adopté 12 unités désignables pour le caribou au Canada qui seront utilisées pour les évaluations de caribou et les décisions d'inscription subséquentes en vertu de la LEP à partir de 2014. Cette section sur le caribou boréal est basée sur l'*Évaluation scientifique aux fins de la désignation de l'habitat essentiel* de 2011 [416] et le *Programme de rétablissement du caribou des bois* (Rangifer tarandus caribou) *de la population boréale du Canada* de 2012[417]. Les renseignements contenus dans ce rapport ont été mis à jour depuis la publication du rapport thématique national du RETE, *Tendances de la population boréale du caribou des bois au Canada* [418].

Le caribou boréal est un caribou sylvicole et sédentaire présent seulement au Canada et distribué largement dans l'ensemble de la forêt boréale[419, 420]. L'aire de répartition du caribou boréal dans l'écozone⁺ du Bouclier boréal s'étend de l'aire de répartition Richardson dans le coin nord-est de l'Alberta, à la population locale du mont Mealy au Labrador vers l'est, et au sud jusqu'à la population locale côtière du lac Supérieur en Ontario[416, 421] (Figure 85). Dans l'ensemble du Canada, la limite sud de l'aire de répartition du caribou boréal a reculé vers le nord depuis le début des années 1900, une tendance qui se poursuit aujourd'hui[416, 419, 420, 422]. Les connaissances traditionnelles autochtones indiquent que le caribou boréal s'est déplacé vers le nord en raison de la perte de son habitat dans le sud[417].

À travers l'écozone⁺ du Bouclier boréal, l'exploitation forestière et d'autres perturbations industrielles affectent le caribou boréal par une combination de perte d'habitat, dégradation d'habitat, et le développement de détails cartographiques linéaires (tel les routes et les lignes sismiques)[423]. Ces transformations ont causé l'expansion des forêts aux premiers stades de succession écologique et favorisé des densités plus fortes d'orignal et de cerf de Virginie. Ces « proies alternatives » soutiennent des densités supérieures de prédateurs, particulièrement des loups[416, 423-430] et le facteur limitatif immédiat principal pour le caribou boréal est la prédation [431].

Le caribou boréal peut donc être un indicateur de la santé des écosystèmes de la forêt boréale. Le caribou boréal dépend des grandes parcelles de forêts de conifères matures pour réduire le risque de prédation. Ces parcelles permettent le caribou boréal de maintenir une basse densité de population et d'éviter les endroits à hauts risques de prédation. [416, 421-423, 432-435]. Les forêts et les tourbières de fin de succession servent de refuges au caribou, loin des densités élevées de prédateurs et de leurs proies alternatives[416, 427, 436-439].

L'écozone+ du Bouclier boreal inclue 29 populations locales de caribou boreal (ou des portions de ces populations) (voir la Figure 2 dans Callaghan et al. 2011[418]). Selon les relevés de caribous et l'opinion des experts, 1 population locale est en croissance, 5 sont en déclin, 13 sont stables et l'état de 10 autres est inconnu (Figure 85). L'aire de répartition contiguë du caribou boréal s'est rétractée vers le nord, tandis que sa limite sud correspond généralement à la limite nord de l'exploitation forestière[416, 422, 440]. La population locale côtière (qui comprend les troupeaux de Pukaskwa et des îles Gargantua et Pic) est au sud de cette limite [416, 418]. En 2012, on croyait qu'il restait moins de 10 caribous dans le parc national du Canada Pukaskwa[441]. La faisabilité de translocations pour augmenter la population de caribou est en révision en Ontario[442, 443]. Les populations situées au sud sont celles qui risquent le plus de développer le ver des méninges (*Parelaphostrongylus tenuis*) parce que le cerf de Virginie s'avance vers le nord et dans la partie sud du territoire du caribou. Les cerfs sont des vecteurs du ver des méninges, une maladie mortelle pour les caribous, mais non pour les cerfs[416, 432]. *Le Plan de protection du caribou des bois pour l'Ontario* inclue des actions pour étendre la saison de chasse pour le chevreuil dans le nord de l'Ontario pour essayer de ralentir l'explansion de l'aire de répartition du chevreuil[442].

Bien que la tendance de la majorité des populations de caribous soit stable ou pas disponible[416, 418], on pense qu'un grand nombre de ces populations non autosuffisantes ou à autosuffisance aussi probable qu'improbable, selon l'Évaluation des risques dans le *Programme de rétablissement du caribou des bois*[417].Les populations locales de Richardson, Kississing, Naosap, Sydney, Kesagami, Charlevoix, Pipmuacan et Val d'Or ne sont pas autosuffisantes, et les populations locales de Manitoba du nord, Owl-Flinstone, Berens, Manouane et Lac Joseph sont classifié comme à autosuffisance aussi probable qu'improbable en raison de la perte de leur habitat par l'action des activités industrielles, des perturbations naturelles telles que le feu irréprimé, des activités récréatives humaines et de la chasse illégale[417, 444, 445]. Le déclin de la sous-population de Val d'Or, dont on estimait le nombre à 30 individus en 20012, a aussi été attribué à la perte d'habitat et à la dégradation causée par l'exploitation minière et la foresterie[417, 421]. La chasse, facilitée par les chemins et les véhicules hors route, peut constituer la plus importante menace pour le caribou boréal au Labrador (p. ex., dans les montagnes Red Wine)[416, 446].

Des populations locales stables ou croissantes sont constatées dans des régions où les prédateurs sont contrôlés ou qui comportent peu d'activité industrielle. Par exemple, la population locale de Charlevoix au Québec était estimée à 10 000 animaux avant le 19e siècle, mais elle a diminué rapidement sous l'effet de la chasse et de la récolte de lichens. À la suite d'un rapport sur la récolte de caribous en 1914, le troupeau s'est vite éteint. La première édition d'un programme de réintroduction de 1967 a eu lieu en 1969; la population était jugée stable à 75 individus en 2012[416-418, 447].

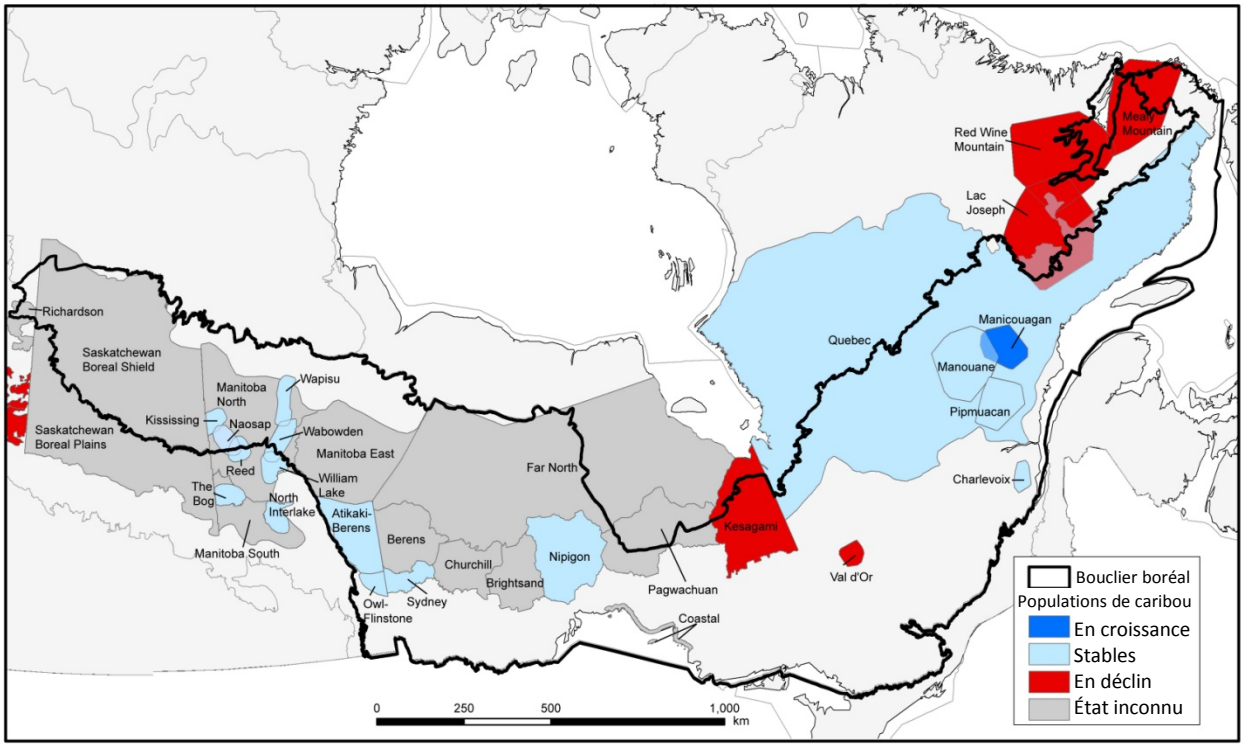


Figure 85. État de populations locales de caribou boréal dans l'écozone⁺ du Bouclier boréal. Source : mise à jour de Callaghan et coll., 2011[418] basé sur Environnement Canada, 2012[417]

Écozone⁺ du Bouclier boréal : poisson

Le nombre de taxons de poissons d'eau douce et de poissons diadromes classés comme étant en péril dans l'écozone⁺ du Bouclier boréal a doublé de 1979 à 2008 (Tableau 21). Cependant, l'état de deux taxons s'est aussi amélioré au cours de cette période[448]. De plus, les listes précédant cette période n'incluaient pas les sous-populations géographiques telles que le bar d'Amérique (*Morone saxatilis*). Les menaces principales aux 14 taxons de poisson en péril dans l'écozone⁺ du Bouclier boréal comprennent la dégradation et la perte de l'habitat ainsi que l'exploitation excessive, les espèces envahissantes et la concurrence[448]. La plupart des espèces disparues vivaient dans l'écozone⁺ du Bouclier boréal de même que dans l'écozone⁺ des plaines à forêts mixtes, qui ont un long historique d'espèces envahissantes et de pollution[449].

Tableau 21. Identification des taxons de poissons d'eau douce et de poissons diadromes dans l'écozone+ du Bouclier boréal.

Nom commun	1979	1989	2008
Esturgeon noir (*Acipenser oxyrinchus*)	V	V	V
Omble de fontaine (*Salvelinus fontinalis*)		E	E
Cisco à nageoires noires (*Coregonus nigripinnis*)	E	X	X
Méné d'herbe (*Notropis bifrenatus*)			V
Chevalier cuivré (*Moxostoma hubbsi*)	T	T	E
Cisco de profondeur (*Coregonus johannae*)	E	X	X
Chevalier jaune (*Moxostoma valenciennesi*)			V
Esturgeon jaune (*Acipenser fluvescens*)	T	T	V
Cisco à nageoires noires Nipigon (*Coregonus nigripinnis regalis*)			T
Méné long (*Clinostomus elongates*)			V
Cisco à mâchoires égales (*Coregonus zenithicus*)	E	E	T
Cisco à museau court (*Coregonus reighardi*)	E	E	X
Cisco de printemps (*Coregonus* sp.)			V
Bar d'Amérique (population de l'estuaire du Saint-Laurent) (*Morone saxtilis*)			X

X représente « disparu », E « en péril », T « menacé » et V « vulnérable », tel que défini par Jelk et coll.[448]. Les cases ombrées représentent un changement d'état : vers un classement de moindre gravité (vert) ou de gravité supérieure (rouge).
Source : adapté de Strecker et coll., 2008[448]

Écozone+ du Bouclier boréal : mammifères et animaux à fourrure carnivores

Les estimations de populations concernant les mammifères et les animaux à fourrure carnivores étaient limitées, localisées ou incohérentes à l'échelle de l'écozone+. Un grand nombre de ces espèces sont importantes sur le plan socioéconomique pour leur viande, leur fourrure ou l'observation de la faune (voir également la constatation clé sur les Écozone+ du Bouclier boréal : services écosystémiques à la page 134), ce qui fait que certaines provinces tiennent des données à long terme provenant des chasseurs et des récoltes de trappage (Figure 86) dont on peut déduire les tendances en matière de populations. Cependant, il est possible que ces données ne représentent pas une estimation fiable des populations, car l'effort des chasseurs et des trappeurs subit des influences et dépend de facteurs socioéconomiques[450]. La valeur économique des fourrures est bien corrélée à l'effort de trappage[451]. De plus, les trappeurs et les chasseurs ne ciblent pas un « échantillon » aléatoire d'animaux; la météo et la facilité du trappage ou de la chasse influencent également l'effort de trappage. De plus, étant donné que la chasse, le trappage et la pêche sont des activités qui causent la mortalité directe des espèces visées, il est problématique d'utiliser ces données pour estimer les tendances de populations. Enfin, le rendement du trappage de fourrures a diminué de plus de 50 % dans les années 1980, notamment pour les fourrures de rat musqué (, à la suite de changements dans les méthodes de trappage. L'Accord sur les normes internationales de piégeage sans cruauté (ANIPSC) a été ratifié par le Canada en 1999 et la mise en œuvre des normes achevée en 2007[397]. Par conséquent, les estimations de populations ne doivent pas être déduites à partir des données de chasse et de trappage; ces données sont présentées à titre d'intérêt seulement. Des tendances possibles

dignes d'intérêt comprennent le retour des carcajous à leur niveau historique et le déclin des populations de visons sauvages à l'échelle nationale.

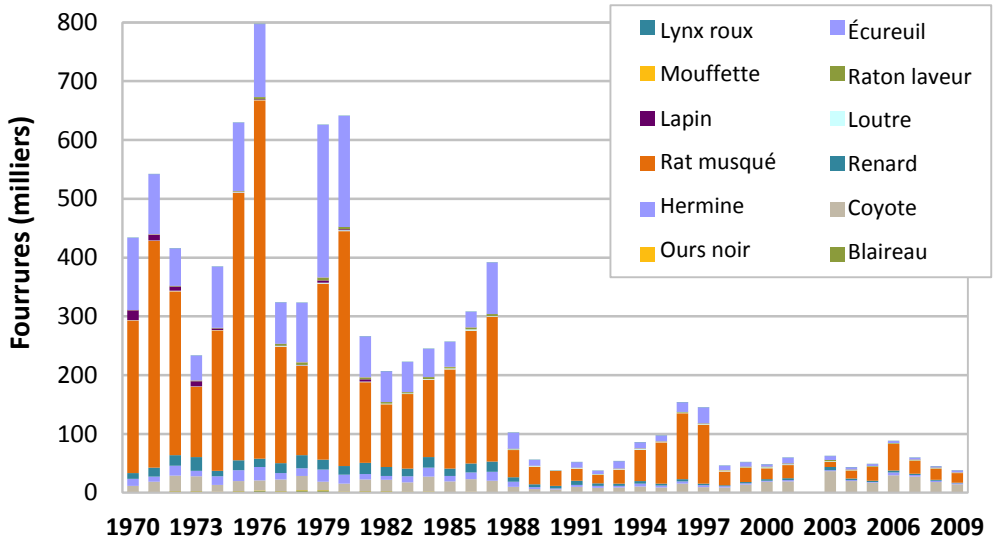


Figure 86. Nombre total de fourrures du Québec, de l'Ontario, du Manitoba et de la Saskatchewan selon le type d'animaux sauvages de 1970 à 2009.
Ces données pour l'ensemble des provinces dépassent les frontières de l'écozone⁺ du Bouclier boréal.
Source : Statistique Canada, 2009[396]

Les carcajous ont un grand domaine vital et un faible taux de reproduction durant leur vie, comme les autres carnivores de grande taille[452, 453]. En se basant sur les fourrures de carcajou, des déclins significatifs ($p < 0,05$) se sont produits en Saskatchewan, au Manitoba et au Québec (Figure 87). La dernière fourrure de carcajou a été recueillie au Québec en 1979 (Figure 87).

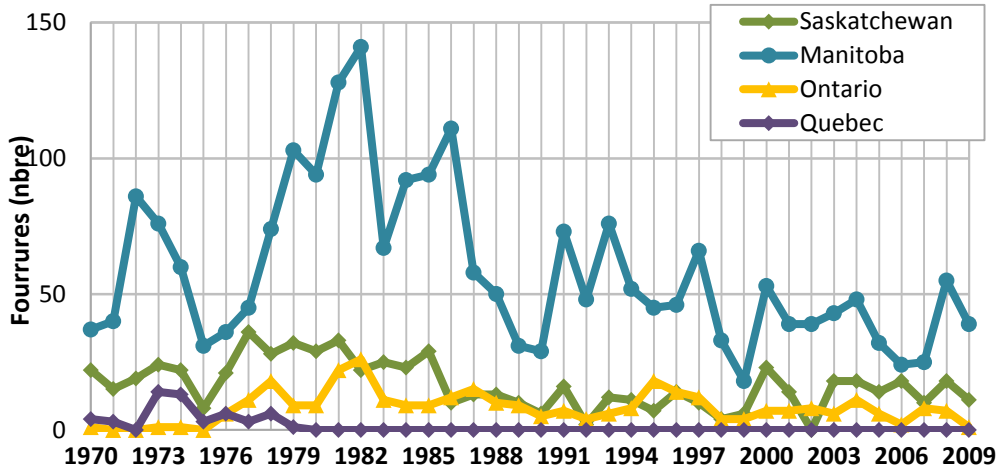


Figure 87. Nombre de carcajous récoltés par les trappeurs chaque année en Saskatchewan, au Manitoba, en Ontario et au Québec, de 1970 à 2009.
Ces données pour l'ensemble des provinces dépassent les frontières de l'écozone⁺ du Bouclier boréal.
Source : Statistique Canada, 2009[396]

Bien qu'il n'y ait pas de tendance détectable concernant les carcajous en Ontario, leur étendue s'est rétractée de plus de 5 % depuis le milieu des années 1800. Déjà en 1900, les espèces étaient disparues de la région des Grands Lacs de l'Ontario et du Minnesota[454]. Les activités humaines, dont le défrichement, les infrastructures, la récolte du bois et l'exploitation minière, étaient les principales responsables de ces rétrécissements de leur étendue[455]. Selon des observations de 2008, les carcajous ont recolonisé une partie de leur ancienne aire de répartition dans la région de la baie d'Hudson et la portion centrale du grand nord de l'Ontario (Figure 88).

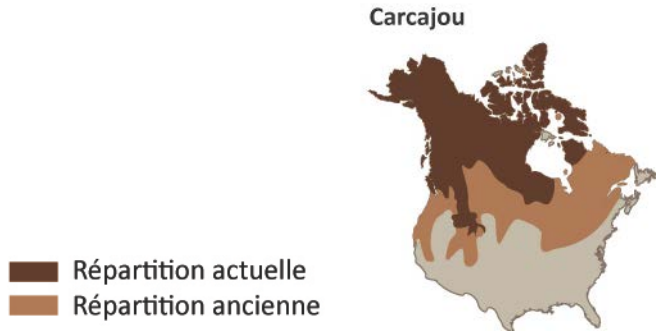


Figure 88. Aire de répartition historique et « actuelle » (2003) des carcajous en Amérique du Nord.
Source : Adapté de COSEPAC, 2003[455]

Le déclin du vison sauvage piégé (Figure 89) peut refléter un déclin véritable de la population. L'accouplement entre des visons sauvages et féraux qui se sont échappés des fermes d'élevage d'animaux à fourrure a donné lieu à des petits qui ont une valeur adaptative moindre (dépression consécutive à des croisements distants) et qui présentent peut-être une incidence supérieure de maladies[456]. L'empoisonnement au mercure peut également contribuer à des populations décroissantes de visons (voir la constatation clé sur les Contaminants à la page 106)[457].

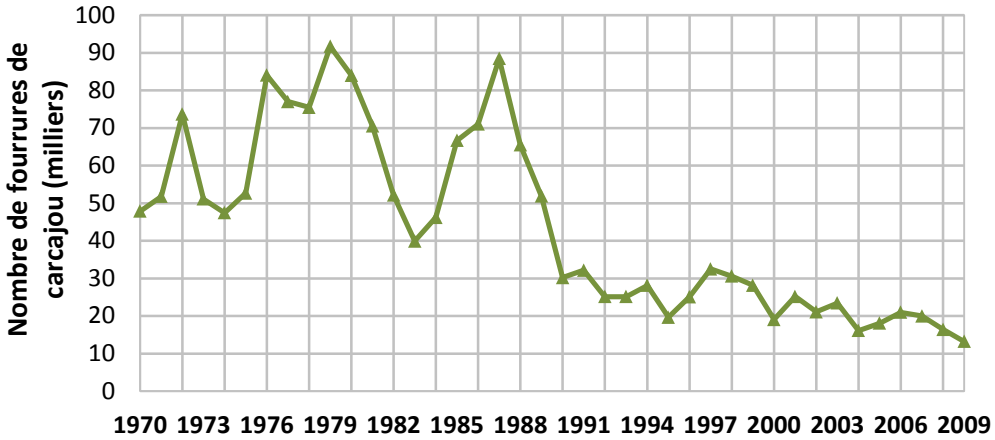


Figure 89. Nombre de visons sauvages piégés au Québec, en Ontario, au Manitoba et en Saskatchewan de 1970 à 2009.
Ces données pour l'ensemble des provinces dépassent les frontières de l'écozone[+] du Bouclier boréal.
Source : Statistique Canada, 2009[396]

Écozone+ Boréale de Terre-Neuve : espèces présentant un intérêt économique, culture ou écologique particulier

Écozone+ Boréale de Terre-Neuve : caribou des bois (population de Terre-Neuve)

La population de caribou de l'île de Terre-Neuve constitue l'une des six populations distinctes sur le plan géographique de caribous des bois sylvicoles[417]. Les populations de caribous dans l'écozone+ Boréale de Terre-Neuve ont diminué entre le milieu et la fin des années 1990 (Figure 90), mais ne sont pas considérées « en péril » par le COSEPAC[417]. Les populations sont plus élevées que dans les années 1950[458]. Entre le début des années 1900 et les années 1930, le nombre de caribous a chuté, passant d'une estimation de 40 000 animaux à seulement quelques milliers, et est ensuite resté stable jusqu'au milieu des années 1970. Une phase de croissance rapide de la population a commencé au milieu des années 1960 et s'est poursuivie jusqu'à la fin des années 1990, où la population a atteint un sommet de 80 000 à 100 000 animaux[459]. D'un sommet estimé de 95 000 caribous en 1997, la population a décliné à environ 32 000 en 2008, représentant une baisse approximative de 66 %.

Des études sur la mortalité des caribous menées par la Division de la faune du gouvernement de Terre-Neuve-et-Labrador[458] montrent que des pourcentages élevés de petits sont la proie de coyotes, d'ours noirs (*Ursus americanus*) et, dans une moindre mesure, de lynx (*Lynx canadensis*). Le caribou adulte est également vulnérable à la prédation par les coyotes durant l'hiver.

L'élaphostrongylose céphalo-rachidienne, une maladie causée par le nématode parasite introduit *Elaphostrongylus rangiferi*, constitue un autre facteur de stress pour le caribou[460]. Le parasite s'est propagé au caribou indigène après l'introduction de rennes infectés en 1908, et est responsable d'au moins deux infestations depuis cette date[460]. *Elaphostrongylus rangiferi* a contribué à la réduction de la sous-population de caribous d'Avalon sur la côte est de Terre-Neuve, un déclin de 7 000 à 2 500 animaux entre 1998 et 2000[461].

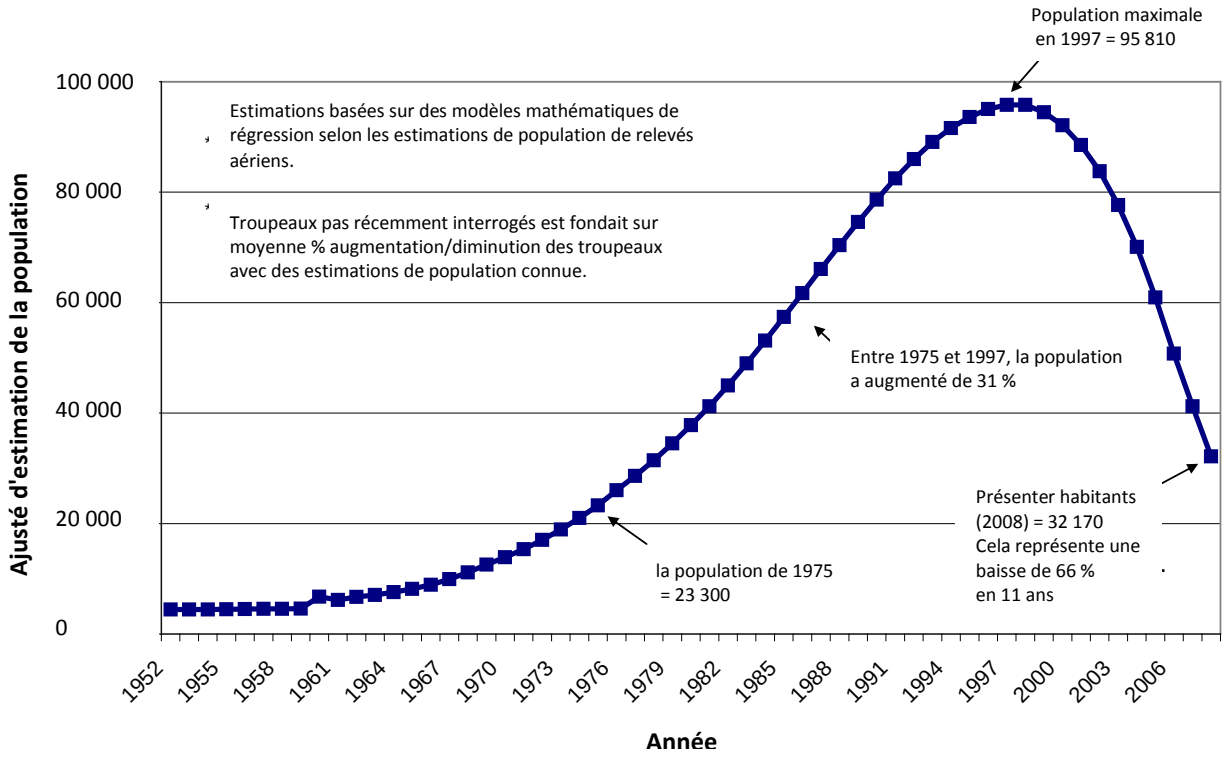


Figure 90. Estimation des populations de caribous sur l'île de Terre-Neuve, de 1952 à 2008. Source : Division de la faune du gouvernement de Terre-Neuve, 2009[458]

Écozone+ Boréale de Terre-Neuve : martre d'Amérique (population de Terre-Neuve)

La martre d'Amérique (population de Terre-Neuve) (*Martes americana atrata*), limitée à l'île de Terre-Neuve, est une population distincte sur les plans génétique et géographique de la martre d'Amérique (*Martes americana*), et constitue l'une de seulement 14 espèces de mammifères vivant sur l'île[462]. La martre d'Amérique de Terre-Neuve fait partie de la diversité biologique naturelle de la forêt boréale et agit à la fois comme espèce prédatrice et proie. Piégées par les colons européens, les martres étaient devenues peu abondantes au début des années 1900 et le piégeage commercial de cette espèce a pris fin en 1934. Malgré cette restriction, leur nombre a continué à décroître, ce qui fait qu'en 1960, l'étendue de la martre dans l'ensemble du centre-ouest de Terre-Neuve n'était plus contiguë[463].

La perte de leur habitat et la capture accessoire dans des pièges et des collets constituent les principales menaces pour les martres de Terre-Neuve. Comme la martre d'Amérique de Terre-Neuve est dépendante de la forêt, la perte de la couverture forestière causée par les activités d'extraction de ressources (la récolte du bois, l'exploitation des mines), le développement humain (la construction de routes, l'agriculture, l'expansion des lotissements urbains) ou les perturbations naturelles (p. ex., les feux de forêt) ont une influence directe sur la capacité d'une région à soutenir cette espèce[464].

La capture accessoire dans des pièges et des collets est actuellement considérée comme un obstacle considérable faisant obstacle à son rétablissement. Hearn[465] a suivi 95 martres dans une

région permettant le piégeage et le trappage dans la partie du centre-sud de Terre-Neuve et a rapporté que la capture accessoire était responsable de 92 % de la mortalité juvénile et d'un minimum de 58 % de la mortalité adulte. Les captures accessoires qui sont retournées à la Division de la faune du gouvernement de Terre-Neuve-et-Labrador indiquent que ce problème est omniprésent et se produit à la grandeur de l'aire de répartition de la martre sur l'île. La prédation naturelle et la maladie constituent d'autres menaces à la survie des individus.

D'abord désignée comme une espèce menacée par le COSEPAC en 1985, la martre de Terre-Neuve a ensuite été classée comme une espèce en voie de disparition à la suite de réévaluations effectuées en 1995 et en 2000[466]. L'aire de répartition des animaux reproducteurs se limitait aux lacs Little Grand et Red Indian, au bassin hydrographique de la rivière Main et au parc national du Canada de Terra-Nova. En 2007, on a estimé que la population réelle (reproductrice) se situait entre 286 et 556 individus. Il existait également des renseignements qualitatifs suggérant que la population prenait de l'expansion; par conséquent, la martre a été déclassée à espèce menacée en 2007[466].

Écozone⁺ Boréale de Terre-Neuve : poissons d'eau douce et poissons diadromes

Deux espèces de poissons vivant dans l'écozone⁺ Boréale de Terre-Neuve ont été évaluées aux fins de classification en vertu de la *Loi sur les espèces en péril* (LEP). Le fondule barré (*Fundulus diaphanus*) a été désigné comme une espèce préoccupante en 2003 et a par la suite été inscrit sur la liste de la LEP[467]. L'esturgeon noir (*Acipenser oxyrinchus*) a été désigné comme une espèce menacée par le CPSEPAC en 2011[448], mais n'a pas encore été inscrit sur la liste de la LEP.

Écozone⁺ Boréale de Terre-Neuve : plantes

Il y a environ 20 000 km² de landes dans l'écozone⁺ Boréale de Terre-Neuve, ce qui en fait la plus grande étendue de ce type de végétation en Amérique du Nord[468]. Les données sur l'état et l'étendue de ces communautés sont limitées. Les six types de landes comprennent les suivantes : lande alpine, lande à Empetrum, lande de mousse, lande à kalmia, lande calcaire et lande de serpentine (Tableau 22).

Tableau 22. Description des types de landes dans l'écozone+ Boréale de Terre-Neuve

Type de lande	Description	Endroit
Lande alpine	Végétation discontinue formée de sol nu qui alterne avec des coussins d'*Empetrum eamesii*. La végétation est caractérisée par la présence d'espèces arctiques-alpines.	Crêtes montagneuses les plus élevées ou promontoires extrêmement exposés de la côte sud.
Lande à Empetrum	Dominée par des tapis de végétation de camarine rosée et de camarine noire (*Empetrum* spp.). Les espèces ligneuses sont comprimées dans des coussins de végétation. Les herbages graminées et les herbes, lorsqu'il y en a, se projettent de 10 à 20 cm au-dessus du sol. [468]	Promontoires près des côtes et crêtes montagneuses intérieures.
Lande de mousse	Semblable à la lande à Empetrum sauf que *Racomitrium lanuginsum* est la végétation dominante.	Côte de l'extrême sud-est de l'écozone+ de même que localement sur l'isthme d'Avalon[91].
Lande à kalmia	Ces landes sont dominées par des arbustes nains éricacés, surtout du kalmia à feuilles étroites (*Kalmia angustifolia*), qui forme des fourrés fermés et denses d'environ 30 à 50 cm de haut. Les mousses et les lichens dominent la surface du sol[91]. De petites zones de lande à kalmia apparaissent naturellement dans les écotones à la limite des arbres[468]. La plupart des grands espaces de lande à kalmia se sont formés à la suite de feux répétés à basse intensité et l'abattage local autour des collectivités côtières a contribué à l'expansion des landes à kalmia de moins grande taille.	Régions intérieures protégées dans l'ensemble de l'écozone+
Lande calcaire	Les landes calcaires se composent d'une série de terrasses qui partent juste à l'arrière des bermes et s'étendent de 300 à 400 m vers l'intérieur des terres avec une élévation maximale de 40 m[91]. Les sols sont basiques ou ultrabasiques[91]. Ces landes uniques sont composées de multiples espèces calcicoles qui forment une couverture végétale parsemée sur un dallage de pierres calcaires[468]. Des 271 espèces de plantes vasculaires que l'on considère comme rares sur l'île, 114 se trouve dans les landes calcaires. Vingt-neuf de ces espèces ne poussent que dans les landes calcaires[469]. Le braya de Long (*Braya longii*) et le braya de Fernald (*Braya fernaldii*) sont inscrits sur la liste des espèces en péril et menacées, respectivement, en vertu de la *Loi sur les espèces en péril* (LEP)[470, 471].	Limité à une bande côtière étroite le long du côté ouest de la péninsule du nord; les landes les plus vastes se trouvent le long du détroit de Belle Isle[91].
Lande de serpentine	La couverture végétale sur les talus d'éboulis de rochers est parsemée et se compose de quelques espèces spécialisées adaptées seulement à des substrats serpentineux de même que d'espèces qui préfèrent les substrats rocheux basiques[91]. Les effets de l'action du gel sont visibles dans les gros polygones rocheux avec triage, communs partout sur les terrasses nivelées, et dans les replats de solifluxion sur les pentes[91].	Montagnes de serpentine dans la partie ouest de l'île.

Le braya

Le braya de Long (*Braya longii*) et le braya de Fernald (*Braya fernaldii*) ont été inscrits sur la liste des espèces en péril et menacées, respectivement, en vertu de la *Loi sur les espèces en péril* fédérale et la *Endangered Species Act* (loi sur les espèces en voie de disparition) de Terre-Neuve-et-Labrador en 2002. Les deux espèces sont des plantes pérennes herbacées de petite taille (de 1 à 10 cm et de 1 à 7 cm respectivement) de la famille des *Brassicaceae* endémiques aux landes calcaires exposées le long de la côte nord-ouest de la péninsule Great Northern, sur l'île de Terre-Neuve[472].

Le braya de Long est réparti en 6 populations sur une étendue de 25 km tandis que le braya de Fernald est réparti en 16 populations sur une étendue de 150 km[472, 473]. Les recensements de 1998-2000 de ces espèces ont révélé que 75 % de la population mondiale de brayas de Long (7235 individus) et 57 % de la population mondiale de brayas de Fernald (3 434 individus) poussaient sur des substrats rocheux perturbés par l'activité anthropique. Un recensement de 2008 a confirmé que les deux espèces de brayas ont diminué en raison de perturbations anthropiques et de pressions exercées par les organismes nuisibles et les agents pathogènes. On comptait 5 549 brayas de Long et 3 282 brayas de Fernald, dont 90 % se trouvaient sur des substrats rocheux perturbés par l'activité anthropique[473]. Les menaces biotiques, telles que les insectes herbivores et les agents pathogènes, mettent également en péril l'efficacité de la reproduction et la survie des plantes[474].

L'érioderme

L'érioderme boréal (*Erioderma pedicellatum*) se trouve à Terre-Neuve et en Nouvelle-Écosse et a été découvert récemment en Alaska. En 2002, la population boréale (de Terre-Neuve) était inscrite sur la liste des espèces préoccupantes en vertu de la *Loi sur les espèces en péril* fédérale et sur la liste des espèces vulnérables en vertu de la *Endangered Species Act* de Terre-Neuve. On croit que toutes les autres populations connues de Suède, de Norvège et du Nouveau-Brunswick ont disparu[475].

Dans l'écozone+ Boréale de Terre-Neuve, deux concentrations majeures de population de l'érioderme boréal ont été relevées dans le centre de la presqu'île Avalon et la région de la Baie d'Espoir. Des populations moins importantes ont aussi été vues dans la partie occidentale de la presqu'île Avalon, dans l'isthme d'Avalon, dans la région au nord de la péninsule de Burin, dans plusieurs régions le long de la côte sud s'étendant vers l'ouest jusqu'à Burgeo, ainsi que du côté ouest de la péninsule Great Northern[476]. En raison de la répartition parsemée de ce lichen et du potentiel de grandes zones non étudiées, il est très difficile de déterminer le nombre de populations relativement isolées présentes à Terre-Neuve. En 2002, le rapport de situation du COSEPAC a fait état d'environ 6 900 thalles[475]. En tenant compte de la découverte récente de deux endroits contenant environ 1 000 thalles chacun, ainsi que plusieurs autres découvertes de centaines de thalles, on croit que le nombre de thalles à Terre-Neuve excède 10 000, dont la majorité sont situés dans la région de la Baie-d'Espoir.

Les données sur les tendances de la population ne pas encore concluantes. Lors de nouvelles visites à plusieurs sites de populations à la presqu'île Avalon, on a noté des déclins de population de 60 à 80 % sur une période de cinq ans[316]. Dans la région de la Baie-d'Espoir, des

augmentations et des diminutions de population ont été observés[477]. Deux populations d'érioderme boréal à la presqu'île Avalon ont été surveillées intensément pendant trois ans et l'étude a été reproduite un an plus tard dans la région de la Baie-d'Espoir. Cependant, les taux de mortalité globale n'ont pas été calculés.

Un plan de gestion quinquennal a été lancé pour l'érioderme boréal par le gouvernement de Terre-Neuve-et-Labrador en 2006. Le but de la gestion est de maintenir et d'améliorer, là où c'est nécessaire, les populations autosuffisantes des espèces dans leur aire de répartition géographique actuelle à Terre-Neuve. Plusieurs facteurs anthropiques présentent une menace réelle ou potentielle pour ce lichen, séparément ou par des interactions complexes entre eux et avec les processus naturels de la forêt, qui, à eux seuls, ne seraient pas jugés menaçants. Les menaces et les facteurs de stress comprennent la sénescence et le chablis des peuplements, les infestations d'insectes, les limaces et les acariens herbivores, la récolte du bois, le développement de la terre, le broutement des sapins baumiers par les orignaux, la pollution de l'air, les feux de forêt, les pesticides et les changements climatiques[476]. Les répercussions relatives de ces facteurs sont difficiles à évaluer, mais il semble qu'un grand nombre de ces facteurs menaçants soient présents à la presqu'île Avalon.

On s'attend à ce que la quantité d'habitat disponible diminue avec le temps en raison du remplacement des forêts de sapins baumiers par des peuplements plantés d'épinette et de mélèze après l'abattage ou de leur conversion à des « prés d'orignaux » pratiquement sans arbres, où les orignaux ont tué tous les semis de sapins baumiers dans les régions touchées par le chablis. L'incidence du broutement des orignaux sur le rétablissement des sapins baumiers à Terre-Neuve a été amplement documentée[96, 478, 479], cependant, il n'existe pas d'analyse détaillée de l'amplitude du problème en ce qui touche l'habitat de l'érioderme boréal.

Sur la presqu'île Avalon, des relevés de pré-récolte sont effectués sur les peuplements forestiers destinés à la récolte commerciale et, suivant les recommandations de Robertson[480], des zones tampons de 20 m sont placées autour des thalles découverts par ces relevés. En raison d'une pénurie de ressources, cela n'est pas fait pour les secteurs de coupe nationaux dans la presqu'île Avalon, ni pour les secteurs de coupe commerciaux ou nationaux sur les terres publiques dans la région de la Baie-d'Espoir. La Première Nation de Miawpukek de la rivière Conne effectue des relevés et utilise des atténuations dans sa zone de gestion forestière.

Constatation clé 18 **Thème** Habitats, espèces sauvages et processus écosystémiques

Productivité primaire

Constatation clé à l'échelle nationale

La productivité primaire a augmenté dans plus de 20 % du territoire végétalisé au Canada au cours des 20 dernières années et elle a également augmenté dans certains écosystèmes d'eau douce. L'ampleur et la période de productivité primaire changent dans tout l'écosystème marin.

Écozone[+] du Bouclier boréal : productivité primaire

La productivité primaire, comme le laisse entendre l'indice de végétation par différence normalisée (IVDN), avait augmenté considérablement sur 21 % de la superficie de l'écozone[+] en 2006 par rapport au niveau de 1985. On ne mesurait de diminution significative que pour 0,9 % du territoire, surtout dans la partie ouest de l'écozone[+][23] (Figure 91).

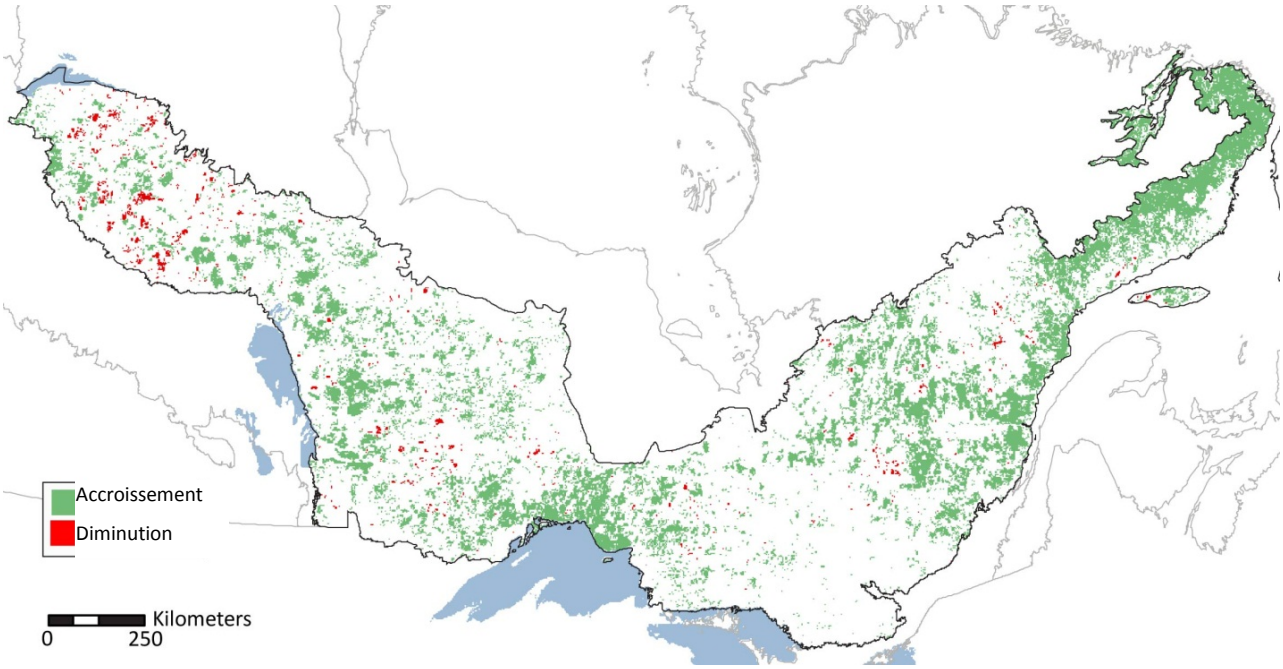


Figure 91. Carte des changements observés dans l'indice de végétation par différence normalisée (IVDN) pour l'écozone[+] du Bouclier boréal, de 1985 à 2006.
Les tendances correspondent au sommet annuel de l'IVDN, mesuré d'après la moyenne des trois plus hautes valeurs tirées d'images composites de 10 jours prises en juillet et en août de chaque année. La résolution spatiale est de 1 km, utilisée pour produire une moyenne de 3 km aux fins d'analyse. Seuls les points correspondant aux changements statistiquement significatifs (p < 0,05) sont montrés.
Source : adapté de Pouliot et coll., 2009[391] par Ahern et coll., 2011[23]

Les augmentations à l'est et au sud reflètent sans doute les changements à la composition de la forêt à la suite de la collecte. Puisque les espèces d'arbres feuillus présentent des valeurs d'IDVN plus élevées que les conifères, des changements dans les forêts de peuplements dominés par les conifères à une proportion supérieure de peuplements en couvert mixte ou à feuilles caduques augmenteraient la productivité primaire[23]. Les tendances dans la partie nord-ouest de l'écozone+, où les cycles de feu sont plus fréquents, peuvent être attribuées aux réponses subséquentes aux incendies plutôt que directement à des augmentations de la productivité de l'écosystème[391]. Les tendances relatives aux perturbations naturelles peuvent également causer des variations de la productivité primaire, bien que ces variations puissent simplement refléter les cycles naturels. On ne connaît pas au juste la proportion de l'augmentation totale de la productivité primaire qui est imputable aux changements climatiques.

Écozone+ Boréale de Terre-Neuve : productivité primaire

L'écozone+ Boréale de Terre-Neuve présente une plus grande proportion de son territoire, soit près de 41 %, dont l'IVDN a une tendance positive de 1985 à 2006 que toute autre écozone+ au Canada[23].

Une grande partie du centre-nord de Terre-Neuve montre une augmentation de l'IVDN au cours de cette période (Figure 92). Il s'agit d'une région formée de grandes étendues d'arbustes et de couverture forestière médiocre. Un climat qui se réchauffe peut permettre à cette végétation de croître en densité et en vigueur[23].

Cette hausse de l'IVDN peut aussi être le résultat de l'exploitation forestière. Lorsque des forêts boréales dominées par des conifères matures sont exploitées, les premiers stades d'évolution présentent un IVDN plus élevé que les forêts matures précédentes. En outre, le broutement excessif par des orignaux surabondants freine le rétablissement de la forêt dans les premiers stades d'évolution[96, 103, 291], ce qui peut expliquer les tendances observées de l'IVDN.

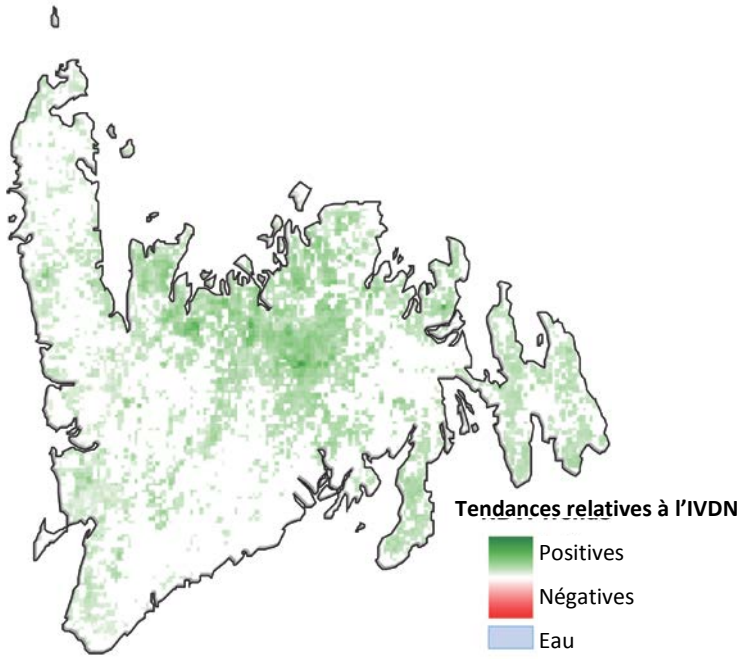


Figure 92. Carte des changements observés dans l'indice de végétation par différence normalisée (IVDN) pour l'écozone+ Boréale de Terre-Neuve, de 1985 à 2006.
Les tendances correspondent au sommet annuel de l'IVDN, mesuré d'après la moyenne des trois plus hautes valeurs tirées d'images composites de 10 jours prises en juillet et en août de chaque année. La résolution spatiale est de 1 km, utilisée pour produire une moyenne de 3 km aux fins d'analyse. Seuls les points correspondant aux changements statistiquement significatifs (p < 0,05) sont montrés.
Source : adapté de Pouliot et coll., 2009[391] par Ahern et coll., 2011[23]

Constatation clé 19 **Thème** Habitats, espèces sauvages et processus écosystémiques

Perturbations naturelles

Constatation clé à l'échelle nationale
La dynamique des régimes de perturbations naturelles, notamment les incendies et les vagues d'insectes indigènes, est en train de modifier et de refaçonner le paysage. La nature et le degré du changement varient d'un endroit à l'autre.

Écozone+ du Bouclier boréal : perturbations naturelles

Les perturbations naturelles dans l'écozone+ du Bouclier boréal semblent être en voie de changer. On constate, comme premiers signes, un risque accru de feu irréprimé dans certaines régions, une expansion vers le nord de l'arpenteuse de la pruche (*Lambdina fiscellaria*) et la menace d'une infestation de dendroctones du pin ponderosa venant du nord-ouest. Le coléoptère a déjà élargi son aire de répartition de l'intérieur de l'écozone+ de la cordillère

alpestre jusque dans l'écozone+ des plaines boréales[481-483]. Le feu et les insectes peuvent interagir pour accroître la vulnérabilité d'un écosystème et diminuer sa résilience. Par exemple, le risque accru de feu irréprimé, des incendies précoces et des cas de défoliation graves par les insectes dans le nord-est de l'écozone+ du Bouclier boréal a entraîné le remplacement des peuplements de forêt boréale à couvert fermé par des terrains boisés de lichens[68, 69]. Dans la partie occidentale de l'écozone+, le risque accru de feu irréprimé et les infestations de dendroctones du pin ponderosa peuvent mener à une productivité diminuée de l'écosystème et à des émissions considérables de carbone stocké, comme on l'a observé dans l'écozone+ de la cordillère alpestre[484]. Le caribou des bois peut également connaître des déclins en raison de la connectivité réduite dans ses habitats de forêt boréale mature et dense (voir la section intitulée Écozone+ du Bouclier boréal : caribou des bois (population boréale) à la page 149).

Écozone+ du Bouclier boréal : feu

Le feu est la perturbation naturelle dominante dans les forêts boréales de l'écozone+, particulièrement au nord des régions aménagées. La superficie brûlée par les grands feux (> 200 ha) dans l'écozone+ en entier a augmenté jusque dans les années 1980, puis s'est rétractée jusque dans les années 2000[485]. Les plus importants facteurs expliquant ces tendances apparentes sont une meilleure surveillance et des températures plus élevées dans les années 1980, de même qu'une meilleure efficacité concernant la suppression des incendies au cours des 20 dernières années. Par conséquent, l'effet des changements naturels est masqué par les influences anthropiques. On n'a pas constaté de changement significatif quant à la saisonnalité des feux de 1959 à 2007 (Figure 93).

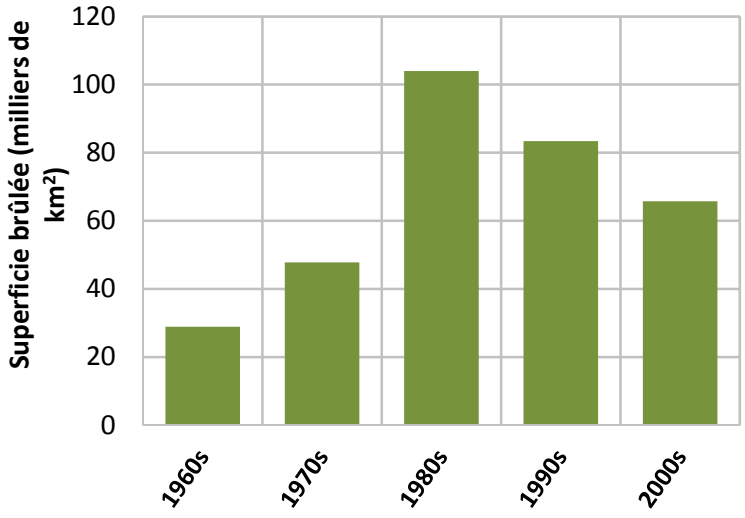


Figure 93. Superficie totale brûlée par des incendies de grande taille (> 2 km²) par décennie dans l'écozone+ du Bouclier boréal, de 1960 à 2000.
Remarque : La décennie commençant en 2000 a été répartie au prorata sur 10 ans, en se basant sur la moyenne de 2000 à 2007.
Source : Krezek-Hanes et coll., 2011[485] utilisant des données de 1959 à 1994 de la base de données sur les grands incendies (Stocks et coll., 2003)[37] et des données de 1995 à 2007 provenant de la télédétection.

Le risque de feu irréprimé, estimé selon le code de sécheresse mensuel, a été évalué de 1901 à 2002[481]. Ces tendances représentent probablement les changements relatifs aux conditions environnementales plutôt que l'influence de la suppression des incendies ou les avancées dans les méthodes de surveillance. Les tendances présentées ci-dessous (Figure 94) illustrent la variabilité régionale, qui ne serait pas apparente dans les analyses de données à l'échelle de l'écozone+. Au cours du 20e siècle, le risque de feu irréprimé a augmenté dans le centre-nord du Québec et dans la partie la plus à l'ouest de l'écozone+ en raison des conditions plus sèches. À l'inverse, des diminutions du risque de feu irréprimé associées à des conditions plus humides ont été constatées de l'est du Manitoba à l'ouest du Québec. Les changements observés dans la température et les précipitations de 1950 à 2007 soutiennent ces tendances (voir la constatation clé Écozone+ du Bouclier boréal : changements climatiques à la page 125)[153].

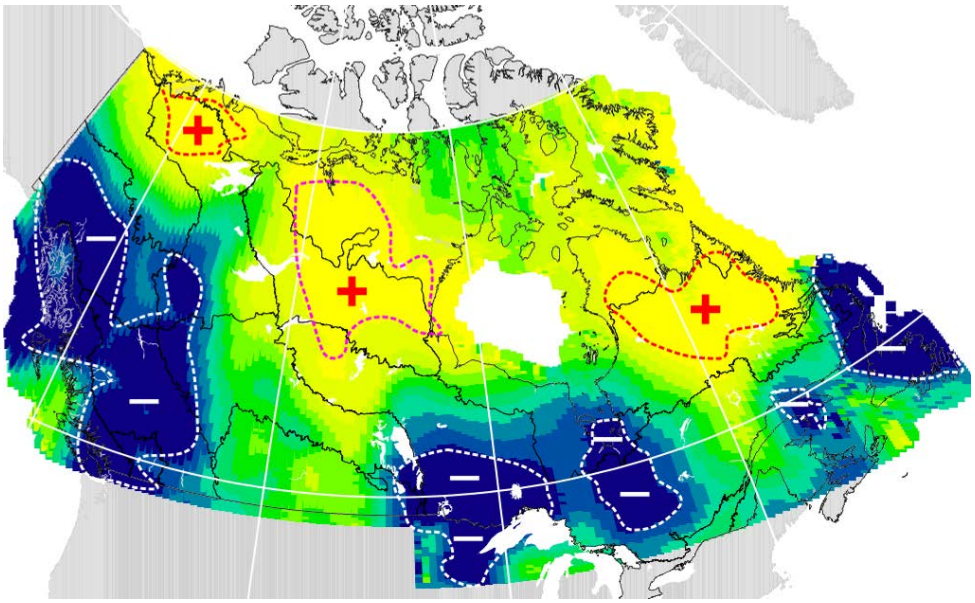


Figure 94. Évolution spatio-temporelle du risque de feu irréprimé de 1901 à 2002 selon un modèle tiré du [code de sécheresse mensuel] de la Méthode canadienne de l'indice forêt-météo.
Remarque : Le signe « + » indique un accroissement du risque de feu irréprimé durant cette période; le signe « - » indique un risque décroissant de feu irréprimé; les frontières de l'écozone+ sont en noir.
Source : adapté de Girardin et Wotton, 2009[481]

Écozone+ du Bouclier boréal : infestations d'insectes indigènes à grande échelle

Les infestations d'insectes indigènes à grande échelle deviennent plus importantes que le feu comme moteurs des changements de l'écosystème dans la partie sud de l'écozone+ du Bouclier boréal.

La tordeuse des bourgeons de l'épinette

La tordeuse des bourgeons de l'épinette (*Choristoneura fumiferana*) constitue le principal insecte phyllophage du sapin baumier et de l'épinette dans la forêt boréale. La surface couverte par une défoliation modérée à grave causée par des infestations de tordeuses des bourgeons de l'épinette au cours du 20e siècle a grandement augmenté pour chacun des trois principaux

événements enregistrés (Figure 95). Cependant, il reste des incertitudes concernant la gravité des infestations futures de la tordeuse des bourgeons de l'épinette, surtout lorsqu'on considère que les peuplements de sapins baumiers matures, sa nourriture favorite, ont été décimés durant les infestations récentes. On ne sait pas s'il y a eu des changements relatifs à la durée et à la fréquence des infestations de tordeuses des bourgeons de l'épinette avant le début des années 2000, bien qu'on s'attende à ce que la durée et la fréquence des infestations augmentent tout au long du 21e siècle[486].

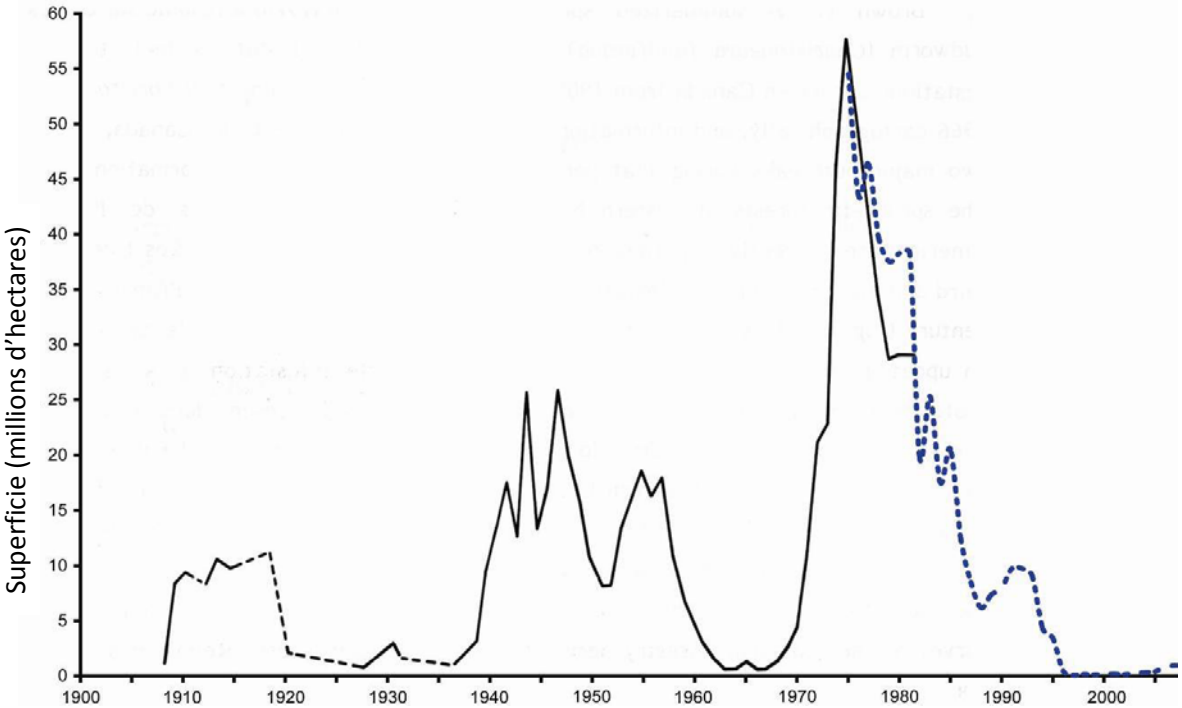


Figure 95. Superficie totale annuelle de défoliation modérée à grave de la tordeuse des bourgeons de l'épinette en Ontario, au Québec, à Terre-Neuve-et-Labrador, au Nouveau-Brunswick, en Nouvelle-Écosse, à l'Île-du-Prince-Édouard et dans le Maine, aux É.-U., de 1909 à 2007.
La ligne bleu pointillée et pleine de 1909 à 1981 a été produite par Kettela en 1983[487]. La ligne brun pointillée a été adaptée des données fournies par le Programme national de données sur les forêts(2008) et par le Maine Forest Service (2008)[488, 489].
Remarque : L'interprétation des données regroupées devrait se faire avec diligence en raison des différences relatives aux méthodes de relevé aérien pour chaque gouvernement et aux méthodes de production des données qui ont subi des modifications avec le temps, ce qui explique les différences entre les lignes de 1975 à 1981.
Source : adapté de Kettela, 1983[487], du Programme national de données sur les forêts, 2008[488] et de Strubble, 2008[489]

L'arpenteuse de la pruche

L'arpenteuse de la pruche est un autre insecte phyllophage du sapin baumier qui affecte principalement la moitié du côté est de l'écozone+. Traditionnellement, l'écozone+ Boréale de Terre-Neuve a été plus à risque de subir les infestations d'arpenteuse de la pruche que la portion de l'écozone+ du Bouclier boréal située au Labrador[490]. Cependant, les infestations

semblent s'étendre au nord de leur répartition historique et, pour la première fois en 2008, un traitement insecticide biologique a été appliqué sur 15 à 17 km² au Labrador[482].

Autres insectes phyllophages

La tordeuse de pin gris (*Choristoneura pinus*), la livrée des forêts (*Malacosoma disstri*) et la tordeuse du tremble (*Choristoneura conflictana*) sont d'autres insectes indigènes qui peuvent causer des dommages à grande échelle dans les forêts de l'écozone⁺ du Bouclier boréal. On n'a constaté aucune tendance significative en ce qui concerne la durée, la fréquence ou l'étendue des infestations pour ces espèces[488]. L'absence de tendances détectables peut avoir pour cause la nature cyclique de ces infestations et le manque de données précises à long terme.

Écozone⁺ Boréale de Terre-Neuve : perturbations naturelles

Écozone⁺ Boréale de Terre-Neuve : feu

Le feu n'est pas une perturbation naturelle significative dans l'écozone⁺ Boréale de Terre-Neuve; la contribution de cette dernière par rapport à la surface brûlée au Canada était de moins de 1 %[485]. De 1959 à 2007, la superficie moyenne brûlée par les gros incendies (> 2 km²) était de 123 km²/année et le pourcentage annuel de surface brûlée représentait 0,13 %[485]. Dans les années 1960, l'écozone⁺ a contribué à raison de 4,7 % à la surface brûlée au Canada du fait d'une année extrême pour les feux en 1961, alors que 3 962 km² ont brûlé. La surface totale annuelle a chuté de façon spectaculaire depuis les années 1960 (Figure 96). Le déclin est en grande partie attribuable à des politiques gouvernementales réussies visant à prévenir et à supprimer les feux[37]. Le fait que la surface brûlée ait doublé entre les années 1970 et les années 1980 peut être lié aux températures plus chaudes[491, 492] qui ont fait en sorte que plus d'incendies ont échappé aux efforts de suppression. La surface brûlée a diminué considérablement de nouveau dans les années 1990 et est restée stable jusque dans les années 2000, qui n'ont connu que 12 feux supérieurs à 200 ha jusqu'à maintenant. À l'instar de l'écozone⁺ maritime de l'Atlantique et de l'écozone⁺ maritime du Pacifique, ces tendances devraient être évaluées avec diligence puisqu'elles ne sont basées que sur un petit nombre de feux, particulièrement pour les décennies les plus récentes. Autrement, on note peu de variabilité dans la surface annuelle brûlée et il est commun de ne constater aucun incendie de grande taille pour de nombreuses années dans cette écozone⁺.

La saison des feux active est de 35 jours. Les incendies atteignent un sommet en mai, mais ils se produisent communément de mai à juillet. Les humains sont la cause principale des incendies et sont responsables de 96 % d'entre eux. On ne compte que quatre occurrences de l'allumage d'un incendie par la foudre dans la base de données sur les grands incendies pour l'écozone⁺ Boréale de Terre-Neuve.

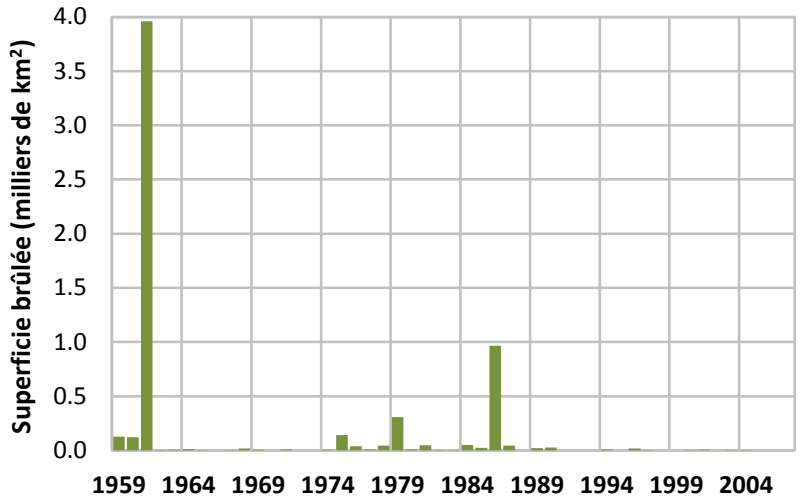


Figure 96. Surface annuelle totale brûlée par de grands incendies (> 2 km²) pour l'écozone⁺ Boréale de Terre-Neuve, de 1959 à 2007.
Source : Krezek-Hanes et coll., 2011[485] utilisant des données de 1959 à 1994 de la base de données sur les grands incendies (Stocks et coll., 2003)[37] et des données de 1995 à 2007 provenant de la télédétection.

Écozone⁺ Boréale de Terre-Neuve : infestations d'insectes indigènes à grande échelle

Les trois principaux insectes phyllophages indigènes à l'écozone⁺ Boréale de Terre-Neuve sont l'arpenteuse de la pruche du Canada, la tordeuse des bourgeons de l'épinette (*Choristoneura fumiferana*) et le diprion du sapin (*Neodiprion abietis*). Des analyses dendrochronologiques ont mis en lumière des infestations de légères à modérées de la tordeuse des bourgeons de l'épinette et de l'arpenteuse de la pruche au cours des 19ᵉ et 20ᵉ siècles[493]. Les infestations majeures se sont surtout limitées aux régions de l'ouest et du centre de l'écozone⁺.

Le diprion du sapin

Le diprion du sapin a été le plus nuisible des insectes phyllophages. Comme il est illustré dans la portion ouest de l'écozone⁺ (Figure 97), la portée et la gravité des infestations se sont accrues avec le temps (Figure 98). Les premières grandes infestations enregistrées duraient de trois à quatre ans (de 1944 à 1947, de 1954 à 1956, de 1960 à 1963) et demeuraient relativement localisées. L'infestation suivante de grande envergure a duré huit ans (de 1967 à 1975) et a couvert une surface plus grande que les trois premières infestations. L'infestation la plus récente a commencé en 1991 et était d'une gravité, d'une portée et d'une durée sans précédent[494].

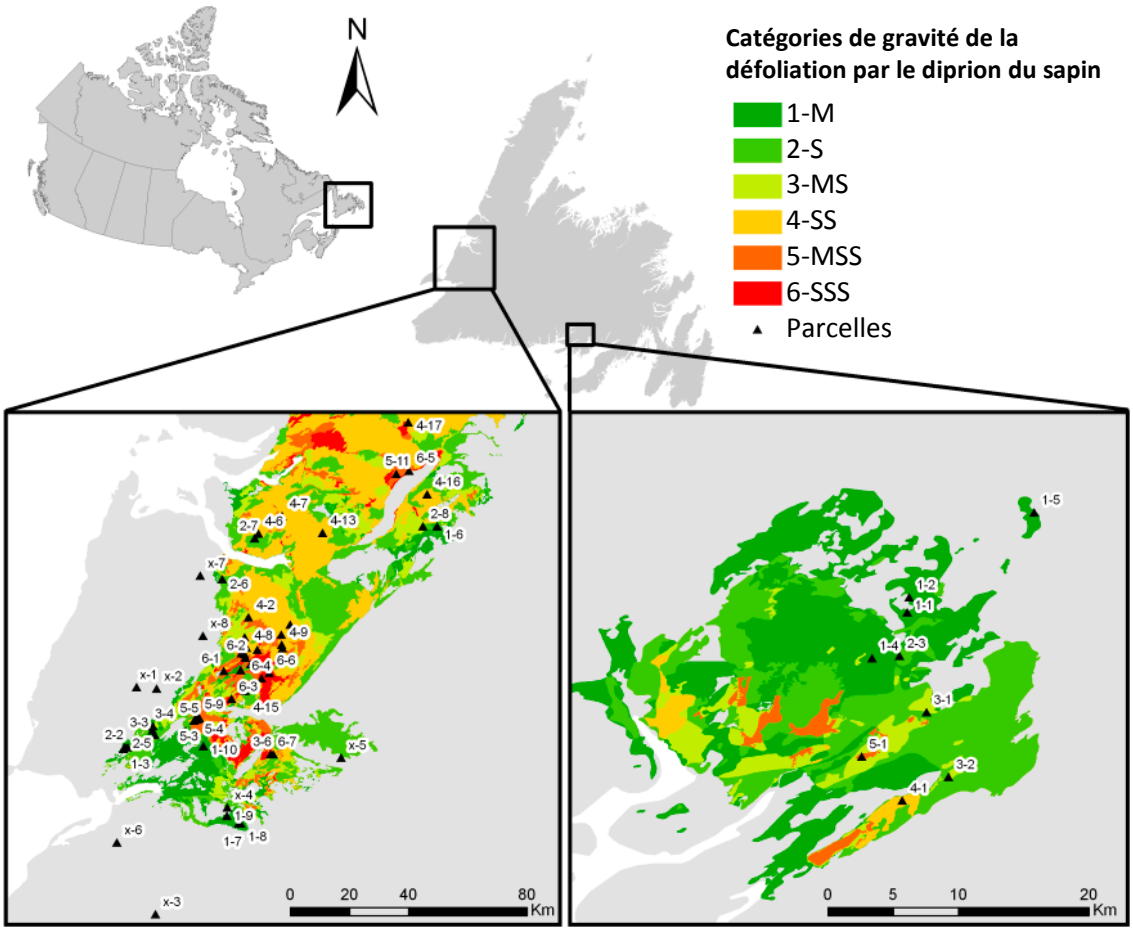


Figure 97. Carte des emplacements et de la gravité de la défoliation par le diprion du sapin à Terre-Neuve de 1996 à 2008.
Six catégories de gravité de la défoliation ont été basées sur le taux de défoliation dans une période allant jusqu'à 3 ans : « M » indique modéré (de 31 à 70 %) et « S » indique grave (de 71 à 100 %) de défoliation.
Source : Iqbal et coll. 2011[495]

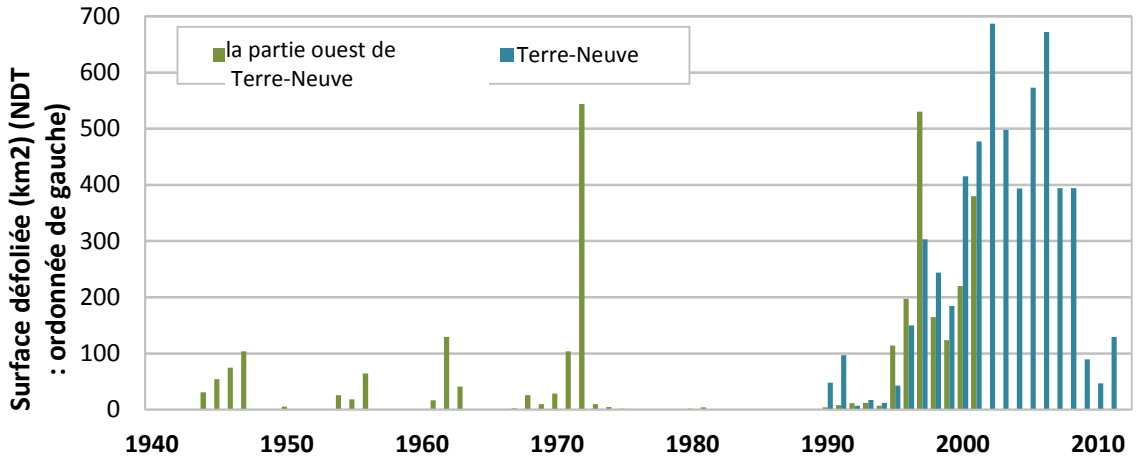


Figure 98. Estimations annuelles de la surface gravement défoliée par le diprion du sapin dans la partie ouest de Terre-Neuve entre 1940 et 2011.
La défoliation était moins de 0,1 km^2 durant plusieurs années.
Source : Moreau, 2006[494] avec données mises-à-jour fournies par l'auteur

Les répercussions du diprion du sapin peuvent être graves, même en présence d'une seule année de défoliation[495]. Étant donné que le diprion du sapin se nourrit de différentes classes d'âge de feuillage dans une année, cela laisse moins de temps de réaction aux gestionnaires que pour les autres insectes phyllophages tels que l'arpenteuse de la pruche du Canada, qui habituellement se nourrit seulement de feuillage de l'année courante, ce qui fait que la mortalité des arbres peut prendre jusqu'à quatre ans à se produire. Au contraire, d'un à trois ans de défoliation grave par le diprion du sapin peut causer des pertes importantes à long terme en ce qui concerne la croissance et le rendement des peuplements, en raison à la fois de la mortalité des arbres dans les parcelles matures et d'un rétablissement de faible croissance[495].

La tordeuse des bourgeons de l'épinette

Un grand nombre d'infestations de la tordeuse des bourgeons de l'épinette se sont produites à Terre-Neuve et elles sont toutes le résultat d'un mouvement vers l'est d'infestations qui ont pris naissance dans l'est du Canada[496, 497]. Trois infestations mineures ont été notées durant la période de 1940 à 1970; elles étaient sporadiques, localisées, se sont éteintes dans les trois ans et n'ont pas causé, ou très peu, de dommages aux peuplements forestiers[32, 496]. Une infestation étendue et grave a commencé en 1971 dans la région de l'ouest de l'écozone+. En 1977, toutes les forêts productives matures et non matures de l'écozone+ Boréale de Terre-Neuve avaient déjà été infestées; la densité de tordeuse des bourgeons a augmenté jusqu'en 1985[32, 498]. La réduction moyenne de la croissance radiale dans les peuplements endommagés était d'environ 80 %[32]; les pertes de volume total moyen se chiffraient à 112 m^3/ha, correspondant à 45 % du volume potentiel selon la croissance avant la défoliation[498]. La densité de la tordeuse des bourgeons est restée relativement élevée dans l'écozone+ Boréale de Terre-Neuve jusqu'en 1992[499]. Le volume total de peuplements forestiers ayant subi la mortalité d'arbres en raison de la tordeuse des bourgeons de l'épinette pour la période entre 1971 et 1992 représentait plus de 50 millions de m[332, 496, 499] (Figure 99).

Les dommages causés par la tordeuse des bourgeons de l'épinette peuvent être sérieux et irrévocables. Les arbres hôtes dans l'écozone+ comprennent le sapin baumier, l'épinette blanche et l'épinette noire[500]. De ceux-ci, le sapin baumier est le plus vulnérable; les arbres individuels meurent de quatre à cinq ans après l'attaque initiale[32]. Le rétablissement de peuplements de sapins baumiers morts dans l'écozone+ Boréale de Terre-Neuve est supprimé et la succession vers des arbustes ou des espèces concurrentes de feuillus peut se produire. Dans les peuplements purs, les épinettes noires peuvent survivre, mais certains peuplements dans la région centrale de l'écozone+ ont été décimés et remplacés par une végétation de lande à kalmia[32].

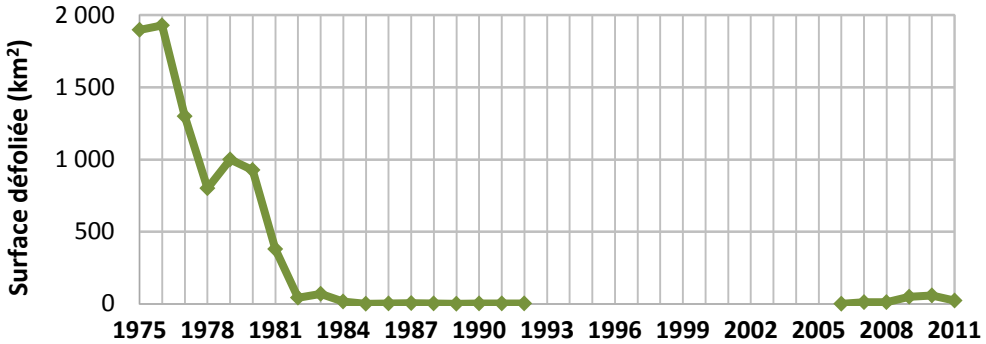


Figure 99. Superficie défoliée par la tordeuse des bourgeons de l'épinette à Terre-Neuve-et-Labrador de 1975 à 2011.
Aucune donnée n'était accessible de 1993 à 2005. Ces données sont provinciales et dépassent les frontières de l'écozone+ Boréale de Terre-Neuve. Source : Base de données nationale sur les forêts, 2008[501]

L'arpenteuse de la pruche

Avant l'infestation dévastatrice d'arpenteuses de la pruche de 1972 à 1985, l'arpenteuse de la pruche du Canada était le principal organisme nuisible de la forêt dans l'écozone+[502]. C'est dans l'écozone+ Boréale de Terre-Neuve que le phénomène de réapparition d'infestations d'arpenteuses de la pruche en Amérique du Nord a été le plus fréquent[503, 504]. Les infestations consignées étaient cycliques, durant de 6 à 9 ans et atteignaient leur sommet en 3 à 7 ans; la période entre les infestations variait de 7 à 18 ans[302, 503, 505]. On a enregistré huit infestations d'arpenteuses de la pruche depuis 1910[302, 503, 506]. Avant 1966, les infestations étaient locales, mais de durée variable. L'infestation la plus généralisée a eu lieu entre 1966 et 1972; 15 000 km² et 8,6 millions de m³ de bois ont été perdus, ce qui représente plus de deux fois la somme des pertes de toutes les infestations précédentes de l'arpenteuse de la pruche[302, 503]. Les forêts de l'écozone+ ont également été infestées d'arpenteuses de la pruche durant les périodes de 1983 à 1995 et de 1999 à 2006; les volumes totaux de forêt productive perdus au cours de ces périodes se chiffrent à environ 877 km2 et 153 km² respectivement[302]. Le volume d'arbres perdu en raison d'infestations d'arpenteuses de la pruche de 1947 à 1991 s'élevait à environ 25 millions de m³, ce qui équivaut à une réserve de 7 ans pour les trois usines de papier dans l'écozone+[507]. Les larves de l'arpenteuse de la pruche se nourrissent d'une multitude de conifères, mais leur hôte principal est le sapin baumier[508]. Les larves consomment seulement une portion des aiguilles individuelles, puis s'attaquent aux aiguilles adjacentes; les aiguilles partiellement consommées

meurent[32]. Les infestations d'arpenteuses de la pruche se produisent généralement là où la densité de tordeuses de bourgeons de l'épinette a diminué[503].

Constatation clé 20 **Thème** Habitats, espèces sauvages et processus écosystémiques

Réseaux trophiques

Constatation clé à l'échelle nationale

Des changements profonds dans les relations entre les espèces ont été observés dans des milieux terrestres et dans des milieux d'eau douce et d'eau marine. La diminution ou la disparition d'éléments importants des réseaux trophiques a considérablement altéré certains écosystèmes.

Écozone+ du Bouclier boréal : réseaux trophiques

Parmi les relations producteur-consommateur les plus communément connus dans la forêt boréale, on retrouve les fluctuations de production des cônes qui influencent les oiseaux boréaux mangeurs de graines[509, 510], les visons et les rats musqués[511], le cycle du lynx du Canada et du lièvre d'Amérique (*Lepus americanus*)[512-514] ainsi que la dynamique du caribou des bois et du loup (*Canis lupus*). En raison de la nature cyclique des interactions prédateur-proie, il peut être difficile d'analyser les tendances et les études sur les changements à long terme.

Le facteur limitatif immédiat principal pour les populations de caribou boréal est la prédation, entraînée par des changements naturels du paysage ou induits par les humains, qui favorisent les premiers stades de succession et des densités plus élevées de proies alternatives[417, 421, 423-427, 515-520]. Les perturbations de l'habitat, y compris l'exploitation des forêts, ont sans doute amplifié les forêts aux premiers stades de succession qui soutiennent habituellement de plus fortes densités de proies alternatives comme l'orignal et le cerf de Virginie (*Odocoileus virginianus*). Conséquemment, les populations de loups et d'ours ont augmenté à leur tour. Lorsque les populations de proies alternatives ont diminué, les prédateurs abondants se sont tournés vers le caribou comme source alimentaire[431, 436].

En plus des relations de prédation, la dynamique de la communauté est affectée par les maladies et les parasites. Ceux qui entraînent les répercussions les plus importantes sur la faune de cette écozone+ sont le virus du Nil occidental, qui touche particulièrement les oiseaux sauvages indigènes, ainsi que le ver des méninges du cerf de Virginie (*Parelaphostrongylus tenuis*)[521]. Le ver des méninges menace les populations de caribou des bois et de caribou de la toundra (*Rangifer tarandus groenlandicus*) à mesure que l'aire de répartition du cerf de Virginie s'étend vers le nord.

Écozone+ Boréale de Terre-Neuve : réseaux tropiques

Des changements considérables se sont produits dans la dynamique trophique de l'écozone+ Boréale de Terre-Neuve. Les loups, qui étaient le seul prédateur de niveau trophique supérieur, ont disparu dans les années 1920. L'introduction de l'orignal, un herbivore dominant, a eu un effet sur le biome forestier (voir la constatation clé de l'Écozone+ Boréale de Terre-Neuve : forêts à la page 40). Le premier coyote confirmé dans l'écozone+ a été observé en 1987[522]. Le coyote fait concurrence au lynx et au renard roux (*Vulpes vulpes*) en ce qui concerne les proies, et il peut devenir un prédateur important du caribou des bois, du lièvre arctique (*Lepus arcticus*) et de la martre d'Amérique.

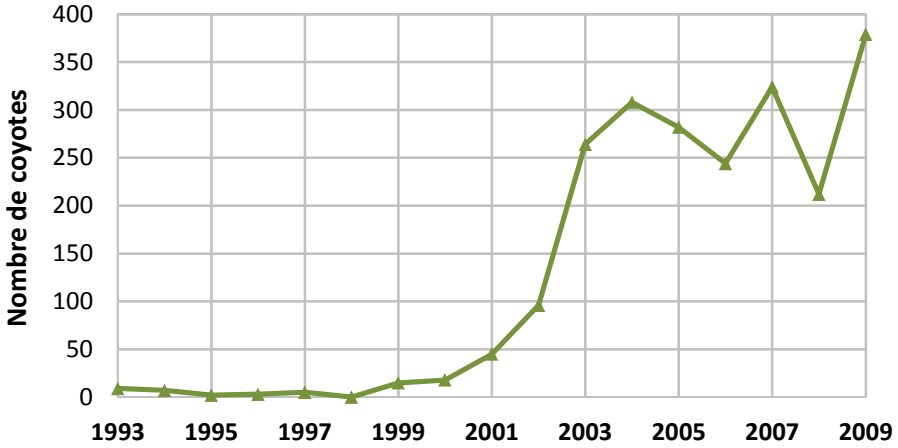


Figure 100. Nombre de coyotes récoltés dans l'écozone+ Boréale de Terre-Neuve de 1993 à 2009. Source : Statistique Canada, 2009[396]

Des changements relatifs à la phénologie ont mené à de nouvelles interactions prédateur-proie. Les phoques ont allongé le temps qu'ils passent dans plusieurs rivières et estuaires d'une période allant jusqu'à trois mois par rapport aux années 1990. Ils sont maintenant présents au moment de la migration des saumoneaux, une situation qui n'existait pas auparavant[523]. Des recherches sont en cours pour déterminer si le fait que les phoques passent plus de temps dans les estuaires a augmenté le taux de prédation des saumons[523].

THÈME : INTERFACE SCIENCE-POLITIQUE

Constatation clé 21 **Thème** Interface science-politique

Surveillance de la biodiversité, recherche, gestion de l'information et communication des résultats

Constatation clé à l'échelle nationale
Les renseignements de surveillance recueillis sur une longue période, normalisés, complets sur le plan spatial et facilement accessibles, complétés par la recherche sur les écosystèmes, fournissent les constatations les plus utiles pour les évaluations de l'état et des tendances par rapport aux politiques. L'absence de ce type d'information dans de nombreux secteurs a gêné l'élaboration de la présente évaluation.

Le manque de surveillance, de recherche, de gestion de l'information et de rapports sur la biodiversité n'est pas unique à ces écozones+. Peu de données sont disponibles à l'échelle de l'écozone+ pour l'écozone+ du Bouclier boréal. Les programmes de surveillance varient grandement entre les provinces, faisant en sorte qu'il est difficile de combiner et d'interpréter les données provinciales pour en tirer des tendances au niveau de l'écozone+.

Lorsque les données existent, elles couvrent rarement des périodes de temps assez longues pour définir des tendances. Plus précisément :

- On ne disposait pas de données sur l'exploitation minière à long terme à l'échelle de l'écosystème et de l'écozone+.
- Les données sur les projets hydroélectriques à long terme à l'échelle de l'écosystème et de l'écozone+ n'étaient pas cohérentes entre les différentes régions de l'écozone+.
- Les écosystèmes des milieux humides n'étaient pas surveillés et il y avait une absence de consensus entre les gouvernements concernant les protections accordées aux milieux humides, à leur taille et à leur type;
- Il n'existait pas de relevés de population des espèces indicatrices ou des assemblages d'espèces à l'échelle de l'écozone+. Souvent, les seules tendances disponibles étaient dérivées des données de récolte commerciale ou récréative, qui étaient influencées par la demande du marché et les efforts de récolte.
- On possède peu de données sur les populations de poissons, de reptiles et d'amphibiens par rapport aux données dont on dispose sur les oiseaux et les mammifères.

Il était difficile d'obtenir des données quantitatives relatives aux constatations clés pour l'écozone+ Boréale de Terre-Neuve. La difficulté d'évaluer une partie du Labrador et les restrictions budgétaires et les changements dans les programmes de surveillance et les aires protégées comptaient parmi les défis.

Constatation clé 22 **Thème** Interface science-politique

Changements rapides et seuils

Constatation clé à l'échelle nationale

La compréhension grandissante des changements rapides et inattendus, des interactions et des seuils, en particulier en lien avec les changements climatiques, indique le besoin d'une politique qui permet de répondre et de s'adapter rapidement aux indices de changements environnementaux afin de prévenir des pertes de biodiversité majeures et irréversibles.

Dans la dernière moitié du 20e siècle, de nombreuses forêts de l'écozone+ du Bouclier boréal ont atteint un point décisif où les peuplements dominés par les conifères des forêts de conifères à couvert fermé se transformaient en peuplements mixtes et dominés par les feuillus. Cette situation résultait de changements dans les pratiques d'aménagement des forêts, les régimes des feux et les infestations d'insectes (voir la constatation clé Écozone+ du Bouclier boréal : forêts à la page 27). Certaines portions de la forêt boréale du centre du Québec sont devenues des écosystèmes de terrain boisé dans la dernière moitié du 20e siècle. Dans ce cas-ci, les terrains boisés moins productifs (un type de forêt généralement plus nordique) se sont bien établis plus au sud. Aucun signe n'indique que cette tendance pourrait bientôt se renverser[68]. Dans cette région, le risque de feu irréprimé a augmenté de 1901 à 2002[481]. Ces changements correspondent aux résultats attendus dans la composition et la structure de l'écosystème en raison d'un climat qui change rapidement[390]. De plus, les pressions cumulatives exercées par l'expansion de l'étendue des virus, des parasites et des espèces envahissantes sont largement inconnues. Le virus du Nil occidental et *P. tenuis* (le ver des méninges du cerf de Virginie qui est mortel pour le caribou) pourraient avoir les répercussions les plus importantes sur la faune dans cette écozone+[521, 524, 525].

Au contraire, les espèces envahissantes ont eu une incidence sur l'écozone+ Boréale de Terre-Neuve depuis plus de 100 ans. Le changement dans la composition des espèces d'arbres et l'absence de rétablissement de la forêt pendant des décennies suivant la perturbation semblent indiquer que les orignaux et les insectes phyllophages ont altéré de façon permanente les écosystèmes forestiers à Terre-Neuve.

CONCLUSION : BIEN-ÊTRE HUMAIN ET BIODIVERSITÉ

Les collectivités humaines dans les écozones+ du Bouclier boréal et Boréale de Terre-Neuve dépendent fortement des ressources naturelles dont la valeur économique est assujettie aux marchés mondiaux. Les collectivités autochtones, en particulier, se reposent sur des écosystèmes en santé et les biens et services qu'ils procurent. La foresterie constituait un employeur majeur dans ces écozones+, tandis que les pêches étaient importantes à la fois pour les loisirs et comme source de nourriture pour de nombreuses collectivités.

Un climat changeant et des pressions écologiques exercées par la propagation des espèces non indigènes envahissantes sont des défis auxquels doivent faire face les écosystèmes et les personnes qui en dépendent. On ignore en grande partie quel sera l'impact des espèces non indigènes qui ont récemment envahi l'écozone+ du Bouclier boréal. Les espèces envahissantes, notamment les mammifères, ont altéré les réseaux trophiques ainsi que la structure et la composition des écosystèmes forestiers dans l'écozone+ Boréale de Terre-Neuve.

L'écozone+ du Bouclier boréal jouera sans doute un rôle important dans l'avenir du Canada dans un climat en changement. Ses vastes forêts et milieux humides emmagasinent d'énormes quantités de carbone. Si elles sont bien gérées, ces réserves de carbone peuvent aider à atténuer les effets des changements climatiques. À l'inverse, des pertes relatives à la capacité de séquestration représenteraient une grande menace pour le Canada en ce qui concerne sa capacité de s'adapter et de prospérer. Les biens et les services écologiques fournis par l'écozone+ du Bouclier boréal sont importants pour le Canada tout entier.

L'écozone+ Boréale de Terre-Neuve présente un grand nombre des mêmes questions environnementales et de gestion des ressources que l'écozone+ du Bouclier boréal. On y constate en plus d'autres défis socioéconomiques et environnementaux en raison du déclin des pêches et de l'essor rapide de l'exploitation pétrolière extracôtière.

RÉFÉRENCES

1. St.-George, S. 2007. Streamflow in the Winnipeg River basin, Canada: Trends, extremes and climate linkages. Journal of Hydrology 332:396-411.

2. Milly, P.C.D., Dunne, K.A. et Vecchia, A.V. 2005. Global patterns of trends in streamflow and water availability in a changing climate. Nature 438:347-350.

3. Ermine, W., Nilson, R., Sauchyn, D., Sauve, E. et Smith, R.Y. 2005. Isi askiwan - the state of the land: Prince Albert Grand Council Elders' Forum on Climate Change. Prairie Adaptation Research Collaborative. 40 p.

4. Environnement Canada. 2006. Un cadre axé sur les résultats en matière de biodiversité pour le Canada. Conseils canadiens des ministres des ressources. Ottawa, ON. 8 p. http://www.biodivcanada.ca/default.asp?lang=Fr&n=F14D37B9-1.

5. Groupe de travail fédéral-provincial-territorial sur la biodiversité. 1995. Stratégie canadienne de la biodiversité : réponse du Canada à la Convention sur la diversité écologique. Environnement Canada, Bureau de la Convention sur la biodiversité. Hull, QC. 80 p. http://www.biodivcanada.ca/default.asp?lang=Fr&n=560ED58E-1.

6. Les gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux du Canada. 2010. Biodiversité canadienne : état et tendances des écosystèmes en 2010. Conseils canadiens des ministres des ressources. Ottawa, ON. vi + 148 p. http://www.biodivcanada.ca/default.asp?lang=Fr&n=83A35E06-1.

7. Environnement Canada. 2014. Évaluation de l'état et des tendances de l'écozone[+] du Bouclier boréal. Biodiversité canadienne:État et tendances des écosystèmes en 2010, Rapport technique. Conseil canadien des ministres des ressources. Rapport préliminaire.

8. Rankin, R., Austin, M. et Rice, J. 2011. Système de classification écologique pour le Rapport sur l'état et les tendances des écosystèmes. Biodiversité canadienne : état et tendances des écosystèmes en 2010, Rapport technique thématique n° 1. Conseils canadiens des ministres des ressources. Ottawa, ON. ii + 18 p. http://www.biodivcanada.ca/default.asp?lang=Fr&n=137E1147-1.

9. Groupe de travail sur la stratification écologique. 1995. Cadre écologique national pour le Canada. Agriculture et Agroalimentaire Canada, Direction

générale de la recherche, Centre de recherches sur les terres et les ressources biologiques et Environnement Canada, Direction générale de l'état de l'environnement, Direction de l'analyse des écozones. Ottawa, ON/Hull, QC. 144 p. Rapport et carte nationale 1/7 500 000.

10. CCEA. 2009. Système de Rapport et de Suivi pour les Aires de Conservation (SRSAC), v.2009.05 [en ligne]. Conseil canadien des aires écologiques. http://ccea.org/fr_carts.html (consulté le 5 Nov. 2009).

11. Lee, P., Gysbers, J.D. et Stanojevic, Z. 2006. Canada's forest landscape fragments: a first approximation (a Global Forest Watch Canada report). Observatoire Mondial des Forêts. Edmonton, AB. 97 p.

12. Urquizo, N., Bastedo, J., Brydges, T. et Shear, H. 2000. Évaluation écologique de l'écozone du Bouclier boréal. Travaux publics et Services gouvernementaux Canada. Ottawa, ON.

13. Environnment Canada. 1994. Canadian Monthly Climate Data and 1961-1990 Normals on CD-ROM. Environnment Canada.

14. Monk, W.A. et Baird, D.J. 2014. Biodiversité dans les rivières et lacs du Canada. Biodiversité canadienne : état et tendances des écosystèmes en 2010, Rapport technique thématique n° 19. Conseils canadiens des ministres des ressources. Ottawa, ON. Projet de rapport.

15. Commission géologique du Canada. 1994. Matériaux superficiels du Canada, carte 1880A [en ligne]. Ressources naturelles Canada. http://geoscan.ess.nrcan.gc.ca/starweb/geoscan/servlet.starweb (consulté le 23 Oct. 2009).

16. Smith, S. 2011. Tendances relatives aux conditions du pergélisol et à l'écologie dans le Nord du Canada. Biodiversité canadienne : état et tendances des écosystèmes en 2010, Rapport technique thématique n° 9. Conseils canadiens des ministres des ressources. Ottawa, ON. iii + 23 p. http://www.biodivcanada.ca/default.asp?lang=Fr&n=137E1147-1.

17. Martel, L. et Caron-Malenfant, E. 2009. Recensement de 2006 : Portrait de la population canadienne en 2006 : résultats [en ligne]. Statistique Canada. http://www12.statcan.gc.ca/census-recensement/2006/as-sa/97-550/index-fra.cfm (consulté le 25 Feb. 2009).

18. Javorek, S.K. et Grant, M.C. 2011. Tendances de la capacité d'habitat faunique des terres agricoles du Canada, de 1986 à 2006. Biodiversité canadienne : état et tendances des écosystèmes en 2010, Rapport technique thématique nº 14. Conseils canadiens des ministres des ressources. Ottawa, ON. vi + 51 p. http://www.biodivcanada.ca/default.asp?lang=Fr&n=137E1147-1.

19. BirdLife International. 2004. Zones importantes pour la conservation des oiseaux au Canada [en ligne]. Bird Studies Canada, Nature Canada, Bird Life International. http://www.ibacanada.ca/?lang=fr (consulté le 17 Nov. 2009).

20. Man and Biosphere Program. 2005. Focal Point for Biosphere Reserves [en ligne]. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. http://www.unesco.org/mabdb/br/brdir/directory/contact.asp?code=CAN (consulté le 17 Nov. 2009).

21. Berkes, F. et Davidson-Hunt, I.J. 2006. Biodiversity, traditional management systems, and cultural landscapes: Examples from the boreal forest of Canada. International Social Science Journal 58:35-47.

22. Karst, A. 2010. Conservation Value of the North American Boreal Forest from an Ethnobotanical persective. Canadian Boreal Initiative; David Suzuki Foundation; Boreal Songbird Initiative. Ottawa, ON;Vancouver, BC; Seattle, WA.

23. Ahern, F., Frisk, J., Latifovic, R. et Pouliot, D. 2011. Surveillance à distance de la biodiversité : sélection de tendances mesurées à partir d'observations par satellite du Canada. Biodiversité canadienne : état et tendances des écosystèmes en 2010, Rapport technique thématique nº 17. Conseils canadiens des ministres des ressources. Ottawa, ON. http://www.biodivcanada.ca/default.asp?lang=Fr&n=137E1147-1.

24. Latifovic, R. et Pouliot, D. 2005. Multitemporal land cover mapping for Canada: methodology and products. Journal canadien de télédétection 31:347-363.

25. Statistique Canada. 2008. L'activité humaine et l'environnement : statistiques annuelles 2007 et 2008. L'activité humaine et l'environnement, catalogue nº 16-201-X. Statistique Canada. Ottawa, ON. 159 p.

26. Bérubé, F. 2003. Canadian Forest Service's Forests of Canada Collection. Natural Resources of Canada, Canadian Forest Services.

27. Tuck, J.A. 1976. Newfoundland and Labrador prehistory. Canadian Prehistory Series, Archaeological Survey of Canada. Museum of Man. Ottawa, ON.

28. Gouvernement du Canada. 1950. Newfoundland: An introduction to Canada's New Province. Ministry of Trade of Commerce, Department of External Affairs. Ottawa, ON. 142 p.

29. Paone, L.C. 2003. Hazard sensitivitiy in Newfoundland coastal commnunities-impacts and adaptations to climate change: a case study of Conception Bay South and Holyrood, Newfoundland. Thèse (M.Sc.). Memorial University of Newfoundland, Department of Geography. St. John's, NL. 206 p.

30. Rogerson, R.J. 1983. Geological Evolution. *Dans* Biogeography and ecology of the island of Newfoundland. South, G.R. (éd.). Junk Publishers. The Hague. pp. 5-35.

31. Ullah, W., Beersing, A., Blouin, A., Wood, C.H. et Rodgers, A. 1992. Water resources atlas of Newfoundland. Water Resources Division, Department of Environment and Lands, Government of Newfoundland and Labrador. St. John's, NL.

32. Hudak, J. et Raske, A.G. 1982. Review of the spruce budworm outbreaks in Newfoundland: its control and forest management implications. Environnment Canada. 320 p.

33. Banfield, C.E. 1983. Climate. *Dans* Biogeography and ecology of the island of Newfoundland. South, G.R. (éd.). Junk Publishers. The Hague. pp. 37-106.

34. Burridge, M. et Mandrak, N. 2009. Ecoregion description: 115: Canadian Atlantic Islands [en ligne]. *In* Freshwater ecoregions of the world. The Nature Conservancy and the World Wildlife Fund. http://www.feow.org/ecoregion_details.php?eco=115 (consulté le 21 Feb. 2009).

35. Ives, J.D. 1978. The maximum extent of the Laurentide Ice Sheet along the east coast of North America during the last glaciation. Arctic 31:1-15.

36. Dehler, S. et McCutcheon, S. 2007. Atlantic Canada ice dynamics. Geoscience Canada 34:1-48.

37. Stocks, B.J., Mason, J.A., Todd, J.B., Bosch, E.M., Wotton, B.M., Amiro, B.D., Flannigan, M.D., Hirsch, K.G., Logan, K.A., Martell, D.L. et Skinner, W.R. 2003. Large forest fires in Canada, 1959-1997. Journal of Geophysical Research 108:8149-8161.

38. Manitoba Conservation - Forestry Branch. 2009. Inventaire forestier du Manitoba : superficie par type de couvert dans l'unité de gestion de la forêt Pineland, de 1970 à 2000. Données non publiées.

39. OMNR. 2007. Le Rapport de 2006 sur l'état des forêts. Ontario Ministry of Natural Resources, Queen's Printer for Ontario. Toronto, ON. 734 p. + appendices.

40. Hearnden, K.W., Millson, S.V. et Wilson, W.C. 1992. A report on the status of forest regeneration. Ministère des Richesses naturelles de l'Ontario. Toronto, ON. 117 p.

41. Harvey, B.D. et Bergeron, Y. 1989. Site patterns of natural regeneration following clear-cutting in northwestern Quebec. Canadian Journal of Forest Research 19:1458-1469.

42. Carleton, T.J. et MacLellan, P. 1994. Woody vegetation responses to fire versus clear-cutting logging: a comparative survey in the central Canadian boreal forest. Ecoscience 1:141-152.

43. OMNR. 2012. Annual report on forest management 2009/10. Queen's Printer for Ontario. Toronto, ON. 105 p.

44. Thompson, I.D., Flannigan, M.D., Wotton, B.M. et Suffling, R. 1998. The effects of climate change on landscape diversity: an example in Ontario forests. Environmental Monitoring and Assessment 49:213-233.

45. OMNR. 2013. State of Ontario's forests. Ontario Ministry of Natural Resources, Queen's Printer for Ontario. Toronto, ON. 73 p.

46. Ministère des Ressources naturelles. 2005. Système hiérarchique de classification écologique du territoire. Direction des inventaires forestiers, Ministère des ressources naturelles, Gouvernement du Québec. Québec, QC.

47. Parisien, M.-A., Peters, V.S., Wang, Y., Little, J.M., Bosch, E.M. et Stocks, B.J. 2006. Spatial pattern of forest fires in Canada, 1980-1999. International Journal of Wildland Fire 15:361-374.

48. Parisien, M.A., Hirsch, K.G., Lavoie, S.G., Todd, J.B. et Kafka, V.G. 2004. Saskatchewan fire regime analysis. Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, Northern Forestry Centre. Edmonton, Alberta. 49 p.

49. Saskatchewan Environment. 2007. Report on Saskatchewan's provincial forests 2007 [en ligne]. http://www.environment.gov.sk.ca (consulté le 18 Mar. 2009).

50. Saskatchewan Research Council. 2003. Remote Sensing and Spatial Information, NDLC Land Cover. Rastor digital data. Données non publiées.

51. Payette, S. 1992. Fire as a controlling process in the North American Boreal Forest. *Dans* A systems analysis of the global boreal forest. Shugart, H.H., Leemans, R. et Bonan, G.B. (éd.). Cambridge University Press. Cambridge, U.K. pp. 144-169.

52. Candau, J.N. et Fleming, R.A. 2005. Landscape- scale spatial distribution of spruce budworm defoliation in relation to bioclimatic conditions. Canadian Journal of Forest Research 35:2218-2232.

53. Ruel, J.-C. 1995. Understanding windthrow: silvicultural implications. Forestry Chronicle 71:434-445.

54. Bergeron, Y., Gauthier, S., Greene, D.F., Noël, J. et Rousseau, M. 2004. Recruitment of *Picea mariana*, *Pinus banksiana*, and *Populus tremuloides* across a burn severity gradient following wildfire in the southern boreal forest of Quebec. Canadian Journal of Forest Research 34:1845-1857.

55. Bergeron, Y., Leduc, A., Harvey, B.D. et Gauthier, S. 2002. Natural fire regime: a guide for sustainable management of the Canadian Boreal Forest. Silva Fennica 36:81-95.

56. Drapeau, P., Leduc, A. et Bergeron, Y. 2009. Bridging ecosystem and multiple species approaches for setting conservation targets in managed boreal landscapes. *Dans* Setting conservation targets for managed forest landscapes. Villard, M.-A. et Jonsson, B.G. (éd.). Cambridge University Press. Chapitre 7. pp. 129-160.

57. Harper, K., Bergeron, Y., Gauthier, S. et Drapeau, P. 2002. Post-fire development of canopy structure and composition in black spruce forests of Abitibi, Quebec: a landscape scale study. Silva Fennica 36:249-263.

58. Bergeron, Y., Cyr, D., Drever, C.R., Flannigan, M., Gauthier, S., Kneeshaw, D., Lauzon, E., Leduc, A., Le Goff, H., Lesieur, D. et Logan, K. 2006. Past, current, and future fire frequencies in Quebec's commercial forests: implications for the cumulative effects of harvesting and fire on age-class structure and natural

disturbance-based management. Canadian Journal of Forest Research 36:2737-2744.

59. Colombo, S.J., Cherry, M.L., Graham, C., Greifenhagen, S., McAlpine, R.S., Papadopol, C.S., Parker, W.C., Scarr, T., Ter-Mikaelian, M.T. et Flannigan, M.D. 1998. The impacts of climate change on Ontario's forests. Forest Research Information Paper nº 143. Ontario Forest Research Institute, Ministry of Natural Resources. Sault Ste. Marie, ON.

60. Rowe, J.S. 1972. Forest regions of Canada. Canadian Forest Service publication nº 1300. Publishing Division, Information Canada. Ottawa ON. x + 172 p.

61. Ministère des Ressources naturelles. 2002. Rapport synthèse sur l'état des forêts Québécoises 1995-1999. Gouvernement du Québec. Charlesbourg, QC. 8 p.

62. Viereck, L.A. et Johnston, W.F. 1990. Black spruce (*Picea Mariana* (Mill.) B.S.P.). *Dans* Silvics of North America: 1. Conifers; 2. Hardwoods, Agriculture Handbook 654. Burns, R.M. et Honkala, B.H. (éd.). US Department of Agriculture. Forest Service. Washington, DC.

63. Ministère des Ressources Naturelles et de la Faune du Québec. 2008. Statistiques forestières [en ligne]. Gouvernement du Québec. http://www.mrnfp.gouv.qc.ca/forets/connaissances/connaissances-statistiques.jsp (consulté le 4 Dec. 2008).

64. Manitoba Conservation. 2006. Five-year report on the status of forestry. Manitoba Conservation Foretsry Branch. Winnipeg, MB. 44 p.

65. Bergeron, Y., Gauthier, S., Flannigan, M. et Kafka, V. 2004. Fire regimes at the transition between mixedwood and coniferous boreal forest in northwestern Quebec. Ecology 85:1916-1932.

66. Gauthier, S., Leduc, A. et Bergeron, Y. 1996. Forest dynamics modelling under natural fire cycles: a tool to define natural mosaic diversity for forest management. Environmental Monitoring and Assessment 39:417-434.

67. Gouvernement du Quebec. 2000. Limite nordique des fôrets attribuables - rapport final.

68. Girard, F., Payette, S. et Gagnon, R. 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.

69. Girard, F., Payette, S. et Gagnon, R. 2009. Origin of the lichen-spruce woodland in the closed-crown forest zone of eastern Canada. Global Ecology and Biogeography 18:291-303.

70. Newfoundland Forest Services - Department of Natural Resources. 2009. Landsat imagery of Labrador forests from 1987-1990. Données non publiées.

71. Pittman, B. 2009. Communication personnelle.

72. National Forestry Database. 2008. Silviculture - National Tables [en ligne]. http://nfdp.ccfm.org/data/graph_61_a_e.php (consulté le 23 Nov. 2009).

73. Banducci, S. 2009. Case study: forest industry decline in Ontario. Produced for the Ecosystem Status and Trends Report. Ontario Ministry of Northern Development, Mines and Forestry.

74. Blancher, P. et Wells, J. 2005. La Région Boréale: la crèche d'oiseaux de l'Amérique du nord. Initiative Boréale canadienne et la Boreal Songbird Initiative. Ottawa, ON et Seattle, WA. 9 p. et annexe.

75. Downes, C., Blancher, P. et Collins, B. 2011. Tendances relatives aux oiseaux terrestres au Canada, de 1968 à 2006. Biodiversité canadienne : état et tendances des écosystèmes en 2010, Rapport technique thématique n° 12. Conseils canadiens des ministres des ressources. Ottawa, ON. xi + 118 p. http://www.biodivcanada.ca/default.asp?lang=Fr&n=137E1147-1.

76. Blancher, P. 2003. Importance of Canada's boreal forest to landbirds. Canadian Boreal Initiative et Boreal Songbird Initiative. Ottawa, ON et Seattle, WA. 43 p.

77. Butcher, G.S. et Niven, D.K. 2007. Combining data from the Christmas Bird Count and the Breeding Bird Survey to determine the continental status and trends of North America birds. National Audubon Society. Ivyland, PA. 34 p.

78. Environnement Canada. 2014. Résultats du Relevé des oiseaux nicheurs - 2012. [en ligne]. Environment Canada. http://www.ec.gc.ca/ron-bbs/P001/A001/?lang=f

79. COSEPAC. 2007. Sommaire de l'évaluation du COSEPAC - Moucherolle à côtés olive. Comité sur la situation des especes en péril au Canada. Ottawa, ON. vii + 25 pp. p.

80. Blancher, P., Collins, B. et Downes, C. 2008. Landbird Trends in the Boreal Shield Ecozone+ (BCRs 8 and 12, minus Island of Newfoundland) Ecosystem Status and Trends Report.

81. Nebel, S., Mills, A., McCracken, J.D. et Taylor, P.D. 2010. Declines of aerial Insectivores in North America follow a geographic gradient. Avian Conservation and Ecology 5:1-.

82. Rich, T.D., Beardmore, C.J., Berlanga, H., Blancher, P.J., Bradstreet, M.S.W., Butcher, G.S., Demarest, D.W., Dunn, E.H., Hunter, W.C., Iñigo-Elias, E.E., Kennedy, J.A., Martell, A.M., Panjabe, A.O., Pashley, D.N., Rosenberg, K.V., Rustay, C.M., Wendt, J.S. et Will, T.C. 2004. Partners in Flight North American Landbird Conservation Plan. Cornell Lab of Ornithology. Ithaca, NY. 84 p.

83. Environnement Canada. 2013. Stratégie de conservation des oiseaux pour la région de conservation des oiseaux 7 de l'Ontario : Taïga du Bouclier et plaine hudsonienne. Canadian Wildlife Service. Edmonton, Alberta. iv + 288.

84. O'Connor, R.J., Dunn, E., Johnson, D.R., Jones, S.L., Petit, D., Pollock, K., Smith, C.R., Trapp, J.L. et Welling, E. 2000. A programmatic review of the North American Breeding Bird Survey, report of a peer review panel.

85. U.S. North American Bird Conservation Initiative (NABCI) Committee. 2008. Bird Conservation Regions [en ligne]. http://www.nabci-us.org/map.html (consulté le 13 Mar. 2009).

86. Ellwood, E.R., Primack, R.B. et Talmadge, M.L. 2010. Effects of climate change on spring arrival times of birds in Thoreau's Concord from 1851 to 2007. The Condor 112:754-762.

87. Saino, N., Ambrosini, R., Rubolini, D., von Hardenberg, J., Provenzale, A., Hüppop, K., Hüppop, O., Lehikoinen, A., Lehikoinen, E., Rainio, K., Romano, M. et Sokolov, L. 2011. Climate warming, ecological mismatch at arrival and population decline in migratory birds. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences 278:835-842.

88. Waite, T.A. et Strickland, D. 2006. Climate change and the demographic demise of a hoarding bird living on the edge. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences 273:2809-2813.

89. Nguyen, L.P., Hamr, J. et Parker, G.H. 2003. Survival and reproduction of wild turkey hens in central Ontario. The Wilson Bulletin 115:131-139.

90. Drever, M.C., Aitken, K.E.H., Norris, A.R. et Martin.K. 2008. Woodpeckers as reliable indicators of bird richness, forest health and harvest. Biological Conservation 141:624-634.

91. Meades, S.J. 1990. Natural regions of Newfoundland and Labrador. Protected Areas Association. St. John's, NL. 474 p.

92. Department of Forest Resources and Agrifoods. 2003. Provincial Sustainable Forest Management Strategy. Newfoundland and Labrador Department of Natural Resources (éd.). 88 p. + appendices.

93. Setterington, M.A., Thompson, I.D. et Montevecchi, W.A. 2000. Woodpecker abundance and habitat use in mature balsam fir forests in Newfoundland. The Journal of Wildlife Management 335-345.

94. Newfoundland and Labrador Department of Natural Resources. 2009. Forest inventory. Données non publiées.

95. McLaren, B., McCarthy, C. et Mahoney, S. 2000. Extreme moose demographics in Gros Morne National Park, Newfoundland. Alces 36:217-232.

96. McLaren, B.E., Roberts, B.A., Djan-Chekar, N. et Lewis, K. 2004. Effects of overabundant moose on the Newfoundland landscape. Alces 40:45-59.

97. McLaren, B.E., L.Hermanutz, J.Gosse, B.Collet et C.Kasimos. 2009. Broadleaf competition interferes with balsam fir regeneration following experimental removal of moose. Forest Ecology and Management 257:1395-1404.

98. Forbes, G. 2006. Assessment of information needs regarding moose management in Gros Morne and Terra Nova National Parks, Newfoundland. New Brunswick Cooperative Fish and Wildlife Research Unit, University of New Brunswick. Fredericton, NB. 29 p.

99. Burzynski, M., Knight, T., Gerrow, S., Hoffman, J., Thompson, R., Deering, P., Major, D., Taylor, S., Wentzell, C., Simpson, A. et Burdett, W. 2005. State of the park report: an assessment of ecological integrity. Parcs Canada. Gros Morne National Park of Canada. 19 p.

100. Bergerud, A.T. et Manuel, F. 1968. Moose damage to balsam fir -white birch forests in central Newfoundland. Journal of Wildlife Management 32:729-746.

101. Rose, M. et Hermanutz, L. 2004. Are boreal ecosystems susceptible to alien plant invasion? Evidence from protected areas. Oecologia 139:467-477.

102. Gosse, J. 2006. Moose-vegetation issues in Terra Nova and Gros Morne National Parks: Options for active management. Parks Canada. Unpublished report.

103. Humber, J.M. 2009. Alien plant invasion of boreal forest gaps: implications for stand regeneration in a protected area shaped by hyperabundant herbivores. Thèse (Thesis (M.Sc.)). Department of Biology, Memorial University of Newfoundland, St. John's, NL. 214 p.

104. Setterington, M.A., Thompson, I.D. et Montevecchi, W.A. 2000. Woodpecker abundance and habitat use in mature balsam fir forests in Newfoundland. Journal of Wildlife Management 64:335-345.

105. Yetman, D. 1999. Epiphytic lichen diversity and abundance based on forest stand type in Terra Nova National Park: mplications for lichen conservation and forest management. Thèse (Thesis (B.Sc.)). Department of Biology, Memorial University of Newfoundland. St. John's, NL. 146 p.

106. Parcs Canada. 2007. The impact of moose on forest regeneration. Données non publiées.

107. Poulin, M., Rochefort, L., Pellerin, S. et Thibault, J. 2004. Threats and protection for peatlands in eastern Canada. Géocarrefour 79:331-344.

108. Paavilainen, E. et Päivänen, J. 1995. Peatland forestry: ecology and principles. Springer-Verlag. Berlin. 248 p.

109. Parent, L.-É. 2001. L'utilisation agricole. *Dans* Écologie des tourbières du Québec-Labrador. Payette, S. et Rochefort, L. (éd.). Les Presses de l'Université Laval. Saint-Nicolas, QC. pp. 411-421.

110. Foote, L. et Krogman, N. 2006. Wetlands in Canada's western boreal forest: agents of change. The Forestry Chronicle 82:825-833.

111. Trombulak, S.C. et Frissell, C.A. 2000. Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. Conservation Biology 14:18-30.

112. Boulet, M. et Darveau, M. 2000. Depredation of artificial bird nests along roads, rivers and lakes in a boreal balsam fir forest. Canadian Field-Naturalist 114:83-88.

113. Smith, C., Morissette, J., Forest, S., Falk, D. et Butterworth, E. 2007. Synthesis of technical information on forest wetlands in Canada. Technical Bulletin. nº 938. National Council for Air and Stream Improvement, Inc. Research Triangle Park, North Carolina. 69 p.

114. Lee, P., Smith, C. et Boutin, S. 2004. Quantitative review of riparian buffer width guidelines from Canada and the United States. Journal of Environmental Management 70:165-180.

115. Gouvernement du Québec. 2003. Règlement sur les normes d'intervention dans les forêts du domaine de l'État.Vol. L.R.Q. c. F-4.1, a. 171, r.1.001.1.,

116. Rachich, J. et Reader, R.J. 2000. An experimental study of wetland invasibility by purple loosestrife (*Lythrum salicaria*). Canadian Journal of Botany 77:1499-1503.

117. White, D.J., Haber, E. et Keddy, C. 1993. Plantes envahissantes des habitats naturels du Canada : aperçu global des espèces vivant en milieu humide et en milieu sec et la législation visant leur élimination . Service canadien de la faune d'Environnement Canada . Ottawa, ON, Canada. 121 p.

118. Rabasco, R.M. 2000. Trophic effects of macrophyte removal on fish populations in a boreal lake. Thèse (MNRM). University of Manitoba. Winnipeg, Manitoba. 113 p.

119. Clark, K.L., Euler, D.L. et Armstrong, E. 1984. Predicting avian community response to lakeshore cottage development. The Journal of Wildlife Management 48:1239-1247.

120. Schindler, D.W. 1998. Sustaining Aquatic Ecosystems in Boreal Regions. Conservation Ecology 2:18.

121. Vitousek, P.M., Aber, J.D., Howarth, R.W., Likens, G.E., Matson, P.A., Schindler, D.W., Schlesinger, W.H. et Tilman, D.G. 1997. Human alteration of the global nitrogen cycle: sources and consequences. Ecological Applications 7:737-750.

122. U.S. Fish and Wildlife Service. 2009. Flyways [en ligne]. www.flyways.us (consulté le 23 Mar. 2009).

123. Lepage, C. et Bordage, D.(eds.). In prep. État des populations de sauvagine du Québec, 2009. Service canadien de la faune, Environnement Canada, région du Québec. QC. xiii + 262 p.

124. Smith, G.W. 1995. A critical review of the aerial and ground surveys of breeding waterfowl in North America. Biological Science Report n° 5. National Biological Service. Washington, DC. 252 p.

125. Fast, M., Collins, B. et Gendron, M. 2011. Tendances des populations reproducrices de sauvagine au Canada. Biodiversité canadienne : état et tendances des écosystèmes en 2010, Rapport technique thématique n° 8. Conseils canadiens des ministres des ressources. Ottawa, ON. vi + 42 p. http://www.biodivcanada.ca/default.asp?lang=Fr&n=137E1147-1.

126. Hobson, K.A., Wunder, M.B., Van Wilgenburg, S.L., Clark, R.G. et Wassenaar, L.I. 2009. A method for investigating population declines of migratory birds using stable isotopes: origins of harvested lesser scaup in North America. PLoS One 4:e7915-.

127. Anteau, M.J. et Afton, A.D. 2009. Lipid reserves of lesser scaup (*Aythya affinis*) migrating across a large landscape are consistent with the spring condition hypothesis. Auk 126:873-883.

128. Drever, M.C., Clark, R.G., Derksen, C., Slattery, S.M., Toose, P. et Nudds, T.D. 2012. Population vulnerability to climate change linked to timing of breeding in boreal ducks. Global Change Biology 18:480-492.

129. COSEPAC. 2006. Espèces canadiennes en péril. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa, ON. 82 p.

130. Eadie, J.M., Savard, J.P. et Mallory, M.L. 2000. Barrow's goldeneye (*Bucephala islandica*). *Dans* The birds of North America online. Poole, A. (éd.). Cornell Lab of Ornithology. Ithaca, NY. http://bna.birds.cornell.edu/bna/species/548.

131. DesGranges, J.L. et Gagnon, C. 1994. Duckling response to changes in the trophic web of acidified lakes. *Dans* Aquatic Birds in the Trophic Web of Lakes. Springer. pp. 207-221.

132. Lepage, C. et Bordage, D. 2003. Le Canard noir. Service canadien de la faune, Région du Québec, Environnement Canada. Québec, QC.

133. Longcore, J.R., McAuley, D.G., Hepp, G.R. et Rhymer, J.M. 2000. American black duck (*Anas rubripes*). *Dans* The birds of North America online. Poole, A. (éd.). Cornell Lab of Ornithology. Ithaca, NY. http://bna.birds.cornell.edu/bna/species/481 (consulté le 30 juillet 2010).

134. Mowbray, T.B., Ely, C.R., Sedinger, J.S. et Trost, R.E. 2002. Canada goose *(Branta canadensis)*. *Dans* The birds of North America online. Poole, A. (éd.). Cornell Lab of Ornithology. Ithaca, NY. http://bna.birds.cornell.edu/bna/species/682.

135. COSEPAC. 2006. Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur le Quiscale rouilleux (*Euphagus carolinus*) au Canada. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa, ON. 30 p.

136. Brown, S.C., Hickey, C., Harrington, B.A. et Gill, R.E. 2001. United States shorebird conservation plan. Édition 2. Manomet Centre for Conservation Sciences. Manomet, MA. 64 p.

137. Service canadien de la faune. 2001. Plan canadien de conservation des oiseaux de rivage. Donaldson, G.M., Hyslop, C., Morrison, R.I.G., Dickson, H.L. et Davidson, I. (éds.). Canadian Wildlife Service. Ottawa.

138. Myers, J.P., Morrison, R.I.G., Antas, P.Z., Harrington, B.A., Lovejoy, T.E., Sallaberry, M., Senner, S.E. et Tarak, A. 1987. Conservation strategy for migratory species. American Scientist 75:19-25.

139. Sinclair, P.H., Aubry, Y., Bart, J., Johnston, V., Lanctot, R., McCaffrey, B., Ross, K., Smith, P.A. et Tibbitts, L.T. 2004. Boreal shorebirds: an assessment of conservation status and potential for population monitoring. Program for Regional and International Shorebird Monitoring (PRISM) Boreal Committee. Whitehorse, YT.

140. Morrison, R.I.G., Aubry, Y., Butler, R.W., Beyersbergen, G.W., Downes, C., Donaldson, G.M., Gratto-Trevor, C.L., Hicklin, P.W., Johnston, V.H. et Ross, R.K. 2001. Declines in North American shorebird populations. Wader Study Group Bulletin 94:34-38.

141. Wells, E.D. 1981. Peatlands of eastern Newfoundland: distribution, morphology, vegetation, and nutrient status. Canadian Journal of Botany 59:1978-1997.

142. Water Resources Management Division. 2009. Policy for development in wetlands [en ligne]. http://www.env.gov.nl.ca/env/waterres/regulations/policies/wetlands.html (consulté le 19 June 2009).

143. Vasseur, L. et Catto, N. 2008. Canada atlantique. *Dans* Vivre avec les changements climatiques au Canada: édition 2007. Lemmen, D.S., Warren, F.J., Lacroix, J. et Bush, E. (éd.). Gouvernement du Canada. Ottawa, ON. pp. 120-170.

144. Liverman, D.G.E., Catto, N.R. et Batterson, M.J. 2006. Geological Hazards in St. John's. Newfoundland and Labrador Studies 21:71-96.

145. Catto, N.R. 2006. Impacts of climate change and variation on the natural areas of Newfoundland and Labrador. Newfoundland and Labrador Department of Environment & Conservation. St. John's, NL. 160 p.

146. Environment and Conservation Government of Newfoundland and Labrador. 2009. Eastern Habitat Joint Venture [en ligne]. http://www.env.gov.nl.ca/env/wildlife/stewardship/eastern_habitat.html (consulté le 19 June 2009).

147. Gilliland, S.G., Robertson, G.J., Robert, M., Savard, J.P.L., Amirault, D., Laporte, P. et Lamothe, P. 2002. Abundance and distribution of harlequin ducks molting in eastern Canada. Waterbirds 25:333-339.

148. Bellrose, F.C. 1980. Ducks, geese and swans of North America. Stackpole Books. Harrisburg, PE. 540 p.

149. Thompson, R.G., Warkentin, I.G. et Flemming, S.P. 2008. Response to logging by a limited but variable nest predator guild in the boreal forest. Canadian Journal of Forest Research/Revue canadienne de recherche forestière 38:1974-1982. doi:10.1139/x08-049.

150. Wells, J.V. 2010. A forest of blue: Canada's boreal forest, the world's waterkeeper. Pew Environment Group & International Boreal Conservation Campaign. Seattle, WA. 73 p.

151. Monk, W.A., Wood, P.J., Hannah, D.M. et Wilson, D.A. 2008. Macroinvertebrate community response to inter-annual and regional river flow regime dynamics. River Research and Applications 24:988-1001.

152. Cannon, A., Lai, T. et Whitfield, P. 2011. Tendances dictées par le climat dans les écoulements fluviaux au Canada, de 1961 à 2003. Biodiversité canadienne : état et tendances des écosystèmes en 2010, Rapport technique thématique n° 19. Conseils canadiens des ministres des ressources. Ottawa, ON. http://www.biodivcanada.ca/default.asp?lang=Fr&n=137E1147-1.

153. Zhang, X., Brown, R., Vincent, L., Skinner, W., Feng, Y. et Mekis, E. 2011. Tendances climatiques au Canada, de 1950 à 2007. Biodiversité canadienne : état et tendances des écosystèmes en 2010, Rapport technique thématique n° 5.

Conseils canadiens des ministres des ressources. Ottawa, ON. iv + 22 p. http://www.biodivcanada.ca/default.asp?lang=Fr&n=137E1147-1.

154. McAllister, D., Craig, J., Davidson, N., Murray, D. et Seddon, M. 2000. Biodiversity impacts of large dams. Background Paper nº 1. Prepared for IUCN / UNEP / WCD. 66 p.

155. Finstad, A.G., Forseth, T. et Faenstad, T.F. 2004. The importance of ice cover for energy turnover in juvenile Atlantic salmon. Journal of Animal Ecology 73:959-966.

156. Environnement Canada. 2004. Menaces pour la disponibilité de l'eau au Canada. Rapport no 3, Série de rapports d'évaluation scientifique de l'INRE et Série de documents d'évaluation de la science de la DGSAC, numéro 1. Institut national de recherche sur les eaux. Burlington, ON. 148 p.

157. Arthington, A.H. 1998. Comparative evaluation of environmental flow assessment techniques: review of holistic methodologies. Land and Water Resources Research and Development Corporation Occasional Paper nº 26/98. 46 p.

158. Association canadienne des barrages. 2003. Les barrages au Canada. Montréal, QC. Commission Internationale des Grands Barrages. CD-ROM.,

159. Catto, N.R., Scruton, D.A. et Ollerheard, L.M.N. 2003. The coastline of eastern Newfoundland. Rapports techniques canadiens des sciences halieutiques et aquatiques nº 2495. Pêches et Océans Canada. St. John's, NL. 241 p.

160. Dubois, J.M.M. 1999. Dynamique de l'érosion littorale sur la Côte-Nord du Saint-Laurent. *Dans* Proceedings of the regional reunion Colloque régional sur l'érosion des berges : vers une gestion intégrée des interventions en milieu marin. Comité de la zone d'intervention prioritaire de la rive nord de l'estuaire, MRC de Manicouagan (r éd.). Baie-Comeau, Quebec.

161. Forbes, D.L., Parkes, G.S., Manson, G.K. et Ketch, L.A. 2004. Storms and shoreline retreat in the southern Gulf of St. Lawrence. Marine Geology 210:169-204.

162. Savard, J.-P., Bernatchez, P., Morneau, F., Saucier, F., Gachon, P., Senville, S., Fraser, C. et Jolivet, Y. 2008. Étude de la sensibilité des côtes et de la vulnérabilité des communautés du golfe du Saint-Laurent aux impacts des changements climatiques - synthèse des résultats. Ouranos. Rimouski, QC. 48 p.

163. Bernatchez, P. et Dubois., J.M.M. 2008. Seasonal quantification of coastal processes and cliff erosion on fine sediments shoreline in a cold temperate climate, North Shore of the St. Lawrence Maritime Estuary, Quebec. Journal of Coastal Research 24:169-180.

164. Bernatchez, P., Fraser, C., Friesinger, S., Jolivet, Y., Dugas, S., Drejza, S. et Morissette, A. 2008. Sensibilité des côtes et vulnérabilité des communautés du golfe du Saint-Laurent aux impacts des changements climatiques. Rapport de recherche remis au Consortium Ouranos et au FACC. Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, Université du Québec. Rimouski, QC. 256 p.

165. McCulloch M.M., Forbes, D.L., Shaw, R.W. et CAFF-A041 Scientific Team. 2002. Coastal impact of climate change and sea-level rise on Prince Edward Island: synthesis report. Open File 4261. Geological Survey of Canada. 62 p. + CD-ROM.

166. Forbes, D.L., Parkes, G.S. et Ketch, L.A. 2006. Élévation du niveau de la mer et subsidence régionale. *Dans* Impacts de l'élévation du niveau de la mer et du changement climatique sur la zone côtière du sud-est du Nouveau-Brunswick. Daigle, R. (éd.). Environnement Canada. Dartmouth, NS. pp. 38-100.

167. Bernatchez, P. et Dubois, J.-M.M. 2004. Bilan des connaissances de la dynamique de l'érosion des côtes du Québec maritime laurentien. Géographie physique et Quaternaire 58:45-71.

168. Comité d'experts de l'érosion des berges de la Côte-Nord. 2006. Évaluation des risques d'érosion du littoral de la Côte-Nord du Saint-Laurent: pour la période de 1996-2003. Rapport présenté au Comité interministériel sur l'érosion des berges de la Côte-Nord. Baie-Comeau, QC.

169. Latifovic, R. et Pouliot, D. 2007. Analysis of climate change impacts on lake ice phenology in Canada using the historical satellite data record. Remote Sensing of Environment 106:492-507.

170. Baillie, J.L. 1947. The double-crested cormorant nesting in Ontario. Canadian Field-Naturalist 61:119-126.

171. Weseloh, D.V., Pekarik, C., Havelka, T., Barrett, G. et Reid, J. 2002. Population trends and colony locations of double-crested cormorants in the Canadian Great Lakes and immediately adjacent areas, 1990-2000: a manager's guide. Journal of Great Lakes Research 28:125-144.

172. Weseloh, D.V.C. 2011. Tendances relatives aux oiseaux aquatiques coloniaux de l'arrière-pays et aux oiseaux de marais au Canada. Biodiversité canadienne : état et tendances des écosystèmes en 2010, Rapport technique thématique nº 18. Conseils canadiens des ministres des ressources. Ottawa, ON. iv + 40 p. http://www.biodivcanada.ca/default.asp?lang=Fr&n=137E1147-1.

173. Savard, J.-P.L. 2008. Données de l'observatoire d'oiseaux de Tadoussac. unpublished data. Données non publiées.

174. Sebert, L.M. et Munro, M.R. 1972. Dimensions and areas of maps of the National Topographic System of Canada. Technical Report 72-1. Department of Energy, Mines and Resources, Surveys and Mapping Branch. Ottawa, ON.

175. Catto, N.R., Hooper, R.G., Anderson, M.R., Scruton, D.A., Meade, J.D., Ollerhead, L.M.N. et Williams, U.P. 1999. Biological and geomorphological shoreline classification of Placentia Bay, Newfoundland. nº 2289. Canadian Technical Report on Fisheries and Aquatic Science. 35 p.

176. Catto, N.R. 2002. Anthropogenic pressures on coastal dunes, southwest Newfoundland. Canadian Geographer/Géographe canadien 46:17-32.

177. Shaw, J., Taylor, R.B., Solomon, S., Christian, H.A. et Forbes, D.L. 1998. Potential impacts of global sea-level rise on Canadian coasts. The Canadian Geographer/Le Géographe canadien 42:365-379.

178. Ingram, D. 2005. An investigation of the role of tidal variation on storm surge elevation and frequency in Port-aux-Basques, Newfoundland. Department of Environmental Science, Memorial University of Newfoundland. St. John's, NL. Unpublished research report.

179. Catto, N.R. 1994. Anthropogenic pressures and the dunal coasts of Newfoundland. *Dans* Coastal Zone Canada 1994 Conference: Co-operation in the Coastal Zone, proceedings. Wells, P.G. et Ricketts, P.J. (éds.). Bedford Institute of Oceanography. Vol. 5, pp. 2266-2286.

180. Batterson, M. et Liverman, D. 2010. Past and future sea-level change in Newfoundland and Labrador: guidelines for policy and planning nº 10-1. Newfoundland and Labrador Department of Natural Resources Geological Survey. 141 p.

181. Catto, N.R. 2006. More than 16 years, more than 16 stressors: evolution of a reflective gravel beach, 1989-2005. Géographie physique et Quaternaire 60:49-62.

182. Comité permanent des pêches et des océans. 2008. Cinquième rapport du Comité permanent des pêches et des océans présenté à la Chambre des Communes. Gouvernement du Canada. Ottawa, ON. http://www2.parl.gc.ca/HousePublications/Publication.aspx?DocId=3562841&Language=E&Mode=1&Parl=39&Ses=2.

183. Hanson, A.R. 2004. Status and conservation of eelgrass (*Zostera marina*) in eastern Canada. Série de rapports techniques nº 412. Service canadien de la faune, région de l'Atlantique. Sackville, NB. 40 p.

184. Short, F.T. 2008. Report to the Cree Nation of Chisasibi on the status of eelgrass in James Bay. Jackson Estuarine Laboratory. Durham, NH. 30 p.

185. MPO. 2009. La zostère (*Zostera marina*) remplit-elle les critères d'espèce d'importance écologique? Secréteriat canadien de consultation scientifique du MPO. Avis scientifique nº 2009/018. 11 p.

186. Waycott, M., Duarte, C.M., Carruthers, T.J.B., Orth, R.J., Dennison, W.C., Olyarnik, S., Calladine, A., Fourqurean, J.W., Heck, K.L., Hughes, A.R., Kendrick, G.A., Kenworthy, W.J., Short, F.T. et Williams, S.L. 2009. Accelerating loss of seagrasses across the globe threatens coastal ecosystems. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 106:12377-12381.

187. Goulet, D.J. et Robertson, G.J. 2007. Population trends of shorebirds during fall migration in insular Newfoundland 1980-2005. Canadian Wildlife Service Technical Report Series nº 473. Canadian Wildlife Service. Atlantic Region. vi + 52 pp.

188. Gratto-Trevor, C., Morrison, R.I.G., Collins, B., Rausch, J., Drever, M. et Johnston, V. 2011. Tendances relatives aux oiseaux de rivage canadiens. Biodiversité canadienne : état et tendances des écosystèmes en 2010, Rapport technique thématique nº 13. Conseils canadiens des ministres des ressources. Ottawa, ON. iv + 32 p.

189. Blanchard, K.A. 1984. Seabird harvest and the importance of education in seabird management on the North Shore of the Gulf of St. Lawrence. Thèse . Cornell University. 242 p.

190. Environnement Canada et Attention glace. 2008. Les changements dans la glace des lacs annoncent des changements climatiques. Attention Glace et Environnement Canada. Ottawa, ON. 8 p.

191. Jasek, M.J. 1998. 1998 break-up and flood on the Yukon River at Dawson -- did El Niño and climate play a role? *Dans* Proceedings of the 14th International Ice Symposium. Potsdam, NY. Vol. 2, pp. 761-768.

192. de Rham, L.P., Prowse, T.D. et Bonsal, B.R. 2008. Temporal variations in river-ice break-up over the Mackenzie River Basin, Canada. Journal of Hydrology 349:441-454.

193. Lacroix, M.P., Prowse, T.D., Bonsal, B.R., Duguay, C.R. et Ménard, P. 2005. River ice trends in Canada. *Dans* Proceedings of the 13th Workshop on the Hydraulics of Ice Covered Rivers. Committee on River Ice Processes and the Enviroment (éd.). Canadian Geophysical Union. Ottawa, ON. pp. 41-54.

194. Zhang, X.B., Harvey, K.D., Hogg, W.D. et Yuzyk, T.R. 2001. Trends in Canadian streamflow. Water Resources Research 37:987-998.

195. Duguay, C.R., Prowse, T.D., Bonsal, B.R., Brown, R.D., Lacroix, M.P. et Ménard, P. 2006. Recent trends in Canadian lake ice cover. Hydrological Processes 20:781-801.

196. Magnuson, J.J., Robertson, D.M., Benson, B.J., Wynne, R.H., Livingstone, D.M., Arai, T., Assel, R.A., Barry, R.G., Card, V., Kuusisto, E., Granin, N.G., Prowse, T.D., Stewart, K.M. et Vuglinski, V.S. 2000. Historical trends in lake and river ice cover in the Northern Hemisphere. Science 289:1743-1746.

197. Bonsal, B.R. et Prowse, T.D. 2003. Trends and variability in spring and autumn 0 ^{o}C-isotherm dates over Canada. Climatic Change 57:341-358.

198. Bonsal, B.R., Prowse, T.D., Duguay, C.R. et Lacroix, M.P. 2006. Impacts of large-scale teleconnections on freshwater-ice break/freeze-up dates over Canada. Journal of Hydrology 330:340-353.

199. Heginbottom, J.A., Dubreuil, M.A. et Harker, P.A.C. 1995. Pergélisol, 1995. *Dans* L'Atlas national du Canada. Édition 5. Service de l'information de l'Atlas national, Géomatique Canada et Commission géologique du Canada. Ottawa, ON. Carte.

200. Beilman, D.W., Vitt, D.H. et Halsey, L.A. 2001. Localized permafrost peatlands in western Canada: definition, distributions, and degradation. Arctic, Antarctic, and Alpine Research 33:70-77.

201. Beilman, D.W. et Robinson, S.D. 2003. Peatland permafrost thaw and landform type along a climate gradient. *Dans* Proceedings of the 8th International Conference on Permafrost. Zurich, Suisse, 21 au 25 juillet 2003. Phillips, M., Springman, S.M. et Arenson, L.U. (éds.). Swets & Zeitlinger. Lisse, Pays-Bas. Vol. 1, pp. 61-65.

202. Camill, P. 2005. Permafrost thaw accelerates in boreal peatlands during late-20th century climate warming. Climatic Change 68:135-152.

203. Hinzman, L.D., Bettez, N.D., Bolton, W.R., Chapin, F.S., Dyurgerov, M.B., Fastie, C.L., Griffith, B., Hollister, R.D., Hope, A., Huntington, H.P., Jensen, A.M., Jia, G.J., Jorgenson, T., Kane, D.L., Klein, D.R., Kofinas, G., Lynch, A.H., Lloyd, A.H., McGuire, A.D., Nelson, F.E., Oechel, W.C., Osterkamp, T.E., Racine, C.H., Romanovsky, V.E., Stone, R.S., Stow, D.A., Sturm, M., Tweedie, C.E., Vourlitis, G.L., Walker, M.D., Walker, D.A., Webber, P.J., Welker, J.M., Winker, K. et Yoshikawa, K. 2005. Evidence and implications of recent climate change in northern Alaska and other Arctic regions. Climatic Change 72:251-298.

204. Burgess, M.M. et Tarnocai, C. 1997. Peatlands in the discontinuous permafrost zone along the Norman Wells pipeline, Canada. *Dans* Proceedings of the International Symposium on Physics, Chemistry, and Ecology of Seasonally Frozen Soils, Special Report 97-10. Fairbanks, AK, 10 au 12 juin 1997. Iskandar, I.K., Wright, E.A., Radke, J.K., Sharratt, B.S., Groenevelt, P.H. et Hinzman, L.D. (éds.). U.S. Army Cold Regions Research and Engineering Laboratory. Hanover, NH. pp. 417-424.

205. Aylsworth, J.M. et Kettles, I.M. 2000. Distribution of peatlands. *Dans* The physical environment of the Mackenzie Valley, Northwest Territories: a base line for the assessment of environmental change. Dyke, L.D. et Brooks, G.R. (éd.). Commission géologique du Canada, Bulletin 547. pp. 49-55.

206. UICN. 1994. Lignes directrices pour les catégories de gestion des aires protégées. Commission des parcs nationaux et des aires protégées avec l'assistance du Centre mondial de surveillance continue de la conservation de la nature, Union internationale pour la conservation de la nature. Gland, Suisse et Cambridge, Royaume-Uni. x + 261 p.

207. Kitchenuhmaykoosib Inninuwug Lands and Environment Unit. 2011. Support statement for Kitchenuhmaykoosib Inninuwug water declaration and consultation protocols [en ligne]. http://kilands.org/support-statement/ (consulté le 3 Mar. 2014).

208. Environnement Canada. 2009. Analyse des données par écozone+ non publiée de : Système de rapport et de suivi des aires de conservation (SRSAC), v.2009.05 [en ligne]. Conseil canadien des aires écologiques. http://ccea.org/fr_main.html (consulté le 5 Nov. 2009).

209. Office of the Premier of Ontario. 2008. Protecting a northern boreal region one-and-a-half times the size of the Maritimes [en ligne]. http://www.news.ontario.ca/opo/en/2008/07/protecting-a-northern-boreal-region-one-and-a-half-times-the-size-of-the-maritimes.html (consulté le 18 Mar. 2009).

210. Gouvernement du Québec. 2009. Plan Nord: un nouvel horizon pour nos ambitions [en ligne]. http://www.plannord.gouv.qc.ca/index.asp (consulté le 10 Dec. 2009).

211. Ontario Ministry of Natural Resources. 2014. Ongoing and Completed Community Based Land Use Plans [en ligne]. http://www.mnr.gov.on.ca/en/Business/FarNorth/2ColumnSubPage/275048.html (consulté le 3 Mar. 2014).

212. Environment and Conservation Government of Newfoundland and Labrador. 2009. Wilderness and Ecological Reserves [en ligne]. http://www.env.gov.nl.ca/parks/wer/ (consulté le 14 Jan. 2010).

213. Environnement Canada. 2009. Analyse des données par écozone+ non publiée du Système de Rapport et de Suivi pour les Aires de Consevation (SRSAC), v.2009.05 [en ligne]. Conseil canadien des aires écologiques. http://ccea.org/fr_main.html (consulté le 5 Nov. 2009).

214. Overton, J. 2009. Privatization, deregulation, and environmental protection: the case of provincial parks in Newfoundland and Labrador. *Dans* Environmental conflict and democracy in Canada. Adkin, L. (éd.). UBC Press. Vancouver, BC. Chapitre 10.

215. Voora, V. et Barg, S. 2008. Pimachiowin Aki World Heritage Project Area Ecosystem Services Valuation Assessment. International Institute for Sustainable Development. Winnipeg, MB. 56 p.

216. L'Entente sur la forêts boréale canadienne. 2014. L'Entente sur la forêt boréale canadienne [en ligne]. http://canadianborealforestagreement.com/index.php/en/ (consulté le 3 Mar. 2014).

217. Boreal Leadership Council. 2007. Canadian Boreal Forest Conservation Framework.pp. 1- 8.

218. Reid, J., MacConnachie, P., Hughesman, W., Forkheim, T., Billey, T. et Shopik, T. 2012. Land stewardship collaboration in the boreal forest of the Canadian oil sands. 13 p.

219. SLMcLeod Consulting. 2010. State of the knowledge workshop on boreal peatlands. Winnipeg, MB. 16 p.

220. Ministère des Richesses naturelles de l'Ontario. 2013. L'élimination d'un habitat créé ou amélioré pour une espèce en péril [en ligne]. http://www.ontario.ca/fr/environnement-et-energie/lelimination-dun-habitat-cree-ou-ameliore-pour-une-espece-en-peril (consulté le 3 Oct. 2013).

221. Kimberly-Clark Corporation. 2013. Fiber procurement policy for Kimberly-Clark Corporation.pp. 1- 9.

222. Roach, C.M., Hollis, T.I., McLaren, B.E. et Bavington, D.L. 2006. Ducks, bogs, and guns: a case study of stewardship ethics in Newfoundland. Ethics & the Environment 11:43-70.

223. Department of Environment and Conservation, Government of Newfoundland and Labrador. 2013. Newfoundland and Labrador coastal and inland freshwater wetlands stewardship and conservation report to Wildlife Habitat Canada for Project #13-22. Corner Brook, NL. 18 p.

224. Newfoundland and Labrador Department of Environment and Conservation. 2013. Municipal stewardship agreements in Newfoundland. data provided by J. Sharpe, Eastern Habitat Joint Venture Program Manager. Données non publiées.

225. Ocean Net Inc. 2009. Ocean Net [en ligne]. http://www.oceannet.ca/index.php (consulté le 12 June 2009).

226. Canadian Food Inspection Agency. 2008. Invasive alien plants in Canada. Canadian Food Inspection Agency. Ottawa, ON.

227. Liebhold, A.M., MacDonald, W.L., Bergdahl, D. et Mastro, V.C. 1995. Invasion by exotic forest pests: a threat to forest ecosystems. Forest Science 41:a0001-z0001.

228. Keenleyside, K., Meakin, S. et Moore, H. 2006. State of invasive alien species in Canada's protected natural areas. Ecological Integrity Branch, Parks Canada Agency, Gatineau, QC.

229. Canadian Food Inspection Agency. 2008. Invasive alien plants in Canada - technical report [en ligne]. http://epe.lac-bac.gc.ca/100/206/301/cfia-acia/2011-09-21/www.inspection.gc.ca/english/plaveg/invenv/techrpt/techrese.shtml

230. Sanderson, L.A., Mclaughlin, J.A. et Antunes, P.M. 2012. The last great forest: a review of the status of invasive species in the North American boreal forest. Forestry 85:329-340.

231. Volney, W.J.A. et Fleming, R.A. 2000. Climate change and impacts of boreal forest insects. Agriculture Ecosystems & Environment 82:283-294.

232. Digweed, S.C., MacQuarrie, C.J., Langor, D.W., Williams, D.J., Spence, J.R., Nystrom, K.L. et Morneau, L. 2009. Current status of invasive alien birch-leafmining sawflies (*Hymenoptera tenthredinidae*) in Canada, with keys to species. The Canadian Entomologist 141:201-235.

233. Agence canadienne d'inspection des aliments. 2009. News Releases - Canadian Food Inspection Agency [en ligne]. http://www.inspection.gc.ca/english/plaveg/pestrava/agrpla/newcome.shtml (consulté le 5 Aug. 2009).

234. Muirhead, J.R., Leung, B., Overdijk, C., Kelly, D.W., Nandakumar, K., Marchant, K.R. et MacIsaac, H.J. 2006. Modelling local and long-distance dispersal of invasive emerald ash borer *Agrilus planipennis* (*Coleoptera*) in North America. Diversity and Distributions 12:71-79.

235. Agence canadienne d'inspection des aliments. 2008. Spatial distribution of ash trees and the emerald ash borer areas of North America. Canadian Food Inspection Agency, Mapping and GIS Services. London, ON.

236. Frelich, L.E., Hale, C.M., Scheu, S., Holdsworth, A.R., Heneghan, L., Bohlen, P.J. et Reich, P.B. 2006. Earthworm invasion into previously earthworm-free temperate and boreal forests. Biological Invasions 8:1235-1245.

237. Holdsworth, A.R., Frelich, L.E. et Reich, P.B. 2007. Regional extent of an ecosystem engineer: earthworm invasion in northern hardwood forests. Ecological Applications 17:1666-1677.

238. Bohlen, P.J., Scheu, S., Hale, C.M., McLean, M.A., Migge, S., Groffman, P.M. et Parkinson, D. 2004. Non-native invasive earthworms as agents of change in northern temperate forests. Frontiers in Ecology and the Environment 2:427-435.

239. Hale, C.M., Frelich, L.E., Reich, P.B. et Pastor, J. 2005. Effects of european earthworm invasion on soil characteristics in northern hardwood forests of Minnesota, USA. Ecosystems 8:911-927. doi:10.1007/s10021-005-0066-x.

240. Côté, M., Ferron, J. et Gagnon, R. 2005. Invertebrate predation of postdispersal seeds and juvenile seedlings of black spruce (*Picea mariana*) in the boreal forest of eastern Canada. Canadian Journal of Forest Research 35:674-681.

241. Moss, M. et Hermanutz, L. 2010. Monitoring the small and slimy: protected areas should be monitoring native and non-native slugs (*Mollusca gastropoda*). Natural Areas Journal 30:322-327.

242. McCarthy, J.M., Hein, C.L., Olden, J.D. et Vander Zanden, M.J. 2006. Coupling long-term studies with meta-analysis to investigate impacts of non-native crayfish on zoobenthic communities. Freshwater Biology 51:224-235. doi:10.1111/j.1365-2427.2005.01485.x.

243. Dorn, N.J. et Mittelbach, G.G. 1999. More than predator and prey: A review of interactions between fish and crayfish. Vie Et Milieu-Life and Environment 49:229-237.

244. Wilson, K.A., Magnuson, J.J., Lodge, D.M., Hill, A.M., Kratz, T.K., Perry, W.L. et Willis, T.V. 2004. A long-term rusty crayfish (*Orconectes rusticus*) invasion: dispersal patterns and community change in a north temperate lake. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 61:2255-2266. doi:10.1139/f04-170.

245. OFAH. 2008. Ontario rusty crayfish distribution [en ligne]. http://www.invadingspecies.com/Invaders.cfm?A=page&PID=4 (consulté le 1 Mar. 2008).

246. OFAH. 2012. Ontario zebra mussel distribution [en ligne]. Ontario Federation of Anglers and Hunters. http://www.invadingspecies.com/invaders/invertebrates/zebra-and-quagga-mussels/ (consulté le 6 Mar. 2008). Map.

247. Strecker, A.L., Arnott, S.E., Yan, N.D. et Glrad, R. 2006. Variation in the response of crustacean zooplankton species richness and composition to the invasive

predator *Bythotrephes longimanus*. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 63:2126-2136.

248. Strecker, A.L., Arnott, S.E., Yan, N.D. et Girard, R. 2006. The effect of *Bythotrephes* predation on zoopankton richness throughout the ice-free season. The Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science 63:2126-2136.

249. Strecker, A.L. et Arnott, S.E. 2005. Impact of *Bythothrephes* invasion on zooplankton communities in acid-damaged and recovered lakes in the Boreal Shield. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 62:2450-2460.

250. Yan, N.D., Girard, R. et Boudreau, S. 2002. An introduced invertebrate predator (*Bythotrephes*) reduces zooplankton species richness. Ecology Letters 5:481-485.

251. Gunn, J.M., Steedman, R.J. et Ryder, R.A. 2004. Boreal Shield watersheds: ecosystem management in a changing environment. CRC Press.

252. Arnott, S. 2009. Summer 2007 field work data reporting *Bythotrephes* invaded lakes in Ontario. Données non publiées.

253. Cairns, A., Yan, N.D., Weisz, E., Petrunial, J. et Hoare, J. 2007. Operationalizing CAISN project 1.V, technical report #2: the large, inland lake, bythotrephes survey - limnology, databade design, and presence of *bythotrephes* in 311 south-central Ontario lakes. Technical Report prepared for the Canadian Aquatic Invasive Species Network.

254. Dorworth, C.E., Krywienczyk, J. et Skilling, D.D. 1977. New York isolates of Gremmeniella abietina (Scleroderris lagerbergii) identical in immunogenic reaction to European isolates [Pinus]. Plant Disease Reporter 61.

255. Venier, L.A., Hopkin, A.A., McKenney, D.W. et Wang, Y. 1998. A spatial, climate-determined risk rating for Scleroderris disease of pines in Ontario. Canadian Journal of Forest Research 28:1398-1404.

256. Kinloch Jr, B.B. 2003. White pine blister rust in North America: past and prognosis. Phytopathology 93:1044-1047.

257. Pitt, D.G., Meyer, T., Park, M., MacDonald, L., Buscarini, T. et Thompson, D.G. 2006. Application of slow-release tablets to enhance white pine regeneration: growth response and efficacy against white pine blister rust. Canadian Journal of Forest Research 36:684-698.

258. Gross, H.L. 1985. White pine blister rust: A discussion of the disease and hazard zones for Ontario.

259. Tanguay, P. 2012. Agricultural and forest stakeholders: on the alert! Emergence of a new strain of white pine blister rust. Canadian Forest Service. Laurentian Forestry Centre. Branching Out,

260. Grime, J.P. 1979. Plant strategies and vegetation processes. John Wiley and Son. New York, NY.

261. Carlson, M.L. et Shephard, M. 2007. Is the spread of non-native plants in Alaska accelerating? United States department of agriculture forest sercie general technical report PNW 694:117-.

262. Sumners, W.H. et Archibold, O.W. 2007. Exotic plant species in the southern boreal forest of Saskatchewan. Forest Ecology and Management 251:156-163.

263. OFAH. 2008. Ontario Purple Loosestrife Distribution [en ligne]. **Ontario Federation of Anglers and Hunters**. http://www.invadingspecies.com/Invaders.cfm?A=Page&PID=7 (consulté le 1 Mar. 2006).

264. Lee, G. 2002. Stimulating political awareness of invasive alien species: lessons learned from Canada's purple loosestrife initiatives. *Dans* Alien invaders in Canada's waters, wetlands and forests. Renata, C., Nantel, P. et Muckle-Jeffs.E (éd.). Natural Resources Canada. Ottawa, ON.

265. Lindgren, C.J. 2002. Manitoba purple loosestrife project: partnerships and iniatives in the control of an invasive alien species. *Dans* Alien invaders in Canada's waters, wetlands and forests. Renata, C., Nantel, P. et Muckle-Jeffs.E (éd.). Natural Resources Canada. Ottawa, ON.

266. Nature Canada. 2005. Wildlife in crisis: help save canada's national wildlife areas: invasive species [en ligne]. http://www.naturecanada.ca/pdf/nwa_crisis.pdf (consulté le Dec. 2008).

267. Hight, S.D. et Drea, Jr.J.J. 1991. Prospects for a classical biological control project against purple loosestrife (*Lythrum salicaria L.*). Natural Areas Journal 11:151-157.

268. Thompson, D.Q., Stuckey, R.L. et Thompson, E.B. 1987. Spread, impact, and control of purple loosestrife (*Lythrum salicaria*) in North American wetlands. Fish

and Wildlife Research n° No. 2. United States Fish and Wildlife Service, United States Department of Interior. Washington, D.C. 55 p.

269. Aiken, S.G., Newroth, P.R. et Wile, I. 1979. The biology of Canadian weeds. *Myriophyllum spicatum L*. Canadian Journal of Plant Science 59:201-215.

270. Couch, R. et Nelson, E. 1985. Myriophyllum spicatum in North America. *Dans* Proceedings of the First International Symposium on Watermilfoil (Myriophyllum spicatum) and related Haloragaceae species. First International Symposium on Watermilfoil (Myriophyllum spicatum) and related Haloragaceae species. Anderson, L.W.J. (éd.). The Aquatic Plant Management Society, Inc. Vicksburg, MS. pp. 8-18.

271. Hinterland Who's Who. 2009. Invasive alien species in Canada [en ligne]. Canadian Wildlife Service; Canadian Wildlife Federation. http://www.hww.ca/hww2.asp?id=220 (consulté le 3 June 2009).

272. Conseil canadien pour la conservation des espèces en péril. 2001. Les espèces sauvages 2000: situation génerale des especes au Canada. Gouvernment du Canada. Ottawa, ON.

273. Lindroth, C.H. 1957. The faunal connections between Europe and North America. Wiley & Sons. New York, NY. 344 p.

274. Dodds, D. 1983. Terrestrial mammals. *Dans* Biogeography and ecology of the island of Newfoundland. South, G.R. (éd.). Junk Publishers. The Hague.

275. Maunder, J. 2008. Communication personnelle.

276. McGrath, M. 2008. Communication personnelle.

277. Pimlott, D.H. 1959. Reproduction and productivity of Newfoundland moose. Journal of Wildlife Management 23:401.

278. Thompson, R.G. 2007. Gros Morne National Park 2007 Aerial moose survey. Données non publiées.

279. Tulk, K. 2004. Foraging ecology of red squirrels in Newfoundland: potential impacts on forest renewal. Thèse (M.Sc. thesis.). Department of Forestry and Environmental Management, University of New Brunswick.

280. Lewis, K.P. 2004. Processes underlying nest predation by introduced red squirrels (*Tamiasciurus hudsonicus*) in the boreal forest of Newfoundland. Thèse

(PhD. dissertation.). Cognitive and Behavioural Ecology Programme, Memorial University of Newfoundland. St. John's, NL.

281. Motty, J. 2008. The role of introduced species in forest reforestation. Wildlife Division, Department of Environment and Conservation, Government of Newfoundland and Labrador. Silviculture and Research Section, Forest Ecosystem Management Division, Department of Natural Resources, Government of Newfoundland and Labrador,

282. Boa-Antwi, K. 2009. Impact of pre-dispersal predation by red squirrels (*Tamiasciurus hudsonicus*) and cone insects on balsam fir (*Abies balsamea*) seed availability in Eastern Newfoundland. Thèse . Department of Biology, Memorial University of Newfoundland, St. John's, NL.

283. Kasimos, C. 2006. Impact of seed and seedling predators on recruitment in Newfoundland maples. Thèse (M.Sc. thesis.). Department of Biology, Memorial University of Newfoundland, St. John's, NL.

284. Noel, L.J. 2004. Effects of management and disturbance regimes on early life history processes of balsam fir (*Abies balsamea* (L.) Mill.). Thèse (M.Sc. thesis.). Department of Biology, Memorial University of Newfoundland, St. John's, NL.

285. Hearn, B., W.Curran, D.Snow, G.Knee et G.Strickland. 2008. Changes in ecological communities following introduction of the red-backed vole. Wildlife Division, Department of Environment and Conservation, Government of Newfoundland and Labrador. Natural Resources Canada, Canadian Forest Service,

286. Fritts, T.H. et Rodda, G.H. 1998. The role of introduced species in the degradation of island ecosystems: a case history of Guam. Annual Review of Ecology and Systematics 29:113-140.

287. Memorial University of Newfoundland Botanical Garden. 2009. PlantWatch [en ligne]. http://www.mun.ca/botgarden/plant_bio/PW/ (consulté le 8 June 2009).

288. Burke, M.J.W. et Grime, J.P. 1996. An experimental study of plant community invasibility. Ecology 77:776-790.

289. Cronk, Q.C.B. et Fuller, J.L. 1995. Plant invaders. Chapman and Hall. London, UK.

290. Hendrickson, C., Bell, T., Butler, T. et .Hermanutz, L. 2005. Disturbance-enabled invasion of *Tussilago farfara* (L.) in Gros Morne National Park, Newfoundland: management implications. Natural Areas Journal 25:263-274.

291. Rose, M.D. 2002. Are boreal ecosystems susceptible to invasion by alien plants? A case study of Gros Morne National Park. Thèse (M.Sc. thesis). Department of Biology, Memorial University of Newfoundland, St. John's, NL.

292. Humber, J.M. et Hermanutz, L. 2011. Impacts of non-native plant and animal invaders on gap regeneration in a protected boreal forest. Biological Invasions 13:2361-2377.

293. Campbell, C.E., Warkentin, I.G. et Powell, G. 2004. Factors influencing the distribution and potential spread of introduced anurans in western Newfoundland. Northeastern Naturalist 11:151-162.

294. Maunder, J.E. 1997. Amphibians of Newfoundland and Labrador: Status changes since 1983. Herpetological Conservation 1:93-99.

295. Lamoureux, V.S. et Madison.D.M. 1999. Overwintering habitats of Radioimplanted Green frogs, *R. clamitans*. Journal of Herpetology 33:430-435.

296. Langor, D. et DaHaas, L. 2008. Diversity of Non-native Terrestrial Arthropods in Newfoundland and Labrador. Wildlife Division, Department of Environment and Conservation, Government of Newfoundland and Labrador. Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, Edmonton, Alberta.,

297. Maunder, J.E. et Noseworthy, R.G. 2007. Communication personnelle.

298. Nystrand, O. et Granström, A. 2000. Predation on *Pinus sylvestris* seeds and juvenile seedlings in Swedish boreal forest in relation to stand disturbance by logging. Journal of Applied Ecology 37:449-463.

299. Addison, J. 2009. Distribution and impacts of invasive earthworms in Canadian forest ecosystems. Biological Invasions 11:59-79.

300. Eisenhauer, N., Partsch, S., Parkinson, D. et Scheu, S. 2007. Invasion of a Deciduous Forest by earthworms: Changes in soil chemistry, microflora, microarthropods and vegetation. Soil Biology and Biochemistry 39:1099-1110.

301. Agence canadienne d'inspection des aliments. 2009. Nématodes à kyste de la pomme de terre [en ligne]. http://www.inspection.gc.ca/vegetaux/protection-des-

vegetaux/nematodes-autres/nematodes-a-kyste-de-la-pomme-de-terre/fra/1336742692502/1336742884627 (consulté le 24 June 2009).

302. Hudak, J., O'Brian, D.S., Stone, D.M., Sutton, D., Oldford, D., ardy, K.E. et arew, G.C. 1996. Forest Insect and Disease conditions in Newfoundland and Labrador in 1994 and 1995 nº Information Report N-X-299. Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, Newfoundland and Labrador Region.

303. Motty, J. 2004. Eastern white pine plantation assessment: Forest Management Districts 1, 2, 5, 7, 8, & 14. Silviculture Notebook nº 71. Silviculture and Research Section, Newfoundland Forest Service. Corner Brook, NL.

304. Morrall, R.A.A. 2003. The Canadian Phytopathological Society / Canadian Plant Disease Survey - Disease Highlights. Canadian Plant Disease Survey (CPDS) nº 83. Agriculture et Agroalimentaire Canada. 158 p.

305. Newfoundland Aquaculture Industry Association. 2009. Aquatic Invasive Species [en ligne]. Newfoundland Aquaculture Industry Association, St. John's, NL. (consulté le 3 June 2009).

306. Berman, J., Harris, L., Lambert, W., Buttrick, M. et Dufresne, M. 1992. Recent Invasions of the Gulf of Maine: Three Contrasting Ecological Histories. Conservation Biology 6:435-441.

307. Scheibling, R.E., A.W.Hennigar et T.Balch. 1999. Destructive grazing, epiphytism, and disease: the dynamics of sea urchin-kelp interactions in Nova Scotia. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 56:2300-2314.

308. Perry, G. 2008. Aquatic Invasive Species: Perspectives and the Role of DFO. Wildlife Division, Department of Environment and Conservation, Government of Newfoundland and Labrador. Fisheries and Oceans Canada,

309. Mouland, D. 2009. Overview of Aquatic Invasive Species Prepared for the Exotic and Invasive Species Workshop - Corner Brook - January 22-23, 2008. Department of Fisheries and Aquaculture, Government of Newfoundland and Labrador.

310. Lowe, S., M.Browne, S.Boudjelas et M.De Poorter. 2000. One Hundred of the World's Worst Invasive Species: A Selection from the Global Invasive Species Database. The Invasive Species Specialist Group (ISSG). New Zealand. 12 p.

311. Pêches et Océans Canada. 2009. Le crabe vert : un envahisseur exotique [en ligne]. http://www.dfo-mpo.gc.ca/science/publications/article/2008/10-06-2008-fra.htm (consulté le 9 June 2008).

312. Hedderson, T. 2008. Support for Green Crab Mitigation Pilot Project [en ligne]. http://www.releases.gov.nl.ca/releases/2008/fishaq/1203n09.htm (consulté le 8 June 2009).

313. Welcomme R.L. 1988. International Introductions of Inland Aquatic Species. n° Technical Paper 294. FAO Fisheries. Rome. 318 p.

314. Van Zyll de Jong, M.C., R.J.Gibson et I.G.Cowx. 2004. Impacts of stocking and introductions on freshwater fisheries of Newfoundland and Labrador, Canada. Fisheries Management and Ecology 11:183-193.

315. Porter T.R. 2000. Observations of Rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) in Newfoundland 1976 to 1999. Canadian Stock Assessment Secretariat Research Document 2000/043. 9 p.

316. Gibson R.J. et Cunjak, R.A. 1986. An investigation of competitive interactions between brown trout (Salmo trutta L.) and juvenile Atlantic salmon (Salmo salar L.) in rivers of the Avalon Peninsula, Newfoundland. n° Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences 1462. 82 p.

317. Gibson, R.J. et Colbo, M.H. 2000. The Response of Salmonids and Aquatic Invertebrates to urban influenced enrichment in a Newfoundland river, Canada. Proceedings of the International Association of Theoretical and Applied Limnology 27:2071-2078.

318. Gibson R.J. 1988. Mechanisms regulating species composition, population structure, and production of stream salmonids: A review. Polskie Archiwum Hydrobiologii 35:469-495.

319. Kerr, S.J. et Grant, R.E. 2000. Evaluating the risk. *Dans* Ecological Impact of Fish Introductions. Kerr S.J.& Grant R.E. (éd.). Fish and Wildlife Branch, Ontario Ministry of Natural Resources. Petersborough, Ontario. pp. 157-179.

320. Choi, A.L. et Grandjean, P. 2008. Methylmercury exposure and health effects in humans. Environmental Chemistry 5:112-120.

321. Mason, R.P., Fitzgerald, W.F. et Morel, F.M.M. 1994. The Biogeochemical Cycling of Elemental Mercury - Anthropogenic Influences. Geochimica et Cosmochimica Acta 58:3191-3198.

322. Driscoll, C.T., Han, Y.J., Chen, C.Y., Evers, D.C., Lambert, K.F., Holsen, T.M., Kamman, N.C. et Munson, R.K. 2007. Mercury contamination in forest and freshwater ecosystems in the Northeastern United States. Bioscience 57:17-28.

323. Evers, D.C., Savoy, L.J., DeSorbo, C.R., Yates, D.E., Hanson, W., Taylor, K.M., Siegel, L.S., Cooley, J.H., Bank, M.S., Major, A., Munney, K., Mower, B.F., Vogel, H.S., Schoch, N., Pokras, M., Goodale, M.W. et Fair, J. 2008. Adverse effects from environmental mercury loads on breeding common loons. Ecotoxicology 17:69-81.

324. Schober, S.E., Sinks, T.H., Jones, R.L., Bolger, P.M., McDowell, M., Osterloh, J., Garrett, E.S., Canady, R.A., Dillon, C.F., Sun, Y., Joseph, C.B. et Mahaffey, K.R. 2003. Blood mercury levels in US children and women of childbearing age, 1999-2000. Jama-Journal of the American Medical Association 289:1667-1674.

325. Temme, C., Blanchard, P., Steffen, A., Banic, C., Beauchamp, S., Poissant, L., Tordon, R. et Wiens, B. 2007. Trend, seasonal and multivariate analysis study of total gaseous mercury data from the Canadian atmospheric mercury measurement network (CAMNet). Atmospheric Environment 41:5423-5441.

326. Graydon, J., St, L., V, Hintelmann, H., Lindberg, S., Sandilands, K., Rudd, J., Kelly, C., Hall, B. et Mowat, L. 2008. Long-term wet and dry deposition of total and methyl mercury in the remote boreal ecoregion of Canada. Environmental Science & Technology 42:8345-8351.

327. Prestbo, E.M. et Gay, D.A. 2009. Wet deposition of mercury in the US and Canada, 1996-2005: Results and analysis of the NADP mercury deposition network (MDN). Atmospheric Environment 43:4223-4233.

328. Muir, D.C.G., Wang, X., Yang, F., Nguyen, N., Jackson, T.A., Evans, M.S., Douglas, M., Kock, G., Lamoureux, S., Pienitz, R., Smol, J.P., Vincent, W.F. et Dastoor, A. 2009. Spatial trends and historical deposition of mercury in eastern and northern Canada inferred from lake sediment cores. Environmental Science & Technology 43:4802-4809.

329. Lucotte, M., Mucci, A., Hillairemarcel, C., Pichet, P. et Grondin, A. 1995. Anthropogenic mercury enrichment in remote lakes of northern Quebec (Canada). Water Air and Soil Pollution 80:467-476.

330. Mills, R., Paterson, A., Lean, D., Smol, J., Mierle, G. et Blais, J. 2009. Dissecting the spatial scales of mercury accumulation in Ontario lake sediment. Environmental Pollution 157:2949-2956.

331. Bodaly, R.A.D., Jansen, W.A., Majewski, A.R., Fudge, R.J.P., Strange, N.E., Derksen, A.J. et Green, D.J. 2007. Postimpoundment time course of increased mercury concentrations in fish in hydroelectric reservoirs of northern Manitoba, Canada. Archives of Environmental Contamination and Toxicology 53:379-389.

332. Schetagne, R., Doyon, J.F. et Fournier, J.J. 2000. Export of mercury downstream from reservoirs. Science of the Total Environment 260:135-145.

333. Lucotte, M., Schetagne, R., Thérien, N., Langlois, C. et Tremblay, A. 1999. Mercury in the biogeochemical cycle: natural environments and hydroelectric reservoirs of northern Quebec. Springer. Berlin, Germany. 334 p.

334. Burgess, N.M. et Meyer, M.W. 2008. Methylmercury exposure associated with reduced productivity in common loons. Ecotoxicology 17:83-91.

335. Klenavic, K., Champoux, L., Mike, O., Daoust, P.Y., Evans, R.D. et Evans, H.E. 2008. Mercury concentrations in wild mink (*Mustela vison*) and river otters (*Lontra canadensis*) collected from eastern and Atlantic Canada: Relationship to age and parasitism. Environmental Pollution 156:359-366.

336. Mierle, G., Addison, E.M., MacDonald, K.S. et Joachim, D.G. 2000. Mercury levels in tissues of otters from Ontario, Canada: Variation with age, sex, and location. Environmental Toxicology and Chemistry 19:3044-3051.

337. Scheuhammer, A.M., Perrault, J.A. et Bond, D.E. 2001. Mercury, methylmercury, and selenium concentrations in eggs of common loons (Gavia immer) from Canada. Environmental Monitoring and Assessment 72:79-94.

338. Champoux, L., Masse, D.C., Evers, D., Lane, O.P., Plante, M. et Timmermans, S.T.A. 2006. Assessment of mercury exposure and potential effects on common loons (*Gavia immer*) in Quebec. Hydrobiologia 567:263-274.

339. Nocera, J.J. et Taylor, P.D. 1998. *In situ* Behavioral Response of Common Loons Associated with Elevated Mecury (Hg) Exposure. Ecology and Society 2.

340. Kenow, K.P., Grasman, K.A., Hines, R.K., Meyer, M.W., Gendron-Fitzpatrick, A., Spalding, M.G. et Gray, B.R. 2007. Effects of Methylmercury Exposure on the

Immune Function of Juvenile Common Loons (Gavia immer). Environmental Toxicology and Chemistry 26:1460-1469.

341. Scheulhammer, A.M., Meyer, M.W., Sandheinrich, M.B. et Murray, M.W. 2007. Effects of environmental methylmercury on the health of wild birds, mammals, and fish. Ambio 36:12-18.

342. Scheuhammer, A.M., Basu, N., Burgess, N.M., Elliott, J.E., Campbell, G.D., Wayland, M., Champoux, L. et Rodrigue, J. 2008. Relationships among mercury, selenium, and neurochemical parameters in common loons (Gavia immer) and bald eagles (Haliaeetus leucocephalus). Ecotoxicology 17:93-101.

343. Johnston, T.A., Leggett, W.C., Bodaly, R.A. et Swanson, H.K. 2003. Temporal changes in mercury bioaccumulation by predatory fishes of boreal lakes following the invasion of an exotic forage fish. Environmental Toxicology and Chemistry 22:2057-2062.

344. Kinghorn, A., Solomon, P. et Chan, H.M. 2007. Temporal and spatial trends of mercury in fish collected in the English-Wabigoon river system in Ontario, Canada. Science of the Total Environment 372:615-623.

345. Brouard, D., Doyon, J.-F. et Schetagne, R. 1994. Amplification of mercury concentration in lake whitefish (*Coregonus clupeaformis*) downstream from La Grande 2 reservoir, James Bay, Québec. *Dans* Proceedings of the International Conference on Mercury Pollution: Integration and synthesis. Watras, C. et Huckabee, J.W. (éd.). Lewis Publishers, CRC Press. Boca Raton (FA). pp. 369-380.

346. Tecsult Inc. 2005. Aménagement hydroélectrique Sainte-Marguerite-3. Suivi environnemental 2004 en phase exploitation. Suivi des populations d'orignaux. Rapport final présenté à Hydro-Québec. Pagination multiple + annexes p.

347. Schetagne, R., Lalumière, R. et Therrien, J. 2005. Suivi environnemental du complexe La Grande. Évolution de la qualité de l'eau. Rapport synthèse 1978-2000. GENIVAR Groupe conseil inc. et direction Barrages et Environnement, Hydro-Québec Production. 168 et annexes p.

348. Hydro-Québec. 2007. Complexe de la Romaine. Étude d'impact sur l'environnement n° Vol. 5. Milieu humain - Minganie. Chapitre 32: Le mercure et la santé publique. Pagination multiple p.

349. Williams, U.P., J.W.Kiceniuk et J.R.Botta. 1985. Polycyclic Aromatic hydrocarbon accumulation and Sensory evaluation of lobsters (*Homarus americanus*) exposed

to diesel oil at Arnold's Cove, Newfoundland. Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences 1402:iv-13.

350. Williams, U.P., J.W.Kiceniuk, J.E.Ryder et J.R.Botta. 1988. Effects of an Oil spill on American lobster (*Homarus americanus*) in Placentia Bay, Newfoundland. Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences 1650:iv-9.

351. Olson, P.H. 1994. Handling of Waste in Ports. Marine Pollution Bulletin 29:284-295.

352. McNeil, M. et Catto, N. 2009. Vulnerability of selected beaches to Petroleum Contamination, Placentia Bay, NL, Canada. Geophysical Research Abstracts 11.

353. Catto, N.R. et Etheridge, B. 2006. Sensitivity, Exposure, and Vulnerability to Petroleum Pollution of Gravel Beaches, Avalon Peninsula, Newfoundland, Canada. Coastal Environments 2006 conference. Rhodes, Greece. Wessex Institute Press.

354. Wiese, F.K. et P.C.Ryan. 1999. Trends of Chronic oil pollution in southeastern Newfoundland assessed through beached-bird surveys 1984-1997. Canadian Wildlife Service, Environment Canada. Ottawa, Ontario.

355. Canadian Coast Guard. 1999. Prevention of Oiled Wildlife Project. Phase 1: The Problem. Canadian Coast Guard. St. John's, NL.

356. MDS Environmental Services Ltd. 1995. St. John's Harbour Sediment Sample Analyses. MDS Environmental Services Ltd.

357. Oceans Limited. 1996. Fish Health Study of St. John's Harbour. Oceans Limited. 143 p.

358. Drury, C.F., Yang, J., De Jong, R., Huffman, T., Yang, X., Reid, K. et Campbell, C.A. 2010. Azote résiduel dans le sol. *Dans* L'agriculture écologiquement durable au Canada. Série sur les indicateurs agroenvironnementaux. Rapport n° 3. Eilers, W., Mackay, R., Graham, L. et Lefebvre, A. (éd.). Agriculture et Agroalimentaire Canada. Ottawa, ON. Chapitre 12. pp. 82-88.

359. Drury, C.F., Yang, J.Y. et De Jong, R. 2011. Tendances de l'azote résiduel dans le sol pour les terres agricoles du Canada, de 1981 à 2006. Biodiversité canadienne : état et tendances des écosystèmes en 2010, Rapport technique thématique n° 15. Conseils canadiens des ministres des ressources. Ottawa, ON. iii + 17 p. http://www.biodivcanada.ca/default.asp?lang=Fr&n=137E1147-1.

360. Ministère du développement durable, de l'environnement et des parcs. 2009. Bilan des lacs et cours d'eau touchés par une fleur d'eau d'algues bleu-vert au Québec. De 2004 à 2008 [en ligne]. http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/algues-bv/bilan/liste_comparative.asp (consulté le July 2009).

361. Environnment Canada. 2013. Les pluies acides [en ligne]. http://www.ec.gc.ca/air/default.asp?lang=En&n=AA1521C2-1

362. Environnement Canada. 2005. Évaluation scientifique 2004 des dépôts acides au Canada. Service météorologique du Canada, Gouvernement du Canada. Ottawa, ON. 478 p.

363. International Joint Commission. 2008. Canada-United States air quality agreement 2008 progress report n° EPA-430-R-08-013. United States Environmental Protection Agency. Washington, DC . 64 p.

364. Environnment Canada. 1991. L'Accord Canada – États-Unis sur la qualité de l'air .

365. Gouvernements du Canada et des États-Unis d'Amérique. 2008. Accord Canada-États-Unis sur la qualité de l'air : Rapport d'étape 2008. Commission mixte internationale. Ottawa, ON et Washington, DC. 68 p.

366. Dampier, J.E.E., Shahi, C., Lemelin, R.H. et Luckai, N. 2013. From coal to wood thermoelectric energy production: a review and discussion of potential socio-economic impacts with implications for Northwestern Ontario, Canada. Energy, Sustainability and Society 3:1-9.

367. Jeffries, D.S. et Ouimet, R. 2005. Les charges critiques sont-elles dépassées? *Dans* Évaluation scientifique 2004 des dépôts acides au Canada. Environnement Canada, gouvernement du Canada. Ottawa, ON. Chapitre 8. pp. 341-369.

368. Jeffries, D., Wong, I. et Sloboda, M. 2010. Carte des dépassements constants dans le bouclier boréal pour les sols forestiers ou les lacs. Préparée pour le rapport sur l'état et les tendances de l'écozone du bouclier boréal. Direction générale de la science et de la technologie, Environnement Canada. Carte non publiée.

369. Jeffries, D.S., Weeber, R.C., Wong, I. et Burgess, N.M. 2009. Acid rain section for the Boreal Shield Ecozone+ assessment. Données non publiées.

370. Whitfield, C.J., Aherne, J., Watmough, S.A. et McDonald, M. 2010. Estimating the sensitivity of forest soils to acid deposition in the Athabasca Oil Sands Region, Alberta. Journal of Limnology 69:201-208.

371. Scott, K.A., Wissle, B., Gibson, J.J. et Birks, J.S. 2010. Chemical characteristics and acid sensitivity of boreal headwater lakes in northwest Saskatchewan. Journal of Limnology 69:33-44.

372. Jeziorski, A., Yan, N.D., Paterson, A.M., DeSellas, A.M., Turner, M.A., Jeffries, D.S., Keller, B., Weeber, R.C., McNicol, D.K., Palmer, M.E., McIver, K., Arseneau, K., Ginn, B.K., Cumming, B.F. et Smol, J.P. 2008. The widespread threat of calcium decline in fresh waters. Science 322:1374-1377.

373. Jeffries, D.S., Lam, D.C.L., Wong, I. et Moran, M.D. 2000. Assessment of changes in lake pH in southeastern Canada arising from present levels and expected reductions in acidic deposition. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science 57:40-49.

374. Saskatchewan Ministry of Environment. 2013. Saskatchewan's 2013 State of the Environment Report. Saskatchewan Ministry of Environment. Regina, SK.

375. Scott, K.A., Wissel, B.J., Gibson, J.J. et Birks, S.J. 2010. Chemical characteristics and acid sensitivity of boreal headwater lakes in northwest Saskatchewan. Journal of Limnology 69:33-44.

376. Jeffries, D.S., McNicol, D.K. et Weeber, R.C. 2005. Effets sur la chimie et le biote aquatiques. *Dans* Évaluation scientifique 2004 des dépôts acides au Canada. Environnement Canada, gouvernement du Canada. Ottawa, ON. Chapitre 6. pp. 203-278.

377. Jeffries, D.S. 1997. 1997 Canadian acid rain assessment. Volume 3: the effects on Canada's lakes, rivers and wetlands. Service de l'environnement atmosphérique, Environnement Canada. Ottawa, ON. 178 p.

378. Doka, S.E., McNicol, D.K., Mallory, M.L., Wong, I., Minns, C.K. et Yan, N.D. 2003. Assessing potential for recovery of biotic richness and indicator species due to changes in acidic deposition and lake pH in five areas of southeastern Canada. Environmental Monitoring and Assessment 88:53-101.

379. Holt, C.A., Yan, N.D. et Somers, K.M. 2003. pH 6 as the threshold to use in critical load modeling for zooplankton community change with acidification in lakes of south-central Ontario: accounting for morphometry and geography. Journal canadien des sciences halieutiques et aquatiques 60:151-158. doi:10.1139/F03-008.

380. Weeber, R.C., Jeffries, D.S. et McNicol, D. 2005. Le rétablissement des écosystèmes aquatiques. *Dans* Évaluation scientifique 2004 des dépôts acides au Canada. Environnement Canada, gouvernement du Canada. Ottawa, ON. Chapitre 7. pp. 279-340.

381. Yan, N.D., Paterson, A.M., Somers, K.M. et Scheider, W.A. 2008. An introduction to the Dorset special issue: transforming understanding of factors that regulate aquatic ecosystems on the southern Canadian Shield. Journal canadien des sciences halieutiques et aquatiques 65:781-785. doi:10.1139/F08-077.

382. Snucins, E. 2003. Recolonization of acid-damaged lakes by the benthic invertebrates *Stenacron interpunctatum, Stenonema femoratum* and *Hyalella azteca*. Ambio 32:225-229.

383. Yan, N.D., Somers, K.M., Girard, R.E., Paterson, A.M., Keller, W., Ramcharan, C.W., Rusak, J.A., Ingram, R., Morgan, G.E. et Gunn, J.M. 2008. Long-term trends in zooplankton of Dorset, Ontario lakes: the probable interactive effects of changes in pH, total phosphorus, dissolved organic carbon, and predators. Journal canadien des sciences halieutiques et aquatiques 65:862-877.

384. Snucins, E. et Gunn, J.M. 2003. Use of rehabilitation experiments to understand the recovery dynamics of acid-stressed fish populations. Ambio 32:240-243.

385. Snucins, E.J., Weeber, R., Jefferies, D.S. et McNicol, D. 2005. Restoration and Management of Fish Populations. *Dans* 2004 Canadian Acid Deposition Science Assessment. Environment Canada. Ottawa, Ontario. Chapitre 7.5. pp. 304-306.

386. Équipe de rétablissement de l'omble de fontaine auror. 2006. Programme de rétablissement de l'omble de fontaine aurora (*Salvelinus fontinalis timagamiensis*) au Canada. Série de Programmes de rétablissement de la Loi sur les espèces en péril. Pêches et Océans Canada. Ottawa, ON. 44 p.

387. Alvo, R. 2009. Common Loon, Gavia immer, breeding success in relation to lake pH and lake size over 25 years. The Canadian Field-Naturalist 123:146-156.

388. Newfoundland and Labrador Department of Environment and Conservation. 2013. Acid rain program [en ligne]. http://www.env.gov.nl.ca/env/env_protection/science/acidrain.html

389. Newfoundland and Labrador Department of Environment and Conservation. 2000. Newfoundland Environment Precipitation Monitoring Network (NEPMoN) Report on Activities 1999-2000.

390. Flannigan, M., Logan, K., Amiro, B., Skinner, W. et Stocks, B. 2005. Future area burned in Canada. Climatic Change 72:1-16.

391. Pouliot, D., Latifovic, R. et Olthof, I. 2009. Trends in vegetation NDVI from 1 km AVHRR data over Canada for the period 1985-2006. International Journal of Remote Sensing 30:149-168.

392. Daigle, R., D.Forbes, G.P., H.Ritchie, T.Webster, D.Bérubé, A.Hanson, L.DeBaie, S.Nichols et L.Vasseur. 2006. Impacts of sea level rise and climate change on the Coastal Zone of southeastern New Brunswick. Environment Canada. 613 p.

393. Évaluation des écosystèmes pour le millénaire. 2005. Ecosystems and human well-being: synthesis. Collection de l'évaluation des écosystèmes pour le millénaire. Island Press. Washington, DC. 137 p.

394. Anielski, M. et Wilson, S. 2009. Counting Canada's natural capital: assessing the real value of Canada's boreal ecosystems. The Pembina Institute and the Canadian Boreal Initiative. Drayton Valley, AB. 76 p.

395. Anielski, M. et Wilson, S. 2005. Counting Canada's natural capital: assessing the real value of Canada's boreal ecosystems. The Canadian Boreal Initiative and the Pembina Institute. Ottawa, ON and Drayton Valley, AB. 78 p.

396. Statistique Canada. 2010. Statistiques de fourrures, vol. 8 [en ligne]. http://www5.statcan.gc.ca/bsolc/olc-cel/olc-cel?catno=23-013-XWF&lang=fra (consulté le 20 Aug. 2013).

397. Fur Institute of Canada. 2008. Canada's fur trade at a glance. 14 p.

398. Foley, C.G. 2004. Understanding the connection between people and the land: Implications for social-ecological health at Iskatewizaagegan. Thèse (Master of Natural Resources Management). University of Manitoba, Natural Resources Institute. Winnipeg, MB. 103 p.

399. Roberts, W.J. 2005. Integrating traditional ecological knowledge and ecological restoration: restoring Aboriginal cultural landscapes with Iskatewizaagegan No. 39 Independent First Nation. Thèse (Master of Natural Resources Management). University of Manitoba, Natural Resources Institute. Winnipeg, MB.

400. Hannibal-Paci, C.J. 2000. 'His knowledge and my knowledge': Cree and Ojibwe traditional environmental knowledge and sturgeon co-management in Manitoba.

Thèse (Doctor of Philosophy). University of Manitoba, Department of Graduate Studies. Winnipeg, Manitoba. 378 p.

401. Hertlein, L. 1999. Lake Winnipeg regulation Churchill-Nelson river diversion project in the Crees of northern Manitoba, Canada. World Commission on Dams. Cape Town, South Africa. 28 p.

402. Bomberry, D. et Bianchi, E. 2004. Our waters, our responsibility: Indigenous water rights. Anglican Church of Canada, KAIROS: Canadian Ecumenical Justice Initiatives. Pinawa, Manitoba. 38 p.

403. Global Forest Watch Canada. 2007. Canada Mines 2008.

404. Saskatchewan Ministry of Economy. 2012. Saskatchewan exploration and development highlights 2012. Government of Saskatchewan. Regina, SK. 17 p.

405. Province of Manitoba, Science, Technology, Energy and Mines. 2009. Exploration Activity Tracker [en ligne]. http://www.gov.mb.ca/stem/mrd/geo/gis/activity/index.html (consulté le 3 Nov. 2009).

406. Ontario Ministry of Northern Development and Mines. 2009. Ontario mining status and trends in the Boreal Shield Ecozone^{Plus}. Produced for the Ecosystem Status and Trends Report.

407. CSMOmines. 2007. Comité sectoriel de main-d'œuvre de l'industrie des mines [en ligne]. http://www.csmomines.qc.ca (consulté le Mar. 2009).

408. Park, D., Sullivan, M., Bayne, E.M. et Scrimgeour, G. 2008. Landscape-level stream fragmentation caused by hanging culverts along roads in Alberta's boreal forest. Canadian Journal of Forest Research-Revue Canadienne de Recherche Forestiere 38:566-575.

409. Javorek, S.K. et Grant, M.C. 2010. Wildlife habitat associations for terrestrial vertebrates on Canadian agricultural land CHANGE TO 70045.

410. Statistique Canada. 2008. Recensement de l'agriculture de 2006.

411. Gouvernment of Canada. 1998. L'état des écosystèmes du Canada, en cartes [en ligne]. Gouvernment du Canada. http://geogratis.gc.ca/api/fr/nrcan-rncan/ess-sst/23f6ee12-67d4-537a-8861-aec4c6498185.html (consulté le 10 Mar. 2008).

412. U.S. Geological Survey, Patuxent Wildlife Research Centre. 2010. The North American Breeding Bird Survey [en ligne]. U.S. Department of the Interior. http://www.pwrc.usgs.gov/BBS/

413. Niven, D.K., Sauer, J.R., Butcher, G.S. et Link, W.A. 2004. Population change in boreal birds from the Christmas Bird Count. American Birds 58:10-20.

414. Crins, W.J., Pond, B.A., Cadman, M.D. et Gray, P.A. 2007. The biogeography of Ontario, with special reference to birds. *Dans* Atlas of the breeding birds of Ontario, 2001-2005. Cadman, M.D., Sutherland, D.A., Beck, G.G., Lepage, D. et Couturier, A.R. (éd.). Études d'Oiseaux Canada, Environnement Canada, Ontario Field Ornithologists, Ministère des Richesses naturelles de l'Ontario et Ontario Nature. Toronto, ON. pp. 11-22.

415. COSEPAC. 2002. Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur le caribou des bois (*Rangifer tarandus caribou*) au Canada - Mise à jour. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa, ON. xii + 112 p.

416. Environnement Canada. 2011. Évaluation scientifique aux fins de la désignation de l'habitat essentiel de la population boréale du caribou des bois (*Ranger tarandus caribou*) au Canada : mise à jour 2011. Environnement Canada. Ottawa, ON. xvi + 116 p.

417. Environnement Canada. 2012. Programme de rétablissement du caribou des bois (*Rangifer tarandus caribou*), population boréale, au Canada. *Loi sur les espèces en péril*, série de programmes de rétablissement. xi + 138 p.

418. Callaghan, C., Virc, S. et Duffe, J. 2011. Tendances de la population boréale du caribou des bois au Canada. Biodiversité canadienne : état et tendances des écosystèmes en 2010, Rapport technique thématique n° 11. Conseils canadiens des ministres des ressources. Ottawa, ON. v + 41 p. http://www.biodivcanada.ca/default.asp?lang=Fr&n=137E1147-1.

419. COSEPAC. 2002. Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur le caribou des bois (*Rangifer tarandus caribou*) au Canada - Mise à jour. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa, ON. xii + 112 p.

420. Festa-Bianchet, M., Ray, J.C., Boutin, S. et Gunn, A. 2011. Conservation of caribou (Rangifer tarandus) in Canada: an uncertain future. *This review is part of the virtual symposium Flagship Species Flagship Problems that deals with ecology, biodiversity and management issues, and climate impacts on species at risk and of Canadian importance, including the polar bear (Ursus maritimus), Atlantic cod (Gadus morhua), Piping Plover*

(Charadrius melodus), and caribou (Rangifer tarandus). Canadian Journal of Zoology 89:419-434.

421. Environnement Canada. 2008. Examen scientifique aux fins de la désignation de l'habitat essentiel de la population boréale du caribou des bois (*Rangifer tarandus caribou*) au Canada. Environnement Canada. Ottawa, ON. 80 p.

422. Schaefer, J.A. 2003. Long-term range recession and the persistence of caribou in the Taiga. Conservation Biology 17:1435-1439.

423. Vors, L.S., Schaefer, J.A., Pond, B.A., Rodgers, A.R. et Patterson, B.R. 2007. Woodland caribou extirpation and anthropogenic landscape disturbance in Ontario. Journal of Wildlife Management 71:1249-1256.

424. Bergerud, A.T. et Elliot, J.P. 1986. Dynamics of caribou and wolves in northern British Columbia. Revue canadienne de zoologie 64:1515-1529.

425. Seip, D.R. 1992. Factors limiting Woodland caribou populations and their interrelationships with wolves and moose in southeastern British Columbia. Revue canadienne de zoologie 70:1494-1503.

426. Stuart-Smith, A.K., Bradshaw, C.J.A., Boutin, S., Hebert, D.M. et Rippin, A.B. 1997. Woodland caribou relative to landscape patterns in northeastern Alberta. Journal of Wildlife Management 61:622-633.

427. Racey, G.D. et Armstrong, T. 2000. Woodland caribou range occupancy in northwestern Ontario: past and present. Rangifer 12:173-184.

428. Wittmer, H.U., McLellan, B.N., Serrouya, R. et Apps, C.D. 2007. Changes in landscape composition influence the decline of a threatened woodland caribou population. Journal of Animal Ecology 76:568-579.

429. Wittmer, H.U., Sinclair, A.R. et McLellan, B.N. 2005. The role of predation in the decline and extirpation of woodland caribou. Oecologia 114:257-267.

430. Vors, L.S. et Boyce, M.S. 2009. Global declines of caribou and reindeer. Global Change Biology 15:2626-2633.

431. Rettie, W.J. 1998. The ecology of woodland caribou in central Saskatchewan. Thèse . University of Saskatchewan. Saskatoon, SK.

432. Bergerud, A.T. 1988. Caribou, wolves and man. Trends in Ecology & Evolution 3:68-72.

433. Sorenson, T.C., McLoughlin, P.D., Hervieux, D., Dzus, E., Nolan, J., Wynes, B. et Boutin, S. 2008. Determining sustainable levels of cumulative effects for boreal caribou. Journal of Wildlife Management 72:900-905. doi:10.2193/2007-079.

434. Bergerud, A.T. 1974. Decline of caribou in North America following settlement. Journal of Wildlife Management 38:757-770.

435. Mallory, F.F. et Hillis, T.L. 1998. Demographic characteristics of circumpolar caribou populations: ecotypes, ecological constraints, releases and population dynamics. Rangifer 10:49-60.

436. Rettie, W.J. et Messier, F. 1998. Dynamics of woodland caribou populations at the southern limit of their range in Saskatchewan. Revue canadienne de zoologie 76:251-259.

437. Bergerud, A.T., Butler, H.E. et Miller, D.R. 1984. Antipredator tactics of calving caribou: dispersion in mountains. Revue canadienne de zoologie 62:1566-1575.

438. Rettie, W.J. et Messier, F. 2000. Hierarchical habitat selection by woodland caribou: its relationship to limiting factors. Ecography 23:466-478.

439. Cumming, S.G., Burton, P.J. et Klinkenberg, B. 1996. Boreal mixedwood forests may have no "representative" areas: some implications for reserve design. Ecography 19:162-180.

440. Courtois, R. 2003. La conservation du caribou forestier dans un contexte de perte d'habitat et de fragmentation du milieu. Thèse (Ph. D.). Université du Québec.

441. Patterson, L.D., Drake, C.C., Allen, M.L. et Parent, L. 2014. Detecting a population decline of woodland caribou (*Rangifer tarandus caribou*) from non–standardized monitoring data in Pukaskwa National Park, Ontario. Wildlife Society Bulletin .

442. Ontario Ministry of Natural Resources. 2009. Ontario's caribou conservation plan. 24 p.

443. Gonzales, E.K., Nantel, P., Allen, M. et Drake, C. 2014. Application of a Bayesian belief network as decision-support for translocation of woodland caribou into a national park. Données non publiées.

444. Manitoba Conservation. 2006. Manitoba's Conservation and Recovery Strategy for Boreal Woodland Caribou. Winnipeg, Manitoba. 22 p.

445. Manitoba Conservation. 2011. Draft action plans for boreal woodland caribou ranges in Manitoba. Government of Manitoba. Winnipeg, MB. 53 p.

446. Schmelzer, I., Brazil, J., Chubbs, T., French, S., Hearn, B., Jeffery, R., LeDrew, L., Martin, H., McNeill, A., Nuna, R., Otto, R., Phillips, F., Mitchell, G., Pittman, G., Simon, N. et Yetman, G. 2004. Recovery strategy for three woodland caribou herds (*Rangifer tarandus caribou*; boreal population) in Labrador. Department of Environment and Conservation, Government of Newfoundland and Labrador. Corner Brook, NL. 51 p.

447. Sebanne, A., Courtois, R., St-Onge, S., Breton, L. et Lafleur, P.-É. 2003. Trente ans après sa réintroduction, quel est l'avenir du caribou de Charlevoix? Le Naturaliste canadien 127:55-62.

448. Jelks, H.L., Walsh, J., Burkhead, N.M., Contreras-Balderas, S., D¡az-Pardo, E., Hendrickson, D.A., Lyons, J., Mandrak, N.E., McCormick, F., Nelson, J.S., Platania, S.P., Porter, B.A., Renaud, C.B., Schmitter-Soto, J.J., Taylor, E.B. et Warren Jr, M.L. 2008. Conservation status of imperiled North American freshwater and diadromous fishes. Fisheries 33:372-407.

449. Dextrase, A.J. et Mandrak, N.E. 2006. Impacts of alien invasive species on freshwater fauna at risk in Canada. Biological Invasions 8:13-24.

450. Weinstein, M.S. 1977. Hares, lynx, and trappers. The American Naturalist 111:806-808.

451. Savage, D.W. 2003. The effects of forest management, weather, and landscape pattern on furbearer harvests at large-scales. Thèse (MsC. Thesis). Lakehead University, Faculty of Forestry and Forest Environment. Thunder Bay, Ontario. 109 p.

452. Banci, V. et Proulx.G. 1999. Impacts of trapping on furbearer populations in Canada. Alpha Wildlife. Edmonton, Alberta.

453. Weaver, J.L., Paquet, P.C. et Ruggiero, L.F. 1996. Resilience and conservation of large carnivores in the Rocky Mountains. Conservation Biology 10:964-976.

454. De Vos, A. 1964. Range changes of mammals in the Great Lakes region. American Midland Naturalist 71:210-231.

455. COSEPAC. 2003. Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur le carcajou (Gulo gulo) au Canada. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa, ON. vi + 41 p.

456. Bowman, J., A.G.Kidd, R.M.Gorman et A.I.Schulte-Hostedde. 2007. Assessing the potential for impacts by feral mink on wild mink in Canada. Biological Conservation 139:12-18. doi:10.1016/j.biocon.2007.05.020.

457. Basu, N., Klenavic, K., Gamberg, M., O'Brien, M., Evans, D., Scheuhammer, A.M. et Chan, H.M. 2005. Effects of mercury on neurochemical receptor-binding characteristics in wild mink. Environmental Toxicology and Chemistry 24:1444-1450.

458. Newfoundland Wildlife Division. 2009. Insular Newfoundland Caribou population estimates. Données non publiées.

459. Dettmers, R. 2006. A blueprint for the design and delivery of bird conservation in the Atlantic northern forest. U.S. Fish and Wildlife Service. 346 p.

460. Ball, M.C., M.W.Lankester et S.P.Mahoney. 2001. Factors affecting the distribution and transmission of *Elaphostrongylus rangiferi* (Protostrongylidae) in caribou (*Rangifer tarandus caribou*) of Newfoundland, Canada. Canadian Journal of Zoology 79:1265-1277.

461. Lankester, M.W. et Fong, D. 1989. Distribution of elaphostrongyline nematodes (*Metastrongyloidea: protostrongylidae*) in cervidae and possible effects of moving *Rangifer* spp. into and within North America. Alces 25:133-145.

462. Dodds, D.G. 1984. Terrestrial mammals. *Dans* Biogeography and Ecology of the Island of Newfoundland. South, R. (éd.). Springer. The Hague. pp. 509-550.

463. Bergerud, A.T. 1969. The Status of the Pine Marten in Newfoundland. Canadian-Field Naturalist 83:128-131.

464. Fuller, A.K., Harrison, D.J., Hearn, B.J. et Hepinstall, J.A. 2006. Landscape thresholds, occupancy models, and responses to habitat loss and fragmentation in Newfoundland and Maine. Wildlife Division, Department of Environment and Conservation, Government of Newfoundland and Labrador. Corner Brook, NL. 92 p.

465. Hearn, B.J. 2007. Factors affecting habitat selection and population characteristics of American marten (*Martes americana atrata*) in Newfoundland. Thèse . University of Maine. Orono, ME.

466. Committee on the Status of Endangered Wildlife in Canada. 2007. COSEWIC Assessment and Update status report on the American marten (Newfoundalnd population) *Martes americana atrata* in Canada. Committee on the Status of Endangered Wildlife in Canada. Ottawa, ON. 65 p.

467. COSEPAC. 2003. Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur le fondule barré (*Fundulus diaphanus*) (population de Terre-Neuve) au Canada - Mise à jour. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa, ON. 26 p.

468. Meades, W.J. 1983. Heathlands. *Dans* Biogeography and ecology of the island of Newfoundland. South, G.R. (éd.). Junk Publishers. The Hague. Chapitre 7. pp. 267-318.

469. Bouchard, A., S.Hay, L.Brouillet, M.Jean et I.Saucier. 1991. The Rare Vascular Plants of the Island of Newfoundland, Syllogeus No. 65. Canadian Museum of Nature. Ottawa, ON. 165 p.

470. Registre public des espèces en péril. 2000. Profil d'espèce: Braya de Fernald [en ligne]. http://www.sararegistry.gc.ca/species/speciesDetails_f.cfm?sid=5 (consulté le 18 June 2010).

471. Régistre public des espèces en péril. 2000. Profil d'espèce: Braya de Long [en ligne]. http://www.sararegistry.gc.ca/species/speciesDetails_e.cfm?sid=6 (consulté le 18 June 2010).

472. Hermanutz, L., H.Mann, M.Anions, D.Ballam, T.Bell, J.Brazil, N.Djan-Chekar, G.Gibbons, J.Maunder, S.J.Meades, W.Nicholls, N.Smith et G.Yetman. 2002. National recovery plan for Long's braya (*Braya longii* Fernald) and Fernald's braya (*Braya fernaldii* Abbe). National Recovery Plan No. 23. Recovery of Nationally Endangered Wildlife (RENEW). Ottawa, ON. 36 p.

473. Hermanutz, L., S.Squires et D.Pelley. 2009. 2008 Limestone Barrens Research Report. Wildlife Division, Department of Environment and Conservation, Government of Newfoundland and Labrador.

474. Squires, S.E., L.Hermanutz et P.L.Dixon. 2009. Agricultural insect pest compromises survival of two endemic *Braya* (Brassicaceae). Biological Conservation 142:203-211.

475. Maass, W. et Yetman, D. 2002. COSEPAC Évaluation et Rapport du COSEPAC sur la situation de l'erioderme boréal (Erioderma pedicellatum) au Canada. Comité sur la situation des especes en péril au Canada. Ottawa. 50 p.

476. Keeping, B. et Hanel, C. 2006. A Five Year (2006 - 2011) Management Plan For the Boreal Felt Lichen (*Erioderma pedicellatum*) In Newfoundland and Labrador. Wildlife Division, Newfoundland and Labrador Department of Tourism, Culture and Recreation.

477. Clarke, W.M. 2005. A Brief Report on the April 11 to 15, 2005 resurvey in Bay d'Espoir. Department of Natural Resources, Government of Newfoundland and Labrador. 4 p.

478. Connor, K.J., W.B.Ballard, T.Dilworth, S.Mahoney et D.Anions. 2000. Changes in Structure of a Boreal forest community following intense herbivory by moose. Alces 36:111-132.

479. Thompson, I.D. et Curran, W.J. 1993. A Re-examination of moose damage to balsam fir - White birch forest in Central Newfoundland. Canadian Journal of Forest Research 23:1388-1395.

480. Robertson, A.W. 1998. The Boreal Felt Lichen in Newfoundland - Geographic Distribution and Dynamics of its Habitats in Forested Landscapes. Forestry, Wildlife and Inland Fish Branch, Department of Forest Resources and Agrifoods, Government of Newfoundland and Labrador. 63 p.

481. Girardin, M.P. et Wotton, B.M. 2009. Summer moisture and wildfire risks across Canada. Journal of Applied Meteorology and Climatology 48:517-533.

482. Government of Newfoundland and Labrador. 2008. Insect Control Program [en ligne]. http://www.nr.gov.nl.ca/forestry/protection/ins_control/default.stm (consulté le 2 Dec. 2008).

483. Alberta Sustainable Resource Development. 2007. Forest Health Aerial and Ground Survey Data (Arc/INFO) format [en ligne]. Data provided and reproduced with the permission of Alberta Sustainable Resource Development, Government of Alberta, all rights reserved. (consulté le 29 Feb. 2008).

484. Kurz, W.A., Dymond, C.C., Stinson, G., Rampley, G.J., Neilson, E.T., Carroll, A.L., Ebata, T. et Safranyik, L. 2008. Mountain pine beetle and forest carbon feedback to climate change. Nature 452:987-990.

485. Krezek-Hanes, C.C., Ahern, F., Cantin, A. et Flannigan, M.D. 2011. Tendances des grands incendies de forêts au Canada, de 1959 à 2007. Biodiversité canadienne : état et tendances des écosystèmes en 2010, Rapport technique thématique n° 6. Conseils canadiens des ministres des ressources. Ottawa, ON. vi + 56 p. http://www.biodivcanada.ca/default.asp?lang=Fr&n=137E1147-1.

486. Gray, D.R. 2008. The relationship between climate and outbreak characteristics of the spruce budworm in eastern Canada. Climatic Change 87:361-383.

487. Kettela, E.G. 1983. Historique en cartes de la defoliation causee par la tordeuse des bourgeons de l'epinette dans l'est de l' Amerique du Nord de 1967 a 1981 n° DPC-X-14. Service canadien des forêts, Environnement Canada. Hull, QC. 9 p.

488. National Forestry Database Program. 2008. Forest insects archive DEAD LINK [en ligne]. http://nfdp.ccfm.org/compendium/insects/archive/index_e.php

489. Strubble, D. 2008. Spruce budworm defoliation in Maine from 1955 to 2008. Maine Forest Service. Données non publiées.

490. Delisle, J., Royer, L., Labrecque, A., Bauce, E. et Bernier-Cardou, M. 2009. Egg dormancy in an island and mainland population of the hemlock looper, Lambdina fiscellaria (Lepidoptera: Geormetridae): Combined effect of photoperiod and temperature. Entomologia experimentalis & applicata,

491. Podur, J., Martell, D.L. et Knight, K. 2002. Statistical quality control analysis of forest fire activity in Canada. Canadian Journal of Forest Research/Revue canadienne de recherche forestière 32:195-205.

492. Gillett, N.P., Weaver, A.J., Zwiers, F.W. et Flannigan, M.D. 2004. Detecting the effect of climate change on Canadian forest fires. Geophysical Research Letters 31:1-4. doi:10.1029/2004GL020876.

493. Jardon, Y. et Doyon, F. 2003. Balsam Fir Stand Dynamics after Insect outbreak disturbances in the Western Newfoundland Ecoregion (Corner Brook Subregion). Western Newfoundland Model Forest, Inc. Corner Brook, NL.

494. Moreau, G. 2006. Past and present outbreaks of the balsam fir sawfly in western Newfoundland: an analytical review. Forest Ecology and Management 221:215-219.

495. Iqbal, J., Maclean, D.A. et Kershaw, J.A. 2011. Balsam fir sawfly defoliation effects on survival and growth quantified from permanent plots and dendrochronology. Forestry 84:349-362.

496. Otvos, I.S. et Moody, B.H. 1978. The spruce budworm in Newfoundland: History, Status and control nº N-X-150. Environment Canada. 76 p.

497. Williams, D.W. et Liebhold, A.M. 2000. Spatial Synchrony of spruce budworm outbreaks in eastern North America. Ecology 81:2753-2766.

498. Karsh, M.D. 1996. Growth response in balsam fir stands defoliated by the eastern spruce budworm nº Information Report N-X-303. Canadian Forest Service. St. John's, NL. 50 p.

499. Simpson, R. et Coy, D. 1999. An ecological atlas of forest insect defoliation in Canada nº Information Report M-X-206E. Canadian Forest Service. Fredricton, NB. 15 p.

500. Raske, A.G. et Alvo, M. 1986. Vulnerability of forest types to spruce budworm damage in Newfoundland: An empirical approach based on large sample size. Forest Ecology and Management 15:31-42.

501. Base de données nationale sur les forêts. 2010. Insectes forestiers - En bref. Superficie où il y a de la défoliation modérée à grave par insectes, y compris une aire où la mortalité des arbres est due aux scolytes, 2008 : Tordeuse des bourgeons de l'épinette [en ligne]. Conseil canadien des ministres des forêts. http://nfdp.ccfm.org/insects/quick_facts_f.php (consulté le 7 July 2010). Rapports produits pour la tordeuse des bourgeons de l'épinette et la tordeuse occidentale de l'épinette.

502. van Nostrand, R.S., Moody, B.H. et Bradshaw, D.B. 1981. The forests of Newfoundland, their major pests and fire history. *Dans* Review of the spruce budworm outbreak in Newfoundland - Its control and forest management implications. Hudak, J. et Raske, A.G. (éd.). Environment Canada, Canadian Forest Service, and Newfoundland Forest Research Centre. St. John's, Newfoundland. pp. 3-11. 280 pp.

503. Otvos, I.S., L.J.Clarke et D.S.Durling. 1979. A History of Recorded eastern Hemlock looper outbreaks in Newfoundland nº N-X-179. Environment Canada. 46 p.

504. Raske, A.G., R.J.West et A.Retnakaran. 1995. Hemlock looper, *Lambdina fiscellaria*. *Dans* Forest insect pests in Canada. Armstrong, J.A.a.I.W.G.H. (éd.). Natural Resources Canada, Canadian Forest Service. Ottawa, ON.

505. Carroll, W.J. 1956. History of the hemlock looper, Lambdina fiscellaria fiscellaria (Guen.), (Lepidoptera: Geometridae) in Newfoundland, and notes on its biology. Canadian Entomologist 88:587-599.

506. Parsons, K.A. 2007. Measuring sustainable forest management indicators in Newfoundland and Labrador. Western Newfoundland Model Forest. Corner Brook, NL. 292 p.

507. Bowers, W.W. 1993. Impact of Eastern Hemlock Looper, *Lambdina fiscellaria fiscellaria* (Guen.), on Balsam Fir forests in Newfoundland. *Dans* Proceedings of the Northeastern Forest Pest Council and 25th Annual Northeastern Forest Insect Work Conference, March 8-10. Latham, NY. pp. 17-18.

508. Berthiaume, R., E.Bauce, C.Hebert et J.Brodeur, J. 2007. Developmental polymorphism in a Newfoundland population of the hemlock looper, *Lambdina fiscellaria* (Lepidoptera: Geometridae). Environmental Entomology 36:707-712.

509. Koenig, W.D. 2001. Synchrony and periodicity of eruptions by boreal birds. The Condor 103:725-735.

510. Savard, J.-P.L. et Ibarzabal, J. 2001. Le suivi des oiseaux de la forêt boréale à l'Observatoire d'oiseaux de Tadoussac, une opportunité unique au Québec. Le Naturaliste canadien 125:49-52.

511. Viljugrein, H., Lingjaerde, O.C., Stenseth, N.C. et Boyce, M.S. 2001. Spatio-temporal patterns of mink and muskrat in Canada during a quarter century. Journal of Animal Ecology 70:671-682.

512. Strohm, S. et Tyson, R. 2009. The effect of habitat fragmentation on cyclic population dynamics: a numerical study. Bulletin of Mathematical Biology 71:1323-1348.

513. Elton, C. et Nicholson, M. 1942. The 10-year cycle in numbers of lynx in Canada. Journal of Animal Ecology 11:215-244.

514. Arditi, R. 1989. Relation of the Canadian lynx cycle to a combination of weather variables: a stepwise multiple regression analysis. Oecologia 41:219-233.

515. Ferguson, S.H., Bergerud, A.T. et Ferguson, R. 1988. Predation risk and habitat selection in the persistence of a remnant caribou population. Oecologia 76:236-245.

516. Bergerud, A.T. et Mercer, W.E. 1989. Caribou introductions in eastern North America. Wildlife Society Bulletin 17:111-120.

517. Courtois, R., Ouellet, J.P., Gingras, A., Dussault, C., Breton, L. et Maltais, J. 2003. Historical changes and current distribution of caribou, Rangifer tarandus, in Québec. Canadian Field-Naturalist 117:399-414.

518. Schaefer, J.A., Veitch, A.M., Harrington, F.H., Brown, W.K., Theberge, J.B. et Luttich, S.N. 1999. Demography of decline of the Red Wine Mountains caribou herd. Journal of Wildlife Management 63:580-587.

519. Environnement Canada. 2007. Programme de rétablissement du caribou des bois (*Rangifer tarandus caribou*), population boréale, au Canada. Série de Programmes de rétablissement de la Loi sur les espèces en péril. Environnement Canada. Ottawa, ON. v + 48 p. Ébauche de rapport.

520. Courtois, R., Ouellet, J.P., Breton, L., Gingras, A. et Dussault, C. 2007. Effects of forest disturbance on density, space use, and mortality of woodland caribou. Écoscience 14:491-498.

521. Leighton, F.A. 2011. Pathogènes et maladies de la faune au Canada. Biodiversité canadienne : état et tendances des écosystèmes en 2010, Rapport technique thématique n° 7. Conseils canadiens des ministres des ressources. Ottawa, ON. v + 59 p. http://www.biodivcanada.ca/default.asp?lang=Fr&n=137E1147-1.

522. Blake, J. et McGrath, M. 2006. Coyotes in insular Newfoundland: current knowledge and management of the island's newest mammalian predator. Wildlife Division, Department of Environment and Conservation, Government of Newfoundland and Labrador. Corner Brook, NL. 11 p.

523. Lenky, C., B.Sjare et T.Miller. 2006. Seal/salmon interactions and climate variability: Has the potential for seal predation on salmon changed in Newfoundland and Labrador waters? Données non publiées.

524. Rupprecht, C.E., Stohr, K. et Meredith, C. 2001. Rabies. *Dans* Infectious diseases of wild mammals. Édition Third edition. Williams, E.S. et Barker, I.K. (éd.). Iowa State University Press. Ames, IA. Chapitre 1. pp. 3-36.

525. Centre canadien coopératif de la santé de la faune. 2008. Canada's national wildlife disease database [en ligne]. http://www.ccwhc.ca/ccwhc_database.php (consulté le 23 Jan. 2009).