

Sommaire des éléments probants relativement aux constatations clés pour l'écozone⁺ des plaines boréales

Biodiversité canadienne : état et tendances des écosystèmes en 2010
Rapport sommaire des éléments probants relativement aux constatations clés n° 12
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 l'écozone⁺ des plaines boréales.

Publication aussi disponible en anglais sous le titre :

Boreal Plains Ecozone⁺ evidence for key findings summary.

Monographie électronique en format PDF.

ISBN 978-0-660-22639-2

N° de catalogue : En14-43/0-12-2014F-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 sont interdites, 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 de la page couverture : Image aérienne de la plaine boréale, © Lorna Allen; forêt d'épinette noire, © Lorna Allen

Ce rapport devrait être cité comme suit :

Secrétariat du RETE. 2014. Sommaire des éléments probants relativement aux constatations clés pour l'écozone⁺ des plaines boréales. Biodiversité canadienne : état et tendances des écosystèmes en 2010, Rapport sommaire des éléments probants relativement aux constatations clés n° 12. Conseils canadiens des ministres des ressources. Ottawa, (Ont.). x + 120 p.

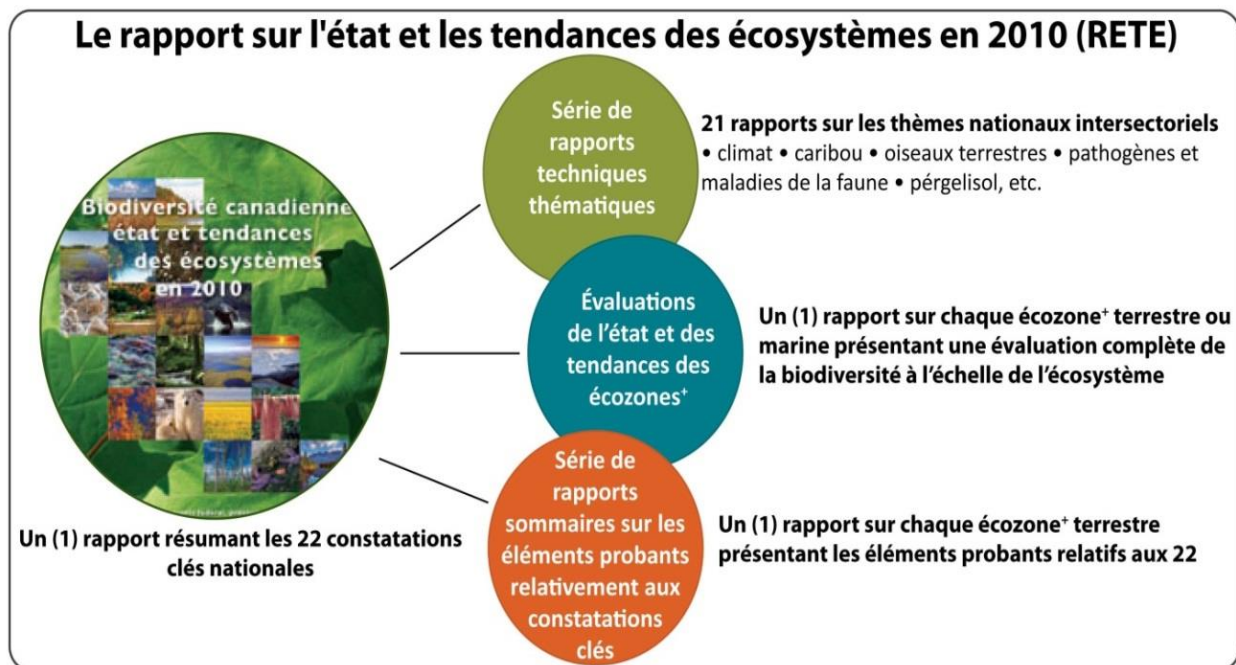
<http://www.biodivcanada.ca/default.asp?lang=Fr&n=137E1147-1>

© 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*⁷. Le rapport *Biodiversité canadienne : état et tendances des écosystèmes en 2010*⁸ 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 l'écozone⁺ des plaines boréales*, présente les éléments probants de l'écozone⁺ des plaines boréales liés aux 22 constatations clés nationales et souligne les tendances importantes propres à cet écozone⁺. De plus, il met en relief les grandes tendances propres à cette écozone⁺, sans toutefois fournir une évaluation complète des données qui existent sur ces 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. Une importance particulière a été accordée aux données

provenant de la série des rapports techniques thématiques, de portée nationale. 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.

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 initial¹⁰.



Remerciements

Le Secrétariat du RETE tient à remercier Diane Haughland et l'Alberta Biodiversity Monitoring Institute pour la production des différentes ébauches du présent rapport. Emily Gonzales et Debbie Martin ont vu à la coordination et à l'édition du rapport, alors que Kelly Badger en a assumé la conception graphique. Ellorie McKnight, Michelle Connolly et d'autres encore ont apporté leur aide. Le rapport repose essentiellement sur l'ébauche de l'évaluation de l'état et des tendances de l'écozone+ des plaines boréales. D'autres spécialistes ont apportés une contribution significative à l'ébauche du rapport; leurs noms sont indiqués ci-dessous. Les révisions ont été réalisées par des scientifiques et des gestionnaires en ressources issus d'organismes provinciaux, territoriaux et fédéraux œuvrant dans ce domaine. La Société canadienne pour l'écologie et l'évolution a également coordonné des révisions en faisant appel à des experts externes.

Remerciements pour l'ébauche de l'évaluation de l'état et des tendances de l'écozone⁺ des plaines boréales

Auteurs principaux : D. Haughland et A. Lennie

Auteurs collaborateurs, sections ou sujets précis :

Étude de cas au lac Winnipeg au Manitoba : E. Shipley et l'auteur conseil : H. Kling

Plantes vasculaires non indigènes : J. Herbers

Caribou : N. McCutchen

Aires protégées : J.-F. Gobeil, R. Helie et R. Vanderkam

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 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 de la population boréale du caribou des bois au Canada : C. Callaghan, S. Virç et J. Duffe

Tendances relatives aux oiseaux terrestres au Canada, de 1968 à 2006 : C. Downes, P. Blancher et B. Collins

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

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. Contributeurs : I. K. Barker,

D. Campbell, P.-Y. Daoust, Z. Lucas, J. Lumsden, D. Schock, H. Schwantje, K. Taylor et G. Wobeser

Tendances relatives aux oiseaux terrestres au Canada, de 1968 à 2006 : C. Downes, P. Blancher et B. Collins

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. Contributeurs : 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

Biodiversité dans les rivières et lacs du Canada : W.A. Monk et D.J. Baird Contributeurs : R.A. Curry, N. Glozier et D.L. Peters.

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 recommandé 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.

Table des matières

PRÉFACE	i
Système de classification écologique – écozones ⁺	iii
Remerciements	iv
Table des matières	vi
GÉNÉRALITÉS SUR L'ÉCOZONE ⁺	2
COUP D'ŒIL SUR LES CONSTATATIONS CLÉS À L'ÉCHELLE NATIONALE ET À L'ÉCHELLE DE L'ÉCOZONE ⁺	5
THÈME : BIOMES	14
Type de peuplement forestier	14
Étendue	15
Intégrité	17
Modification des forêts de fin de succession en forêts au stade pionnier	19
Impacts des changements climatiques : débits de cours d'eau, température et niveaux d'eau	24
Stress hydrique	26
Glace lacustre et fluviale	28
Pergélisol	29
THÈME : INTERACTIONS HUMAINS-ÉCOSYSTÈMES	31
Forêts modèles	34
Compensations en matière de conservation	34
Plantes envahissantes non indigènes terrestres	35
Autres espèces non indigènes envahissantes préoccupantes	37
Exploitation des sables bitumineux	38
Centrales thermiques au charbon	41
Autres sources de contaminants	41
Charge en éléments nutritifs	42
Azote provenant des terres agricoles	44
Prolifération algale dans le lac Winnipeg, Manitoba	45
Impacts des changements climatiques sur les écosystèmes	54
Services d'approvisionnement	55
Pêche dans le lac Winnipeg	58
Services de régulation	59
Services culturels	60
Valorisation des écoservices	60
THÈME : HABITATS, ESPÈCES SAUVAGES ET PROCESSUS ÉCOSYSTÉMIQUES	61
Couverture terrestre agricole	61
Possibilité d'utilisation des terres agricoles par la faune	62
Capacité de l'habitat faunique	63
Poissons	70
Oiseaux	71
Mammifères	77
Indice de végétation par différence normalisée	83
Indice de dynamisme de l'habitat	84
Productivité primaire en eau douce	84
Incendies	85

Foisonnement d'insectes	87
Réseaux trophiques.....	89
Cycles des populations	90
THÈME : INTERFACE SCIENCE-POLITIQUE.....	91
Foisonnements d'insectes.....	95
Fragmentation des forêts et recul de la couverture forestière	95
Fonte du pergélisol.....	96
Espèces envahissantes	96
CONCLUSION : BIEN-ÊTRE HUMAIN ET BIODIVERSITÉ.....	97
RÉFÉRENCES.....	100

Liste des figures

Figure 1. Carte générale de l'écozone ⁺ des plaines boréales.	1
Figure 2. Classification de la large couverture terrestre (résolution à 1 km) de l'écozone ⁺ des plaines boréales, 2005.	4
Figure 3. Tendances de la population humaine, écozone ⁺ des plaines boréales, de 1971 à 2006.....	4
Figure 4. Tendances dans la croissance moyenne du peuplement du peuplier dans l'ouest intérieur canadien.....	15
Figure 5. Densité de la forêt dans l'écozone ⁺ des plaines boréales, telle que déterminée par télédétection, 2000.....	16
Figure 6. Conversion de terres agricoles ou forestières en terres agricoles, entre 1985 et 2005, dans l'écozone ⁺ des plaines boréales.....	17
Figure 7. Parcelles de paysages forestiers intacts plus grandes que 100 km ² dans l'écozone ⁺ des plaines boréales, 2006.	18
Figure 8. Intégrité (écart relatif des conditions observées provenant de l'intégrité prévue sous des conditions inexploitées) de la forêt ancienne dans la zone de gestion forestière de l'Alberta-Pacifique.	19
Figure 9. Distribution de la classe d'âge actuelle des forêts aménagées et non aménagées, 2008.	20
Figure 10. Débit mensuel de l'eau entre 1961 et 1982 (bleu pâle) et 1983 et 2003 (bleu foncé) de deux rivières représentatives de l'écozone ⁺ des plaines boréales.	25
Figure 11. Changement relatif à long terme du débit estival (de mai à août) de l'écoulement de la rivière Athabaska à Fort McMurray, Alberta.	25
Figure 12. Données sur le niveau d'eau des lacs Muriel, Lower Mann et Upper Mann, Alberta.....	26
Figure 13. Allocation sectorielle de l'eau du bassin de la rivière Athabasca, 1950–2010.....	27
Figure 14. Tendances de la débâcle des glaces avant (cercles bleu foncé) et après (carrés bleu pâle) 1970 sur le lac Winnipeg, au Manitoba.	29
Figure 15. Carte du pergélisol au Canada.	30
Figure 16. Répartition des aires protégées de l'écozone ⁺ des plaines boréales, mai 2009.	31
Figure 17. Croissance des aires protégées, écozone ⁺ des plaines boréales, 1922–2009.	32

Figure 18. Des 217 sites observés, (a) pourcentage des sites infestés d'herbes nocives entre 2002 et 2006 et (b) pourcentage d'infestation en 2005 et 2006 au nord-est de l'Alberta.....	36
Figure 19. Surveillance actuelle au cours de l'année de référence 2010-2011 dans les secteurs des sables bitumineux en Alberta et en Saskatchewan.....	39
Figure 20. Régions de l'écozone ⁺ des plaines boréales et Division des relevés hydrologiques du Canada, qui ont désigné la plupart des bassins hydrologiques.	44
Figure 21. Carte a) des classes de risque que présente l'azote résiduel dans le sol alloué aux terres agricoles en 2006 et b) changement du classement du risque entre 1981 et 2006.	45
Figure 22. Moyenne annuelle des concentrations en phosphore total en 1969 et de 1992 à 2007 dans le lac Winnipeg au Manitoba et b) tendances spatiales de la moyenne des concentrations en phosphore total de 14 stations de surveillance à long terme du lac Winnipeg, Manitoba (les données sont des moyennes de 1999 à 2007 à chaque station). ¹⁶³	46
Figure 23. Moyenne annuelle des concentrations en azote total de 1992 à 2007 dans le lac Winnipeg au Manitoba et b) tendances spatiales de la moyenne des concentrations en azote total de 14 stations de surveillance à long terme du lac Winnipeg, Manitoba (les données sont des moyennes de 1999 à 2007 à chaque station).	46
Figure 24. Moyenne de la biomasse du phytoplancton et de la composition des espèces (mg/m ³) de fin juillet à début septembre dans le lac Winnipeg, Manitoba, en 1969, 1994, 1999, 2003 et 2007.	47
Figure 25. Charges critiques aquatiques et terrestres combinées, 2008.	48
Figure 26. Changements dans la température moyenne, 1950–2007.	53
Figure 27. Changements dans la quantité de précipitations annuelles, 1950–2007.	54
Figure 28. Revenu total (\$) et nombre d'animaux capturés dans l'écozone ⁺ des plaines boréales de la C.-B. et de la Saskatchewan ⁺	56
Figure 29. Récolte totale de la pêche commerciale dans l'écozone ⁺ des plaines boréales de l'Alberta et du Manitoba.....	57
Figure 30. Production de poissons (kg) de la pêche commerciale du lac Winnipeg, 1883–2006.	58
Figure 31. Changement cumulatif de la séquestration du carbone provenant de l'utilisation des terres, du changement d'utilisation des terres, et du secteur forestier de l'écozone ⁺ des plaines boréales, 1990–2007.....	59
Figure 32. Nombre total de visites au parc national du Canada de Prince Albert, Sask.	60
Figure 33. Pourcentage de couverture terrestre agricole de l'écozone ⁺ des plaines boréales.....	62
Figure 34. Changements dans la capacité d'habitat faunique sur les terres agricoles de l'écozone ⁺ des plaines boréales, entre 1986 et 2006.	64
Figure 35. Capacité de l'habitat faunique sur les terres agricoles de l'écozone ⁺ des plaines boréales en a) 1986 et b) 2006 et c) Échange de terres agricoles pour chaque catégorie de capacité de l'habitat (barres, axe de gauche) et la capacité de l'habitat moyen pour l'écozone ⁺ des plaines boréales en 1986, 1996 et 2006 (points et ligne, axe de droite).	65
Figure 36. Indices annuels de changement de la population d'oiseaux en eaux libres et en terres agricoles dans l'écozone ⁺ des plaines boréales.....	66

Figure 37. Pourcentage des taxons connus classés S1/S2 (en péril) et S3 (possiblement en péril), depuis 2008.	70
Figure 38. Pêches commerciales du doré jaune (kg/ha) sur les lacs de l'écozone ⁺ des plaines boréales de l'Alberta, de 1942 à 1998.	71
Figure 39. Tendances de l'abondance des oiseaux terrestres de l'écozone ⁺ des plaines boréales.	72
Figure 40. Indices annuels du changement de la population des oiseaux du maquis et pionnière de l'écozone ⁺ des plaines boréales.	74
Figure 41. Nombre de bisons du parc national du Canada Wood Buffalo, 1971–2003.	78
Figure 42. Nombre de bisons des sous-populations du delta, de Hay Cam et de la rivière Garden.....	78
Figure 43. Les troupeaux de caribous et l'état de la population dans l'écozone ⁺ des plaines boréales.....	81
Figure 44. Réduction de la superficie de l'habitat du grizzly en Amérique du Nord.....	82
Figure 45. Tendances indiquées par l'indice de végétation par différence normalisée (IVDN) dans l'écozone ⁺ des plaines boréales, 1985–2006.....	83
Figure 46. Tendances dans a) la superficie totale des brûlis par décennie et b) répartition des grands feux (>2 km ²) par décennie pour l'écozone ⁺ des plaines boréales.	86
Figure 47. La superficie touchée par le dendroctone du pin ponderosa a augmenté vers l'est, depuis 1999 (à gauche) jusqu'en 2009 (à droite).	88
Figure 48. Les sites de carottage de l'Alberta Biodiversity Monitoring Institute partout en Alberta.....	92

Liste des tableaux

Tableau 1. Aperçu de l'écozone ⁺ des plaines boréales.....	2
Tableau 2. Aperçu des constatations clés.....	5
Tableau 3. Les dix espèces non indigènes les plus abondantes décelées dans l'écozone ⁺ des plaines boréales en Alberta, nombre de sites décelés (sur 343), et occurrence en pourcentage.	36
Tableau 4. État trophique et tendances en matière de nutriments, par bassin hydrologique de l'écozone ⁺ des plaines boréales, dont les bassins du Grand lac des Esclaves, les parties ouest et nord de la baie d'Hudson et le fleuve Nelson en 2004-2006.	43
Tableau 5. Tendances des variables climatiques entre 1950 et 2007 dans l'écozone ⁺ des plaines boréales (les températures représentent les changements de la température moyenne dans l'écozone ⁺).	49
Tableau 6. Intégrité des différentes composantes de la biodiversité de la zone des sables bitumineux de l'Athabasca, en Alberta.....	67
Tableau 7. Sommaire des espèces en péril de la zone des sables bitumineux de l'Athabasca; les flèches indiquent si l'espèce est plus nombreuse que prévu, ou moins nombreuse que prévu.	69
Tableau 8. Tendances de l'abondance (variation en % par année) et fiabilité de celles-ci dans le cas des espèces d'oiseaux des forêts de l'écozone ⁺ des plaines boréales, des années 1970 et 1989 à 2012.	73

Tableau 9. Tendances de l'abondance (variation en % par année) et fiabilité de celles-ci dans le cas des espèces d'oiseaux sélectionnées du maquis et pionnières caractéristiques de l'écozone ⁺ des plaines boréales, de 1970 à 2012.	75
Tableau 10. Tendances de l'abondance (variation en % par année) et fiabilité de celles-ci dans le cas des oiseaux de rivage de l'écozone ⁺ des plaines boréales, de 1970 à 2012.	75
Tableau 11. Tendances de l'abondance (variation en % par année) et fiabilité de celles-ci dans le cas des oiseaux aquatiques de l'écozone ⁺ des plaines boréales, de 1970 à 2012.	76
<i>Tableau 12. Tendances relatives à l'abondance (% de changement par année) et fiabilité de la tendance pour la sauvagine de l'écozone des plaines boréales+ de 1970 à 2012.</i>	<i>77</i>
Tableau 13. Conditions de la population locale du caribou boréal et conditions de son habitat dans l'écozone ⁺ des plaines boréales.....	79
Tableau 14. Sommaire des caractéristiques de la végétation mesurées par l'index de dynamisme de l'habitat (IDH), indicateurs de changement de la végétation dans l'écozone ⁺ des plaines boréales (moyenne calculée sur la période 2000–2006).	84



Figure 1. Carte générale de l'écozone[†] des plaines boréales.

GÉNÉRALITÉS SUR L'ÉCOZONE⁺

S'étirant du nord-est de la Colombie-Britannique en passant par les parties nord et centrale de l'Alberta ainsi que le centre de la Saskatchewan jusqu'au lac Winnipeg au Manitoba (Figure 1), l'écozone⁺ des plaines boréales se caractérise par un climat frais, un relief généralement plat, des couches de sol organiques à surface épaisse, un mauvais écoulement des eaux, une faible concentration en nutriments et un pergélisol discontinu (Tableau 1.)¹¹. Couverte de zones boisées à plus de 60 % (Figure 2) et présentant une faible diversité d'espèces d'arbres dont la croissance est plutôt lente, l'écozone⁺ est ponctuée de milieux humides, de terrains d'arbrisseaux et de certains des plans d'eau les plus vastes du Canada. De fréquentes perturbations naturelles largement répandues dont des incendies, des foisonnements d'insectes et le vent dominant la structure de l'écozone⁺. L'écozone⁺ des plaines boréales est riche en ressources renouvelables et non renouvelables, et le secteur primaire constitue le principal moteur économique. À près de 21 % de son territoire, la région offre la deuxième plus grande contribution en matière de terres agricoles au Canada. Elle possède un fort secteur forestier et un secteur énergétique en rapide croissance (y compris les sables bitumineux).

Tableau 1. Aperçu de l'écozone⁺ des plaines boréales.

Superficie	701 750 km ² (7,0 % du Canada)
Topographie	Terrain d'ordinaire plat à légèrement vallonné, bosselé et présentant des dépressions; généralement décroissant en altitude en direction est
Climat	Climat continental du nord frais, avec de longs hivers froids et des étés courts et frais; températures moyennes annuelles autour de 0° C Il varie selon des conditions plus fraîches et plus humides au nord, et des conditions plus tempérées et sèches au sud Les précipitations annuelles totales se maintiennent habituellement sous 500 mm, qui se produisent généralement l'été
Bassins fluviaux	Se situent dans les bassins hydrologiques du Grand lac des Esclaves, les parties ouest et nord de la baie d'Hudson et le fleuve Nelson. Les affluents assurent le delta des rivières de la Paix et Athabasca, le lac Winnipeg, le lac Winnipegosis et le lac Manitoba Les principales rivières sont celles de la Paix, Athabasca et Saskatchewan
Géologie	Le terrain holocène est d'abord constitué de dépôts de till glaciaire et de quelques dépôts morainiques, lacustres et éoliens sur le schiste et le grès du Crétacé
Pergélisol	Répartition éparse du pergélisol, confiné dans les tourbières le long de l'extrémité nord, coïncidant avec l'extrémité sud de la zone de pergélisol sporadique
Peuplement	De petits groupes d'Autochtones ont habité la zone au cours des 5 000 dernières années

	<p>Le peuplement venu d'Europe a commencé au milieu des années 1800, à la suite du commerce des fourrures, de l'expansion agricole et de l'extraction des ressources qui s'est ensuivi</p> <p>Le peuplement se forme généralement le long de la zone sud et près des zones présentant une forte concentration de ressources</p> <p>Les principales municipalités comprennent Fort St. John, la rivière de la Paix, Grande Prairie, Fort McMurray, Prince Albert, The Pas et Gimli</p>
Économie	L'économie est essentiellement fondée sur les ressources, notamment l'agriculture, le secteur forestier et le développement énergétique, en particulier l'extraction du pétrole et du gaz
Développement	<p>La mise en valeur intensive se concentre sur le gisement de ressources et la possibilité d'accès par l'homme</p> <p>La plupart des activités agricoles et forestières se produisent le long de la zone sud ou près des centres de population</p>
Importance nationale et/ou mondiale	<p>Le delta des rivières de la Paix et Athabasca est le delta intérieur le plus vaste au Canada et a été nommé zone humide d'importance internationale selon la Convention de Ramsar, est l'un des deltas d'eau douce les plus grands au monde, et zone importante pour la conservation des oiseaux, en particulier pour les sauvagines migratrices sur les quatre voies migratoires continentales</p> <p>Le parc national du Canada Wood Buffalo est le deuxième plus grand parc national au monde, et a été nommé site du patrimoine mondial</p>

Territoires : L'écozone⁺ des plaines boréales comprend certaines portions du Manitoba, de la Saskatchewan, de l'Alberta et de la Colombie-Britannique. Les principaux groupes autochtones composés des Cris, des Dénésulines et des Dunne-za chevauchent les frontières de l'écozone⁺ des plaines boréales¹².

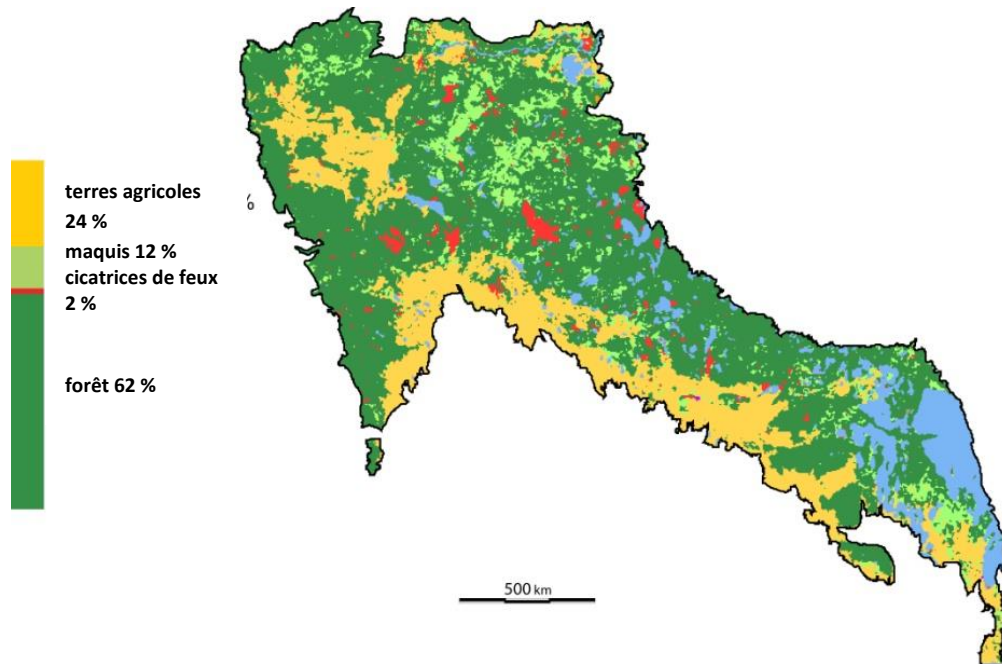


Figure 2. Classification de la large couverture terrestre (résolution à 1 km) de l'écozone⁺ des plaines boréales, 2005.

Source : les données sur l'écozone⁺ sont fournies par les auteurs d'Ahern et coll., 2011¹³

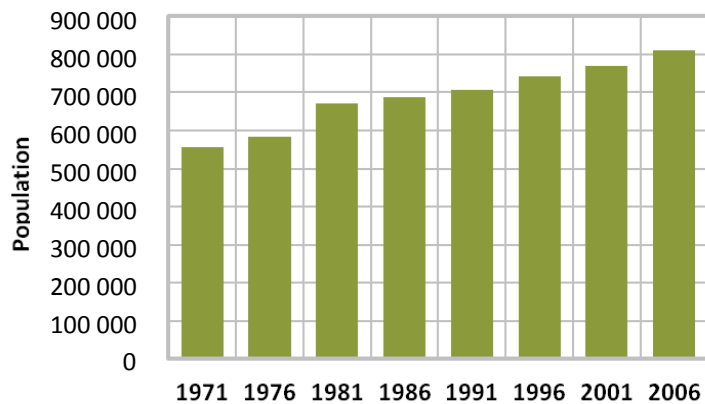


Figure 3. Tendances de la population humaine, écozone⁺ des plaines boréales, de 1971 à 2006.

Source : Statistique Canada, 2000¹⁴ et 2009¹⁵

La population de l'écozone⁺ des plaines boréales a crû de façon constante et a atteint 809 169 habitants en 2006 (Figure 3). La croissance de la population est grandement influencée par le besoin de main-d'œuvre au fur et à mesure qu'augmente la mise en valeur des ressources; par exemple, la population de Fort McMurray s'est agrandie de près de dix fois entre 1971 et 2007 (elle est passée de 6 847 à 64 441)¹⁶.

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

Le Tableau 2. Aperçu des constatations clés. présente les constatations clés à l'échelle nationale du rapport *Biodiversité canadienne : état et tendances des écosystèmes en 2010*⁸ ainsi qu'un résumé des tendances correspondantes dans l'écozone⁺ des plaines boréales. Le numéro des sujets fait référence aux constatations clés nationales dans *Biodiversité canadienne : état et tendances des écosystèmes en 2010*. Les sujets en gris ont été désignés comme des constatations clés à l'échelle nationale, mais ils n'étaient pas pertinents ou n'ont pas été évalués pour l'écozone⁺; ils n'apparaissent pas dans le corps du présent document. Les éléments probants des constatations qui figurent au tableau qui suit sont présentés dans le texte par constatation clé. Voir la **Error! Reference source not found.** à la page **Error! Bookmark not defined.**

Tableau 2. Aperçu des constatations clés.

Thèmes et sujets	Constatations clés : ÉCHELLE NATIONALE	Constatations clés : ÉCOZONE ⁺ DES PLAINES BORÉALES
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, notamment les conifères (42 %), les feuillus (37 %) et la forêt mixte (20 %), couvrent plus de 60 % de l'écozone ⁺ . Entre 1985 et 2005, la forêt a diminué de 3 %, surtout en raison d'une augmentation des incendies. Des terrains boisés ont également été convertis en terres agricoles au cours de cette période. Environ 37 % des forêts est demeuré intact, ce qui représente plus de 100 km ² . Le morcellement forestier découle du développement industriel, tel que le profil sismique, l'exploitation forestière, les voies d'accès pour la mise en valeur du pétrole et du gaz, et la foresterie. La population des oiseaux forestiers est restée stable entre 1971 et 2006.

Thèmes et sujets	Constatations clés : ÉCHELLE NATIONALE	Constatations clés : ÉCOZONE⁺ DES PLAINES BORÉALES
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.	Il existe peu de renseignements sur les prairies indigènes; la plupart d'entre elles dans l'écozone ⁺ ont été converties en terres agricoles. De 1986 à 2002, 15 % des prairies indigènes et des grands pâturages des plaines boréales du Manitoba ont été perdus.
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.	Peu de données étaient disponibles pour l'état et les tendances des milieux humides. Entre 1986 et 2002, 15 % des marais et des tourbières et 10 % des marécages et des tourbières ouvertes des plaines boréales du Manitoba ont disparu.
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.	Le débit des cours d'eau a diminué, les niveaux d'eau sont plus bas et le retrait de l'eau a augmenté dans l'écozone ⁺ . Les principaux pilotes de ces tendances sont les changements climatiques et la mise en valeur du pétrole et du gaz.
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.	Non pertinent

Thèmes et sujets	Constatations clés : ÉCHELLE NATIONALE	Constatations clés : ÉCOZONE⁺ DES PLAINES BORÉALES
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 pertinent
7. 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.	Les données disponibles limitées suggèrent un gel tardif et une débâcle précoce dans certains lacs et certaines rivières en raison d'une augmentation de la température de l'air, en particulier au printemps. Le pergélisol des tourbières de la partie nord de l'écozone ⁺ a dégelé et s'est détérioré.
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.	L'ensemble des aires protégées est passé de 4,0 % en 1992 à 8,0 % en 2009; 7,2 % de l'écozone ⁺ est protégé en vertu des catégories I-IV de l'UICN. Les aires protégées sont menacées par la fragmentation et la perte des habitats des zones environnantes des parcs, les changements climatiques, la surutilisation et les espèces envahissantes.

Thèmes et sujets	Constatations clés : ÉCHELLE NATIONALE	Constatations clés : ÉCOZONE⁺ DES PLAINES BORÉALES
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 tendances dans les initiatives en intendance manquent de documentation. Les organisations privées, comme Conservation de la nature Canada, ont accru leurs avoirs des aires protégées privées au cours de la dernière décennie. Il y a intérêt accru dans l'utilisation des instruments axés sur les forces du marché tels que les compensations en matière de conservation afin d'atténuer les répercussions du développement industriel, et d'encourager l'intendance des valeurs environnementales des terrains privés.
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.	En ce qui touche les espèces envahissantes, aucune surveillance de près à long terme ne se fait, aucune liste à la grandeur de l'écozone ⁺ n'existe et aucune mesure de contrôle n'est en place. Le Alberta Biodiversity Monitoring Institute a décelé 75 espèces de plantes envahissantes dans l'écozone ⁺ des plaines boréales en Alberta. Aussi, la présence d'espèces de poissons envahissants augmente. Les lombrics non indigènes sont répartis çà et là dans l'écozone ⁺ de l'Alberta, et, au cours des 50 prochaines années, leur habitat est prévu s'agrandir, ce qui mènera à des conséquences inconnues.
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 niveaux de contaminants ont dépassé les niveaux de toxicité dans la région des sables bitumineux de l'Athabasca. L'essor continu des centrales à combustion de charbon près du lac Wabamun en Alberta a entraîné une augmentation du taux de concentration de mercure et de métaux traces dans le bassin hydrologique.

Thèmes et sujets	Constatations clés : ÉCHELLE NATIONALE	Constatations clés : ÉCOZONE⁺ DES PLAINES BORÉALES
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.	Les lacs de l'écozone ⁺ des plaines boréales tendent à être naturellement eutrophes et peu profonds, ce qui hausse la sensibilité à la charge en éléments nutritifs. L'azote résiduel du sol des terres agricoles a triplé entre 1981 et 2006, ce qui représente un risque modéré. Le phosphore présent dans le lac Winnipeg, au Manitoba, a augmenté de 30 % entre 1969 et 2007, ce qui quintuple le phytoplancton dans la biomasse moyenne, et entraîne un tournant dans la composition taxinomique des cyanobactéries. Ces augmentations du taux de phosphore sont causées par l'intensification de l'agriculture, le défrichement, le drainage des milieux humides et la rapide croissance de la population humaine.
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.	Des données sur l'ensemble de l'écozone ⁺ n'étaient pas disponibles, bien que les dépôts acides représentent un nouvel enjeu dans cet écozone ⁺ . L'expansion industrielle du pétrole et du gaz menace de faire grimper le taux d'émissions et de dépôts acides, en particulier au nord-ouest de la Saskatchewan, en raison de son emplacement sous le vent et de ses lacs hautement sensibles.
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 des incidences directe et indirecte sur la biodiversité dans les écosystèmes terrestres et dans les écosystèmes d'eau douce et d'eau marine.	La température a augmenté de manière importante dans l'écozone ⁺ , en particulier à l'hiver et au printemps. La profondeur de la neige et la durée d'enneigement ont diminué depuis 1950. Les changements touchant les précipitations ont varié. On prévoit des conséquences écologiques à grande échelle à cause du réchauffement continu lié aux changements des régimes hydrologiques, du biome forestier, de la fonte des tourbières gelées et de l'expansion des espèces vers le nord.

Thèmes et sujets	Constatations clés : ÉCHELLE NATIONALE	Constatations clés : ÉCOZONE⁺ DES PLAINES BORÉALES
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.	<p>L'écozone⁺ offre bon nombre de services d'approvisionnement. L'attribution en eau douce augmente, bien qu'elle soit encore très faible dans les bassins fluviaux contrôlés. La cueillette de bois d'œuvre augmente également. Les populations des espèces que l'on chasse ou que l'on capture sont généralement stables, à l'exception du grizzly et du carcajou. La surpêche entraîne l'effondrement des pêches commerciale et sportive en Alberta; aussi, la pêche commerciale du doré jaune au lac Winnipeg en Alberta connaît un essor sans précédent. La superficie que couvrent les terres agricoles demeure stable, à 24 % de l'écozone.</p> <p>L'écozone⁺ offre également de nombreux services de réglementation. Avec l'augmentation de la température, la forêt boréale pourrait devenir une source de carbone au lieu d'un puits. Les milieux humides, qui purifient et emmagasinent l'eau, ont connu un déclin. Le nombre de visites dans les parcs nationaux est demeuré constant, ce qui témoigne d'une valeur de l'activité humaine pour l'écozone⁺. Les efforts de valorisation des services écologiques dans l'écozone⁺ des plaines boréales ont redoublé.</p>

THÈME : HABITATS, ESPÈCES SAUVAGES ET PROCESSUS ÉCOSYSTÉMIQUES

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.	L'utilisation des terres agricoles, qui couvrent 21 % de l'écozone ⁺ , continue de s'accroître et de s'intensifier. La conversion de la couverture des terres naturelles en terres agricoles découle d'une diminution de la capacité d'habitat sauvage.
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 soit en pleine santé ou encore en plein redressement.	Le nombre d'oiseaux des prairies, de certaines espèces de canards, de caribous boréals, de grizzlys et de bisons a diminué, ainsi que leur aire géographique, dans tout l'écozone ⁺ . Les facteurs responsables du déclin comprennent l'altération de l'habitat, les maladies et les changements dans la dynamique prédateur-proie.
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.	L'indice de végétation par différence normalisée (NDVI) a augmenté de 20,8 % de la superficie entre 1985 et 2006, à la suite d'une augmentation de la production agricole, des changements climatiques (en particulier des précipitations), et des incendies. La charge en éléments nutritifs dans le lac Winnipeg au Manitoba est aussi une conséquence de l'augmentation de la productivité. La productivité a connu un déclin sur moins de 1 % du territoire, déclin attribué à l'activité industrielle entourant les sables bitumineux près de l'Athabasca.

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 constituent une perturbation naturelle d'envergure dans l'écozone ⁺ . La quantité de zones brûlées a atteint un zénith dans les années 1980, puis a diminué. Les tendances sont fortement influencées par les individus par l'extinction et l'allumage d'incendies. Le climat influence également les tendances liées aux incendies. Les vagues d'insectes indigènes font aussi partie des perturbations importantes. Les zones touchées par la tordeuse des bourgeons de l'épinette pourraient augmenter, bien que des données à long terme soient absentes. Le dendroctone du pin ponderosa accroît également sa portée dans l'écozone ⁺ des plaines boréales.
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 cycles de population prédateur-proie du lynx et du lièvre sont connus dans l'écozone ⁺ , mais on en connaît peu sur le sujet. Les populations de caribous boréaux ont connu un déclin à cause de la fragmentation de leur habitat. Plus particulièrement, les caractéristiques linéaires telles que les routes et les profils sismiques associés à la mise en valeur du pétrole et du gaz ont augmenté la vulnérabilité de la prédation du loup envers le caribou.
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.	Le manque de données sur la surveillance de la biodiversité pangouvernementale est réel en ce qui concerne l'écozone ⁺ des plaines boréales. La cueillette de données faite par le Alberta Biodiversity Monitoring Institute améliorera l'établissement de prochains rapports sur la partie albertaine de l'écozone ⁺ . Les couvertures spatiale et taxonomique de l'écozone ⁺ des autres provinces étaient faibles.

<p>22. Changements rapides et seuils</p>	<p>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.</p>	<p>Il existe de nombreux facteurs de stress pouvant entraîner des changements rapides et irréversibles aux écosystèmes des plaines boréales; par contre, peu d'exemples sont explicites. De ces facteurs, on nomme l'épidémie de choléra aviaire chez les cormorans à aigrette, la poussée de tordeuse de bourgeons à épinette au nord de l'Alberta en 2005, le déclin de caribous boréals et les changements de leur dynamique prédateur-proie causés par le développement industriel, et la fonte du pergélisol.</p>
--	---	--

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.

Soixante-deux pour cent de l'écozone⁺ des plaines boréales s'est classée en tant que forêt¹³. Le passé indique que des perturbations naturelles fréquentes et d'envergure telles que les incendies, les foisonnements d'insectes et le vent ont forgé la structure forestière de cet écozone⁺. Toutefois, l'expansion agricole, l'exploitation forestière et un développement industriel accru ont augmenté la fragmentation des forêts des plaines boréales et en ont réduit sa portée.

Type de peuplement forestier

Selon l'Inventaire forestier du Canada 2001, 42 % des forêts de l'écozone des plaines boréales sont des conifères, des feuillus à 37 % et une forêt mixte à 20 %¹⁷. La forêt mixte est composée d'espèces de conifères (p. ex., d'épinette noire (*Picea mariana*), d'épinette blanche (*P. glauca*) ou de pin gris (*Pinus banksiana*)), et d'espèces de feuillus (p. ex., de peuplier faux-tremble (*Populus tremuloides*)). La forêt mixte présente des espèces riches¹⁸, comme la forêt mixte du centre de l'Alberta¹⁹, et est productive à la vie sauvage, comme la forêt mixte en zone sèche²⁰.

Étude de cas : la santé du peuplier faux-tremble

Le peuplier faux-tremble est l'espèce de feuillus le plus abondant présent dans l'écozone⁺ des plaines boréales, et l'arbre le plus important dans la zone de transition entre la forêt boréale et la prairie²¹. Il fait l'objet d'une demande commerciale de plus en plus forte; en 2006, le peuplier faux-tremble comptait pour 86 % du bois dur et 31 % de la récolte du bois totale (m³) en Colombie-Britannique et en Alberta.

L'initiative de recherche *Impacts du climat sur la productivité et la santé du peuplier faux-tremble* découle de préoccupations sur les changements climatiques, du dépérissement récent du peuplier (défini comme mort des arbres progressive, qui commence généralement par les racines, les pousses et l'extrémité des branches), et une croissance moindre du peuplement des peupliers²². Afin de mieux comprendre la santé et la productivité du peuplier, les chercheurs ont déterminé les tendances de sa croissance par rapport à l'analyse dendrochronologique, sur 24 sites de l'ouest intérieur du Canada, dont 15 se trouvaient dans les plaines boréales. Ils ont constaté que la sécheresse et la

défoliation causée par les insectes ont entraîné deux cycles de croissance amoindrie entre 1951 et 2000 (Figure 4). Le dépérissement indiqué dans une étude semblable sur le peuplier menée près de Grande Prairie en Alberta a été causé par des ravageurs secondaires et des champignons pathogènes dans les arbres déjà touchés par la défoliation causée par les insectes et la sécheresse, de concert avec des cycles gel-dégel lors des années de neige légère²³. Les prochains changements climatiques augmenteront la fréquence des cycles de sécheresse et de défoliation causée par les insectes, ce qui entraînera un dépérissement plus important, une diminution de la productivité et une diminution de l'absorption du gaz carbonique²³.

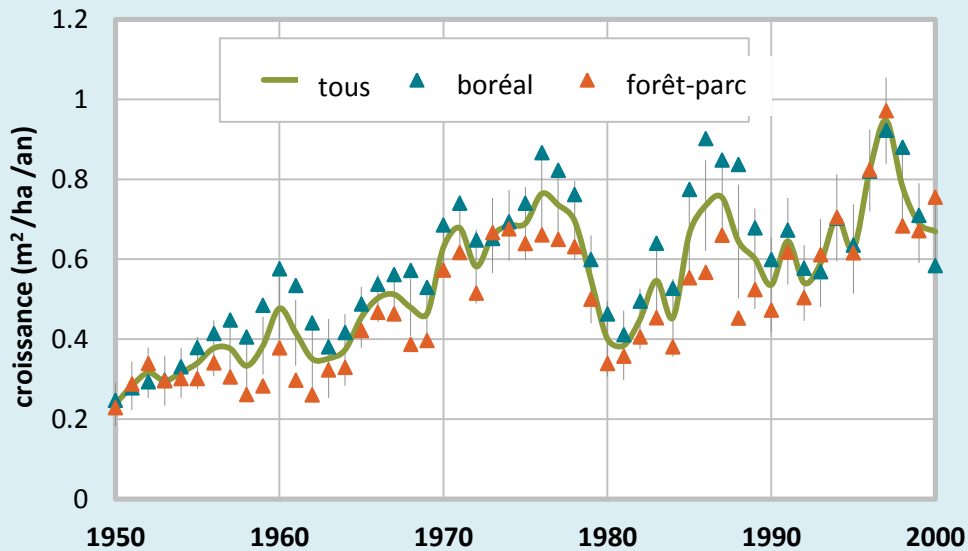


Figure 4. Tendances dans la croissance moyenne du peuplement du peuplier dans l'ouest intérieur canadien.

Fondées sur l'analyse dendrochronologique des disques recueillis à 1,3 m de 432 souches jouxtant la position graphique des zones boréale et des prairies (les symboles indiquent une moyenne de la croissance estimée de 36 peupliers à l'intérieur de 12 secteurs d'études dans chacune des zones).

Les barres d'erreur représentent des intervalles de confiance à 95 %, selon la variation enregistrée parmi les 24 zones d'études. La croissance est exprimée en accroissement annuel dans la coupe transversale de la souche et est fondée uniquement sur les peupliers vivants en 2000 (la croissance est sous-estimée dans les premières années de l'étude).

Source : d'après Hogg et coll., 2005²²

Étendue

La couverture forestière est le type de couverture terrestre le plus courant (62 %) dans l'écozone⁺ des plaines boréales (Figure 2, Figure 5)¹³. Par contre, la couverture forestière a reculé de 3 % (11 000 km²) entre 1985 et 2005 à cause des incendies, de la conversion des forêts en terres agricoles et de la mise en valeur du pétrole et du gaz¹³. De 1985 à 2005, la zone des cicatrices de feu de l'écozone⁺ des plaines boréales a augmenté de 357 %, passant de 2 099 à 9 590 km²¹³. La régénération naturelle doit entraîner le recouvrement évolutif de ces zones brûlées vers une couverture forestière^{13, 24}. Toutefois, la conversion des forêts vers d'autres types de couverture se produit également. Environ

5 020 km² sont passés de terres forestières à terres agricoles, en particulier celles qui longent la périphérie sud et la région de la rivière de la Paix (Figure 6) (voir la section sur la capacité de l'habitat sauvage en page 54 pour de l'information sur l'impact de cette perte sur la biodiversité)¹³. Plus récemment, l'exploration et la mise en valeur du pétrole et du gaz conventionnels ainsi que du bitume en Alberta et en Colombie-Britannique contribuent à la déforestation dans l'écozone⁺ des plaines boréales²⁵. Par exemple, sur une superficie de 3 906 km² à l'intérieur du territoire occupé par les sables bitumineux de l'Athabasca, 21 % (soit 810 km²) de la végétation, composée essentiellement de la forêt, a été rasée depuis 1984, et ce, au profit de la mise en valeur du gaz et du pétrole²⁶.

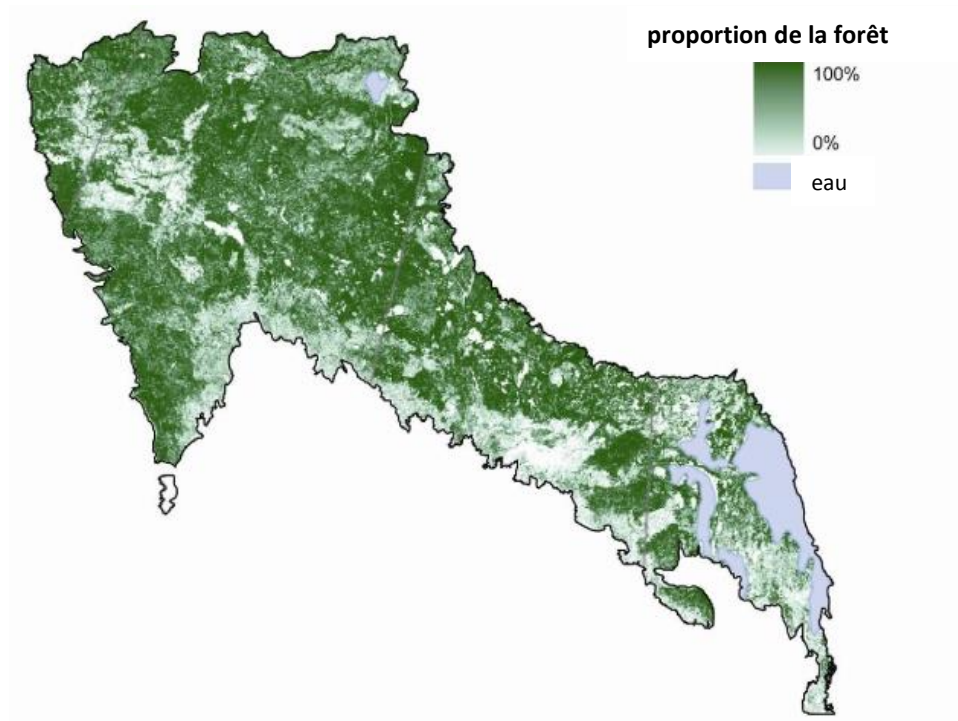


Figure 5. Densité de la forêt dans l'écozone⁺ des plaines boréales, telle que déterminée par télédétection, 2000.

La densité de la forêt est calculée comme la proportion de pixels présentant une région boisée (résolution de 30 m) à l'intérieur de chaque unité de 1 km². La forêt est classée comme > 10 % de la couverture arborée.

Source : adapté de Wulder et coll., 2008²⁷ par Ahern, 2011¹³

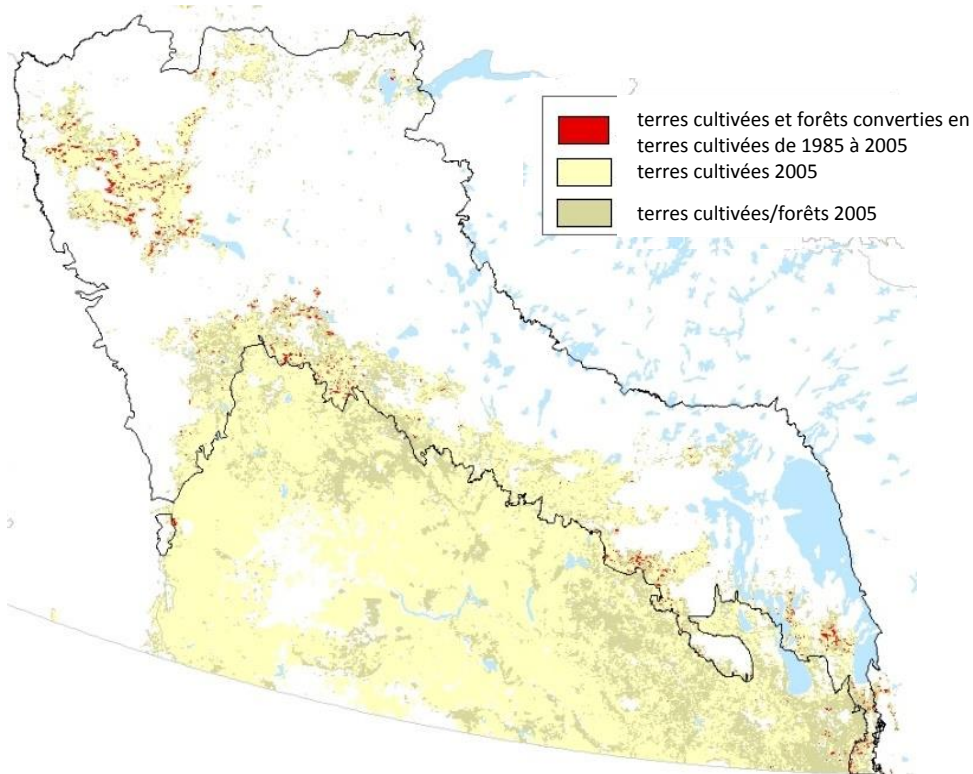


Figure 6. Conversion de terres agricoles ou forestières en terres agricoles, entre 1985 et 2005, dans l'écozone⁺ des plaines boréales.

Source : adapté de Latifovic et Pouliot, 2008²⁸ par Ahern, 2011¹³

Intégrité

L'intégrité des écosystèmes forestiers de l'écozone⁺ des plaines boréales a été évaluée de deux façons différentes. Global Forest Watch Canada a mesuré la proportion de reliefs forestiers non perturbés et libres de tout impact humain visible, d'une taille d'au moins 50 km², et reculés d'au moins 500 m par rapport à l'activité humaine perturbatrice connue (la largeur de la marge varie selon le type de perturbation humaine)²⁹. Selon cette définition, la portée des reliefs forestiers intacts de l'écozone⁺ des plaines boréales était de 37 % en 2002 (Figure 7). L'Alberta Biodiversity Monitoring Institute (ABMI) a mesuré l'intégrité de la partie albertaine de l'écozone⁺ des plaines boréales en comparant la zone observée couverte par la forêt ancienne par rapport à la zone de forêt ancienne sans croissance prévue. Dans l'ensemble, la forêt ancienne était intacte à 92 % (c.-à-d. que la forêt ancienne couvre 8 % de moins de la zone que ce qui était prévu)³⁰.

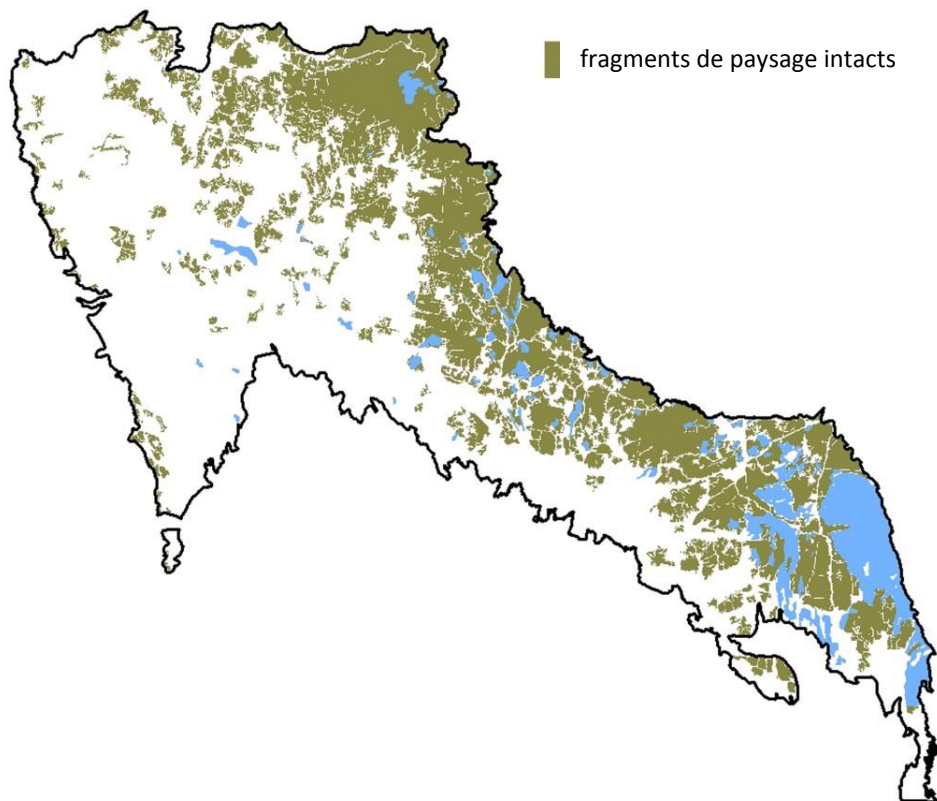


Figure 7. Parcelles de paysages forestiers intacts plus grandes que 100 km² dans l'écozone⁺ des plaines boréales, 2006.

Une parcelle de paysage forestier 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, un marais, de l'eau, de la toundra et des affleurements rocheux.

Source : Lee et coll., 2006³¹

Étude de cas : Intégrité d'une forêt ancienne dans la zone de gestion forestière de l'Alberta-Pacifique

L'Alberta Biodiversity Monitoring Institute a mesuré l'intégrité de l'habitat et l'empreinte écologique de l'homme sur la zone de gestion forestière de l'Alberta-Pacifique (Al-Pac). Cette zone s'étend sur 57 331 km²³⁰, et constitue jusqu'à 9,5 % de l'écozone⁺ des plaines boréales dans le nord-est de l'Alberta³². La forêt ancienne dans la zone de gestion forestière de l'Al-Pac est intacte à 92 %. Autrement dit, elle occupe 92 % de la superficie qu'elle serait censée occuper s'il n'y avait pas d'impacts d'origine humaine (Figure 8). L'indice d'empreinte écologique montre que l'influence humaine est évidente dans 7 % de la zone de l'Al-Pac. La majeure partie de l'empreinte écologique de l'homme est causée par l'exploitation forestière, les infrastructures énergétiques et le transport. La moitié de l'empreinte écologique de l'homme sur la forêt a été créée durant les dix dernières années³⁰.

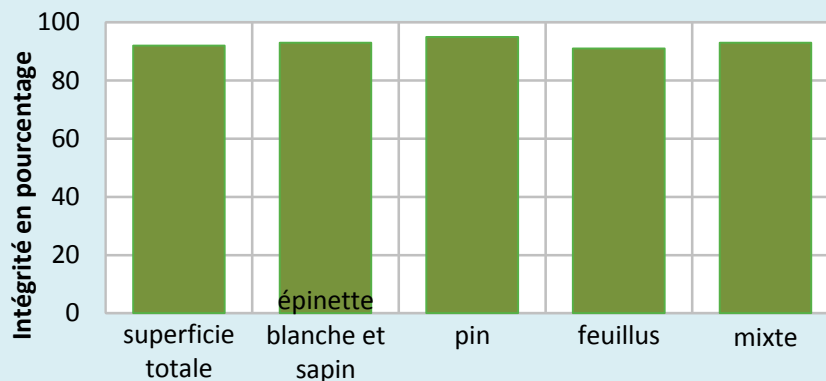


Figure 8. Intégrité (écart relatif des conditions observées provenant de l'intégrité prévue sous des conditions inexploitées) de la forêt ancienne dans la zone de gestion forestière de l'Alberta-Pacifique.

Le type d'habitat et l'intégrité de 142 sites ont été déterminés à l'aide des données du SIG du Provincial Alberta Vegetation Inventory.

Source : adapté du Alberta Biodiversity Monitoring Institute, 2009³⁰

Modification des forêts de fin de succession en forêts au stade pionnier

Comme pour les autres écozones⁺, il y a eu modification de la structure des classes d'âge des forêts, des plus anciennes aux plus jeunes dans l'écozone⁺ des plaines boréales³³. Par exemple, le pourcentage de la partie de la forêt boréale de l'Alberta qui était âgée de plus de 120 ans a chuté de 28 % en 1991 à 17 % en 1999²⁴. Les données obtenues par télédétection de l'Alberta Biodiversity Monitoring Institute fournissent une indication sur la distribution de la classe d'âge actuelle des forêts aménagées et non aménagées de l'écozone⁺ des plaines boréales en Alberta (Figure 9). Plus de 50 % des forêts non aménagées sont âgées d'au moins 80 ans. En revanche, plus de 50 % des forêts aménagées ont entre 11 et 30 ans. La perte des classes d'âge plus vieilles, en particulier de l'épinette, demeure une préoccupation pour la biodiversité²⁴. Par exemple, un tiers des oiseaux élevés en forêt boréale ancienne est habitué à la forêt ancienne³⁴. La perte de la forêt ancienne a un impact négatif sur ces spécialistes de la forêt ancienne, en

particulier sur les résidents pérennes, moins nombreux que les migrateurs et plus souvent sensibles à la perte d'habitat³⁴.

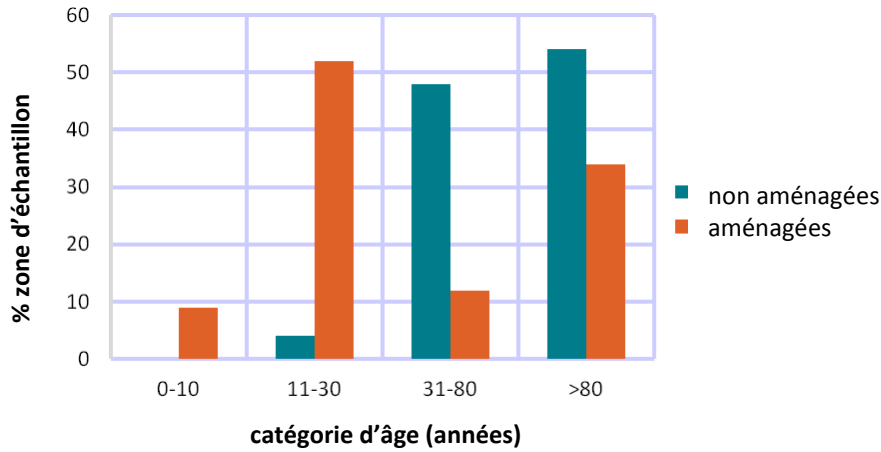


Figure 9. Distribution de la classe d'âge actuelle des forêts aménagées et non aménagées, 2008. Résumé d'après 517 sites d'échantillon de paysages systématiques d'une superficie de 32 km² de l'Alberta Biodiversity Monitoring Institute avec couverture complète (couverture dérivée du Alberta Vegetation Inventory). Zones aménagées et non aménagées totalisant 7 963 km² et 62 km², respectivement.

Source : adapté du Alberta Biodiversity Monitoring Institute par Haughland, 2008³³

Le corollaire de l'intégrité est la fragmentation. La fragmentation dans l'écozone⁺ des plaines boréales est causée par des processus naturels (p. ex., les incendies, l'invasion d'insectes) et l'activité humaine (p. ex., les routes, les profils sismiques, la foresterie)^{35, 36}. Les forêts de l'écozone⁺ des plaines boréales se fragmentent de plus en plus, en particulier dans la moitié sud de cette écozone⁺, là où se concentre l'activité humaine en grande partie (Figure 7). La fragmentation de la forêt touche les schémas forestiers de trois façons distinctes : elle réduit la superficie forestière, augmente l'isolement des vestiges de la forêt et crée des lisières.¹³ Leurs conséquences sur la biodiversité sont complexes et dépendent des espèces^{34, 37 38 39 40 41 42}. Parmi les exemples se trouvent le déclin des migrateurs néotropiques et des oiseaux résidents, qui ont besoin d'un habitat en forêt boréale intérieure^{43,34}, le déclin des espèces qui ont besoin de grands espaces comme le grizzly et le caribou, l'augmentation des espèces qui préfèrent explorer le long des lisières comme l'original, une exposition accrue des espèces forestières intérieures aux prédateurs et aux parasites³⁴, la perturbation de la structure sociale de certaines espèces⁴⁴, et des obstacles aux mécanismes de dispersion⁴⁵.

Prairies

Constatation clé à l'échelle nationale

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.

L'écozone⁺ des plaines boréales, bien que grandement couverte par la forêt, comprend les écosystèmes des pâturages naturels en zone sèche; toutefois, il reste peu de ces pâturages aujourd'hui. Dans le passé, de vastes prairies naturelles poussaient dans l'écorégion de transition boréale, de même qu'à la périphérie sud de l'écozone⁺ et dans l'écorégion des basses-terres de la rivière de la Paix, situées dans l'ouest de l'écozone⁺. Le peuplement et le développement agricole à la fin des années 1800 et au début des années 1900 ont entraîné la conversion de la plupart de ces zones à l'agriculture, et sont actuellement entretenues d'abord comme terres cultivées et de meilleurs pâturages¹⁹.

Il existe peu de données sur l'étendue et les tendances des prairies naturelles de l'écozone⁺ des plaines boréales. Au Manitoba, les prairies et le parcours naturel de l'écozone⁺ ont diminué de 15 % entre 1986 et 2002. Consultez également la section « Paysages agricoles comme habitat » en page 52.

Milieus 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 rétablis ou sont en cours de rétablissement.

Les milieux humides sont des plans d'eau composés entre autres de marécages, de marais et de tourbières, hautes ou basses, et représentaient en 2005 une superficie de 108 300 km², soit environ 15 % de la superficie totale de l'écozone⁺ des plaines boréales¹⁷. Alors que les données sur les tendances dans la majorité de l'écozone⁺ sont quasi absentes, les milieux humides disparaissent un peu partout dans la région. Par exemple, une comparaison de l'imagerie Landsat de la couverture terrestre entre 1986-1992 et 2000-2002, sur une région faisant 46 975 km² des plaines boréales du Manitoba, a indiqué une contraction des plans d'eau, des marais et des tourbières basses. Ces images représentaient une perte d'environ 15 % des marais et des tourbières basses, et d'environ 10 % des tourbières arborées et ouvertes dans cette zone⁴⁶. En Saskatchewan, les milieux

humides de la zone de transition boréale ont connu un déclin de 5 % entre 1985 et 2001; seulement 52 % de ces milieux observés sont considérés non utilisés par les humains⁴⁷.

Dans la région albertaine de l'écozone⁺, l'habitat des milieux humides est généralement constitué de tourbières (tourbières basses, tourbières ombrotrophes et conifères en milieu marécageux). La perte et la dégradation des milieux humides de cette région est un phénomène relativement récent à cause de l'activité liée au pétrole et au gaz conventionnels, de la mise en valeur des sables bitumineux et des activités d'exploitation forestière⁴⁸. Bien que la portée de la perte des milieux humides ne soit pas bien connue, les impacts cumulatifs peuvent s'avérer considérables étant donné le taux d'activité industrielle dans la région⁴⁹. En mars 2008, 244 km² de milieux humides (0,2 % de couverture humide de l'écozone⁺) sont disparus à cause des activités industrielles de la région des sables bitumineux de l'Athabasca⁵⁰.

En plus du développement industriel, les changements climatiques ont aggravé les conséquences de cette écozone⁺. En général, les températures ont augmenté et les précipitations de neige ont décliné depuis 1950⁵¹. Les milieux humides sont sensibles aux augmentations de température et aux changements liés aux précipitations; les petits milieux humides et les milieux humides saisonniers le sont plus particulièrement puisqu'ils sont vulnérables à l'augmentation d'évaporation et à la diminution d'apport d'eau par les précipitations.

Étude de cas sur le delta des rivières de la Paix et Athabasca

Le delta des rivières de la Paix et Athabasca, avec ses 5 000 km² et plus, est l'un des deltas intérieurs d'eau douce les plus vastes au monde⁵². Il a été nommé zone humide d'importance internationale Ramsar et zone importante internationale pour la conservation des oiseaux. La plupart des deltas reposent dans le parc national du Canada Wood Buffalo, un site du patrimoine mondial. Son réseau de distribution d'eau est alimenté par de nombreux facteurs, mais il dépend grandement des crues printanières sporadiques causées par les embâcles glaciaires^{53,54}. Une fois le delta rechargé par ces crues, de nombreuses années peuvent se passer avant qu'il ne s'assèche⁵⁵. Le climat du delta, son hydrologie et sa végétation varient grandement^{56,57}. Bon nombre de ces bassins adjacents aux lacs et aux rivières ont des liens limités, comme une entrée de manche juchée ou une digue. Au plan hydraulique, les bassins intérieurs du principal système de circulation sont isolés. On appelle bassins juchés les types restreints ou isolés. La variation du niveau d'eau des bassins juchés ne dépend pas du principal système de circulation, sauf lors d'embâcles épisodiques⁵⁸.

Le débit de la rivière de la Paix est régulé depuis 1968 par le barrage W.A.C Bennett en Colombie-Britannique. La régulation du débit a réduit la fréquence, la durée et l'ampleur des contributions à l'écoulement de la rivière de la Paix au delta pendant l'été⁵⁹, et a réduit la fréquence des inondations causées par les embâcles au printemps⁶⁰. Les préoccupations publiques à la suite de la construction du barrage a entraîné la construction de déversoirs afin d'émuler les montées d'eau, et on a procédé à une modification des émissaires des barrages afin d'augmenter les crues des embâcles du delta⁶¹.

En plus de la régulation du débit hydrologique, les changements climatiques et ses variabilités influencent également l'hydrologie du delta; des conditions plus chaudes et plus sèches ont entraîné un assèchement précoce des milieux humides perchés du delta, ce qui nécessite alors une recharge plus fréquente provenant de la rivière de la Paix et de la formation de la glace épaisse en hiver afin de causer des embâcles glaciaires^{60,62,63,64,65}. À la suite de la régulation, seulement quatre embâcles majeures ont eu lieu sur la rivière de la Paix, et la diminution des inondations qui s'est ensuivi, ainsi qu'un assèchement plus important, ont mené à des réductions de l'habitat des milieux humides⁶⁶. On prévoit une réduction continue de la fréquence des embâcles, une saison glaciaire plus courte et une glace plus mince à l'hiver au cours du prochain siècle⁶⁵. De plus, le delta fait face à du stress provenant de nombreuses installations de mise en valeur, dont la foresterie, l'agriculture, les barrages hydroélectriques et les sables bitumineux⁵⁶. La contamination est une préoccupation tant écologique que de santé humaine et la collectivité de Fort Chipewyan, là où les concentrations de contaminants tels que l'arsenic, le mercure et les acides p-aminohippuriques semblent augmenter^{67,68}.

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.

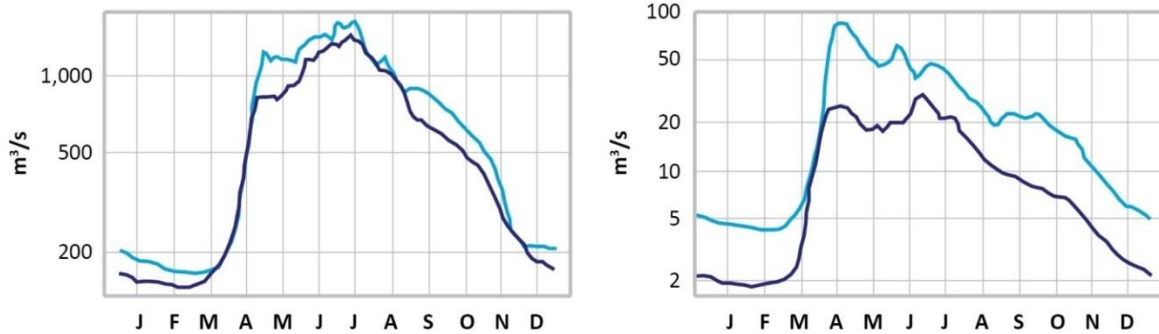
La région de l'écozone⁺ des plaines boréales au relief relativement plat comporte plusieurs grands réseaux hydrographiques et des milliers de lacs reliés entre eux. La région s'écoule dans trois principaux bassins hydrographiques : vers l'est dans le fleuve Nelson, vers le nord-est dans la baie d'Hudson et vers le nord dans le Grand lac des Esclaves (Figure 20 dans la constatation clé sur la **Error! Reference source not found.**). Les grands lacs qui chevauchent la frontière de l'écozone⁺ sont le lac Winnipegosis, le lac Winnipeg et une partie du lac Manitoba. Les tendances relatives aux lacs et rivières de l'écozone⁺ des plaines boréales comprennent une diminution du débit des cours d'eau et des niveaux d'eau, et une augmentation de la répartition de l'eau. Les principaux pilotes de ces tendances sont les changements climatiques et la mise en valeur industrielle.

Impacts des changements climatiques : débits de cours d'eau, température et niveaux d'eau

La diminution de la quantité d'eau douce prévue dans les modèles sur les changements climatiques pourrait être l'effet le plus grave et le plus imminent du réchauffement climatique⁶⁹. Bien que l'on prévoit des précipitations plus fréquentes dans les provinces des Prairies, elles ne pallieront pas à la taille grandissante de l'évaporation prévue avec les températures élevées. Les rivières des provinces des Prairies proviennent des Rocheuses, dont de nombreuses rivières dans la partie ouest de l'écozone⁺ des plaines boréales; ces rivières reposent sur le profond manteau neigeux et la fonte glaciaire pour maintenir l'écoulement. Comme les glaciers reculent et le manteau neigeux diminue, les nappes phréatiques et l'écoulement de surface vers ces rivières s'affaibliront également et contribueront à abaisser le flux. Des volumes d'eau moins importants dans les rivières et les lacs entraîneront une diminution de l'eau pour usage humain et des concentrations en nutriments plus élevées. La charge en éléments nutritifs peut donner lieu à une plus grande prolifération d'algues et une augmentation des pathogènes d'origine hydrique, ce qui peut porter atteinte à l'écosystème et à l'eau potable⁷⁰.

La surveillance de l'écoulement fluvial entre 1961 et 2003 de 21 stations hydrométriques des plaines boréales indique que de nombreux cours d'eau de l'écozone⁺ subissent une diminution du débit.⁵⁷ Par exemple, les flux sont plus faibles dans la rivière Athabasca et la rivière Beaver (Figure 10), avec une diminution de 30 % relative au débit médian pour tous les mois de l'année sauf le mois d'avril. Ces écoulements moindres correspondent à

des températures plus chaudes et moins de précipitations au cours de la même période de temps^{51,71}, et moins de précipitations ont été observés entre 1900 et 2003 dans tout l'écozone⁺. Des changements dans la synchronisation et l'ampleur de la crue printanière (inondation par rejet des eaux causée par la fonte printanière) se sont produits dans la rivière Beaver, où le rejet a culminé en avril dans le passé et, bien qu'il y ait encore zénith en avril, une autre culmination se produit à la mi-juin (Figure 10). D'autres études qui se concentrent sur les dynamiques d'écoulement fluvial du réseau hydrographique Paix-Athabasca corroborent ces tendances observées. Le débit estival moyen (de mai à août) de la rivière Athabasca a diminué de 20 % entre 1958 et 2003 (Figure 12)⁷⁰, et, contrairement à la rivière Beaver, la crue printanière s'est produite plus tôt dans les bassins hydrologiques Paix-Athabasca au fil du temps (1960-2005).⁶²



a) Rivière Athabasca

b) Rivière Beaver

Figure 10. Débit mensuel de l'eau entre 1961 et 1982 (bleu pâle) et 1983 et 2003 (bleu foncé) de deux rivières représentatives de l'écozone⁺ des plaines boréales.

Source : Cannon et coll., 2011⁷¹

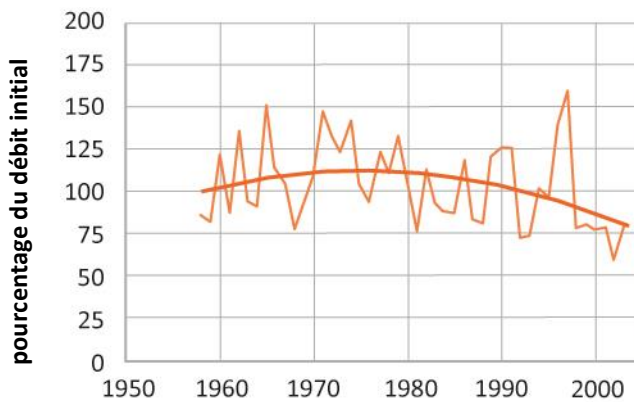


Figure 11. Changement relatif à long terme du débit estival (de mai à août) de l'écoulement de la rivière Athabaska à Fort McMurray, Alberta.

Source : Schindler et Donahue, 2006⁷⁰

L'augmentation de la température dans les provinces des Prairies⁵¹ a probablement fait augmenter le taux d'évaporation des lacs des prairies, ce qui fait diminuer les niveaux d'eau et augmenter la salinité par évapoconcentration⁷². Les changements en matière de niveau d'eau et de salinité peuvent avoir des conséquences considérables sur la biocénose des lacs, en particulier sur la diversité du phytoplancton et du zooplancton, sensibles aux changements salins⁷³. Bien qu'il n'existe pas de tendances disponibles sur les niveaux de l'eau et la salinité des lacs pour la grandeur de l'écozone⁺, des preuves montrent que des changements sont en cours. Par exemple, une plus grande salinité, corrélée à une augmentation de la température (et associée à l'évaporation) et à la diminution des précipitations, est indiquée dans deux lacs du centre de la Saskatchewan au cours des 75 dernières années⁷². Ces augmentations de la salinité ont probablement causé une perte de 30 % de la diversité macrobenthos au cours de la même période de temps. Les niveaux d'eau ont diminué depuis les années 1960 dans plusieurs lacs en bassin fermé de la région semi-aride des Prairies du Canada, de laquelle trois se trouvent dans l'écozone⁺ des plaines boréales (Figure 12)⁷⁴. Bien que les changements de l'utilisation du sol jouent un rôle dans les niveaux des lacs, les températures, en particulier l'augmentation des températures au printemps, sont les principaux pilotes du déclin des niveaux d'eau de cette zone⁷⁴.

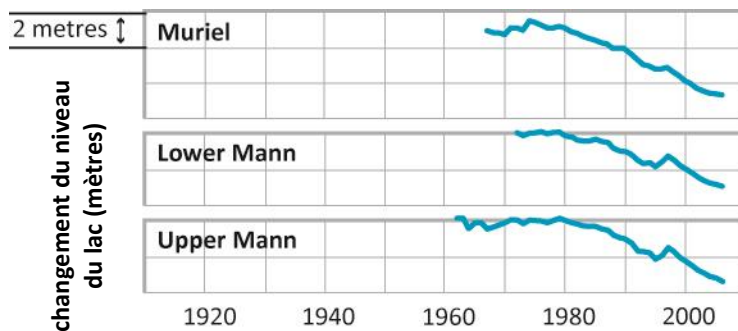


Figure 12. Données sur le niveau d'eau des lacs Muriel, Lower Mann et Upper Mann, Alberta. Source : Van der Kamp et coll. (2008)⁷⁵.

Stress hydrique

Un nombre croissant d'activités humaines menace les lacs et les rivières du Canada^{76,77}, y compris les installations de régulation des eaux comme les barrages^{e.g. 78}; l'utilisation de l'eau et sa répartition^{e.g. 79}; la contamination chimique qui touche la qualité de l'eau et les changements climatiques¹ (dont il est question plus haut).

Barrages

Les installations de régulation des eaux constituent l'une des plus grandes menaces des écosystèmes d'eau douce car elles mènent à une discontinuité et à une fragmentation de l'habitat, ainsi qu'à un changement du débit de l'eau^{80,81}. Quatorze grands barrages (>10 m de hauteur) ont été construits dans cette écozone⁺ entre 1950 et 1990⁸². Le barrage

WAC Bennett sur la rivière de la Paix est sans doute le plus connu et le plus controversé qui affecte cette écozone⁺. Aucune donnée sommaire de la tendance ni de l'état de l'écozone⁺ n'existe sur les dérivations des barrages et de leurs cours d'eau; toutefois, des données des organismes provinciaux de l'énergie sur les projets hydroélectriques pourraient être compilées pour de futurs rapports.

Utilisation de l'eau et sa répartition

Dans l'écozone⁺ des plaines boréales, la quantité d'eau allouée à l'utilisation humaine était en augmentation en 2006, bien qu'encore en-deçà de 1 % du débit annuel moyen des bassins des rivières de la Paix et du Grand lac des Esclaves en Saskatchewan, de la rivière Saskatchewan nord en Saskatchewan, et de la rivière Churchill au Manitoba^{83,84}. En 2006, 4 % du débit annuel moyen du bassin de la rivière Athabasca était alloué à l'utilisation humaine, principalement pour la mise en valeur du pétrole et du gaz et du commerce (Figure 13)⁸⁴. L'exploitation à ciel ouvert des sables bitumineux, le drainage par gravité au moyen de vapeur et la production de pétrole classique reposent largement sur les gains d'eau tirés des ressources en eau douce comme les rivières⁸⁵. Le développement continu dans la région des sables bitumineux en Alberta, combiné aux changements climatiques, peut compromettre la sécurité en approvisionnement en eau du bassin de la rivière Athabasca à l'avenir⁸⁶.

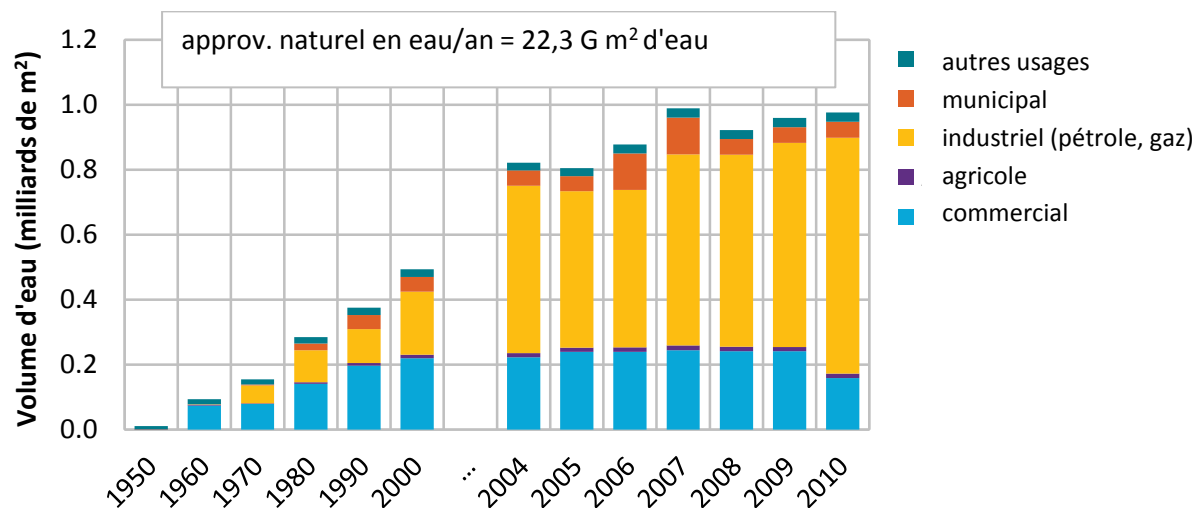


Figure 13. Allocation sectorielle de l'eau du bassin de la rivière Athabasca, 1950–2010. Source : Alberta Environmental Protection, 2006,⁸⁴ mis à jour par M. Seneka (avril 2012)

Qualité de l'eau

La qualité de l'eau des lacs et des rivières peut se mesurer en examinant la quantité de métaux, de nutriments, de bactéries (coliformes fécaux) et de pesticides dans un plan d'eau. Des changements dans la qualité de l'eau peuvent se produire lorsque les nutriments ou les agents polluants, ou les deux, sont ajoutés par le ruissellement

agricole, l'effluent d'eau usée, les émissions d'air qui sont déposés plus tard sur le terrain, et les déchets industriels. Les données sur l'état et les tendances à la grandeur de l'écozone sur la qualité de l'eau n'étaient pas disponibles; toutefois, veuillez consulter la section sur la **Error! Reference source not found.** en page **Error! Bookmark not defined.** pour comprendre les conséquences de la charge des éléments nutritifs et de ses effets sur les lacs et les rivières de l'écozone⁺ des plaines boréales. En général, l'apport en nutriments provenant de l'agriculture augmente, surtout dans le drainage de la rivière Rouge, qui influence la fréquence de la prolifération des algues dans le lac Winnipeg, au Manitoba. Les données servant à évaluer les tendances dans les contaminants chimiques des écosystèmes des rivières et des lacs de l'écozone⁺ sont rares⁸⁷. Les données locales indiquent que la quantité de contaminants augmente dans certaines zones; la section sur les

Contaminants en page 38 couvre une discussion plus détaillée sur les contaminants dans l'écozone⁺.

Constatation clé 7

Thème Biomes

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.

La couverture de glace joue un rôle fondamental dans la structure des écosystèmes d'eau douce^{88 89 90 91 92} et peut causer des changements directs et indirects au régime hydrologique des lacs et des rivières (par exemple, consulter Étude de cas sur le delta des **rien** page 23). Par conséquent, ces changements influent sur les processus biotiques et abiotiques des écosystèmes aquatiques⁷⁷. Les données disponibles laissent entendre que la saison des glaces raccourcit dans l'écozone⁺ des plaines boréales. Le pergélisol décline également, et a complètement fondu à l'extrémité sud de son étendue historique^{82,83}.

Glace lacustre et fluviale

Malgré l'importance de la formation de la glace dans les écosystèmes d'eau douce (examiné dans Prowse et Culp, 2003)⁷⁷, les données sur la surveillance biologique à long

terme au cours de la saison des glaces étaient rares à l'échelle de l'écozone⁺ et peu de tendances étaient disponibles. Six lacs de l'écozone⁺ des plaines boréales avaient tendance à geler tardivement entre 1970 et 2005, mais cette tendance n'était notable que pour le lac Churchill en Saskatchewan. Le gel du lac Churchill s'est produit 0,5 jour plus tard par année entre 1970 et 1985, totalisant 10 jours plus tard après 25 ans⁹³. Le gel s'est produit de 12 à 13 jours plus tard sur la rivière Rouge au Manitoba, au XX^e siècle, comparativement au XIX^e siècle^{94,95}. Finalement, le gel sur le lac Athabasca en Alberta s'est produit 1,25 jour plus tard par année entre 1965 et 1990, pour une différence de plus de 30 jours⁹⁶.

La saison des glaces se modifie aussi car la glace a tendance à se casser plus tôt. Entre 1961 et 1990, l'arrivée de la débâcle des glaces s'est produite beaucoup plus tôt sur le lac de l'Ours et le Petit lac des Esclaves, en Alberta⁹⁶. Ces bris de glace précoces se sont poursuivis, bien que de façon non significative, entre 1971 et 2000⁹⁶. La débâcle des glaces s'est produite 10 jours plus tôt sur la rivière Rouge au Manitoba, au cours du XX^e siècle, comparativement au XIX^e siècle⁹⁶. Sur le lac Winnipeg, toujours au Manitoba, aucune tendance dans le bris de glace ne ressort avant 1970, mais depuis cette année-là, la glace s'est brisée plus tôt dans l'année (Figure 14)⁹³. Ces tendances sont cohérentes avec l'augmentation des températures annuelles depuis 1950, plus particulièrement au printemps (voir la section sur les

Changements **cl** en page 49).

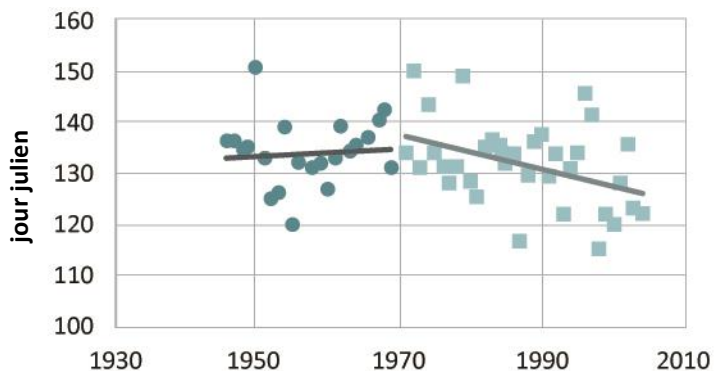


Figure 14. Tendence de la débâcle des glaces avant (cercles bleu foncé) et après (carrés bleu pâle) 1970 sur le lac Winnipeg, au Manitoba.

Source : Latifovic et Pouliot, 2007⁹⁷

Pergélisol

Les étendues du nord de l'écozone⁺ des plaines boréales se trouvent dans la zone de pergélisol sporadique du Canada (Figure 15). En 2003, on a estimé à 37,5 % des terres couvertes par les hauts marais et à 9,1 % des terres couvertes par les tourbières basses

des effets localisés du pergélisol (tourbières gelées) dans l'écozone⁺ des plaines boréales⁹⁸. Toutefois, au cours du dernier siècle, le pergélisol a complètement dégelé ou a rétréci à certains endroits, en particulier à la limite sud de la zone de pergélisol^{98, 99}. Par exemple, de 32 à 70 % des terrains de pergélisol en Alberta se sont dégradés au cours des 100 à 150 dernières années^{98, 99}. Dans le nord du Manitoba, dans l'écozone du bouclier boréal avoisinant, l'analyse des anneaux de croissance des arbres a révélé que le dégel du pergélisol des tourbières boréales a considérablement accéléré (de 200 à 300 %) entre 1995 et 2002, par rapport aux taux entre 1941 et 1991⁸⁴.

zones du pergélisol

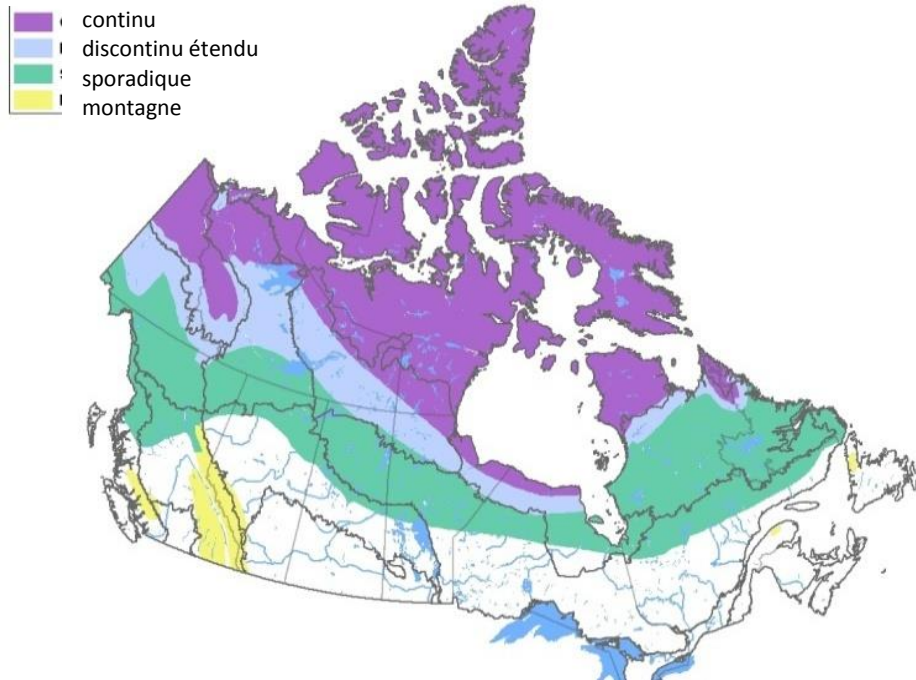


Figure 15. Carte du pergélisol au Canada.
Source : d'après Heginbottom, 1995¹⁰⁰

La fonte du pergélisol pourrait avoir plusieurs conséquences écologiques graves. On s'attend à ce que la profondeur du dégel du pergélisol poursuive son accélération avec l'augmentation des températures de l'air, ce qui réduira davantage l'ampleur du pergélisol sur tout le territoire de l'écozone⁺ des plaines boréales¹⁰¹. La diminution prévue du pergélisol entraînera davantage d'émissions de méthane¹⁰², l'emménagement net du carbone dans la mousse de tourbe, et une perte de la diversité des plantes des milieux humides où les tourbières du pergélisol produisent certains des types d'écosystèmes de tourbières les plus divers en matière de bryologie dans l'Ouest canadien¹⁰³. De plus, la fonte du pergélisol entraînera des changements à grande échelle dans les dynamiques hydrologiques, ce qui modifiera le type et l'expression des milieux humides partout à la limite nord de l'écozone⁺ des plaines boréales¹⁰⁴. La fonte du pergélisol et l'affaissement des tourbières gelées peuvent inonder les terres, remplaçant

ainsi les écosystèmes forestiers par des cariçaies humides, des tourbières, des étangs et des marais, comme c'est le cas dans le nord du Québec^{105, 106}.

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.

En mai 2009, il existait 546 aires protégées dans l'écozone⁺ des plaines boréales (Figure 16). La taille et la forme de ces aires protégées variaient grandement. La moitié sud de l'écozone⁺ se caractérisait par de nombreux petits parcs, alors que les aires protégées s'élargissent et sont réparties de manière plus clairsemée dans le nord. Cela comprend une partie du parc national canadien Wood Buffalo, l'un des parcs nationaux les plus vastes au monde (44 807 km²) et site du patrimoine mondial de l'UNESCO.

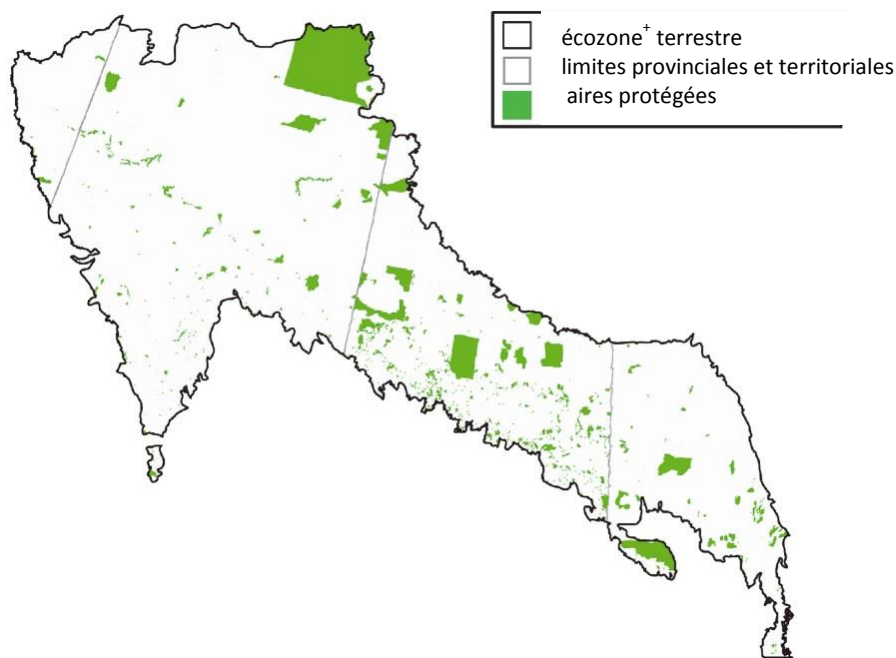


Figure 16. Répartition des aires protégées de l'écozone⁺ des plaines boréales, mai 2009.
Source : Environnement Canada, 2009;¹⁰⁷ données du Système de rapport et de suivi pour les aires de conservation (SRSAC), v.2009.05, 2009¹⁰⁸

Avant 1922, deux petites aires protégées de catégorie II ont été établies, totalisant 4 km² (Figure 17). Avant la signature de la Convention sur la diversité biologique en 1992, 4,0 %¹ de l'écozone⁺ des plaines boréales était protégé. Depuis mai 2009, les aires protégées ont augmenté à 8,0 % de l'écozone⁺ (Figure 16 et Figure 17). Ces aires protégées peuvent se diviser en deux groupes :

- 7,2 % (423 aires protégées) dans les catégories I à IV de l'UICN. Ces catégories comprennent les réserves naturelles, les aires de nature sauvage et autres parcs et réserves gérés pour la conservation des écosystèmes ou pour les caractéristiques naturelles et culturelles, ou les deux, ainsi que les aires gérées principalement pour la conservation de l'habitat et de la faune¹⁰⁹
- 0,7 % (123 aires protégées) dans les catégories V à VI de l'UICN. Ces catégories misent sur l'utilisation durable par la tradition culturelle établie¹⁰⁹

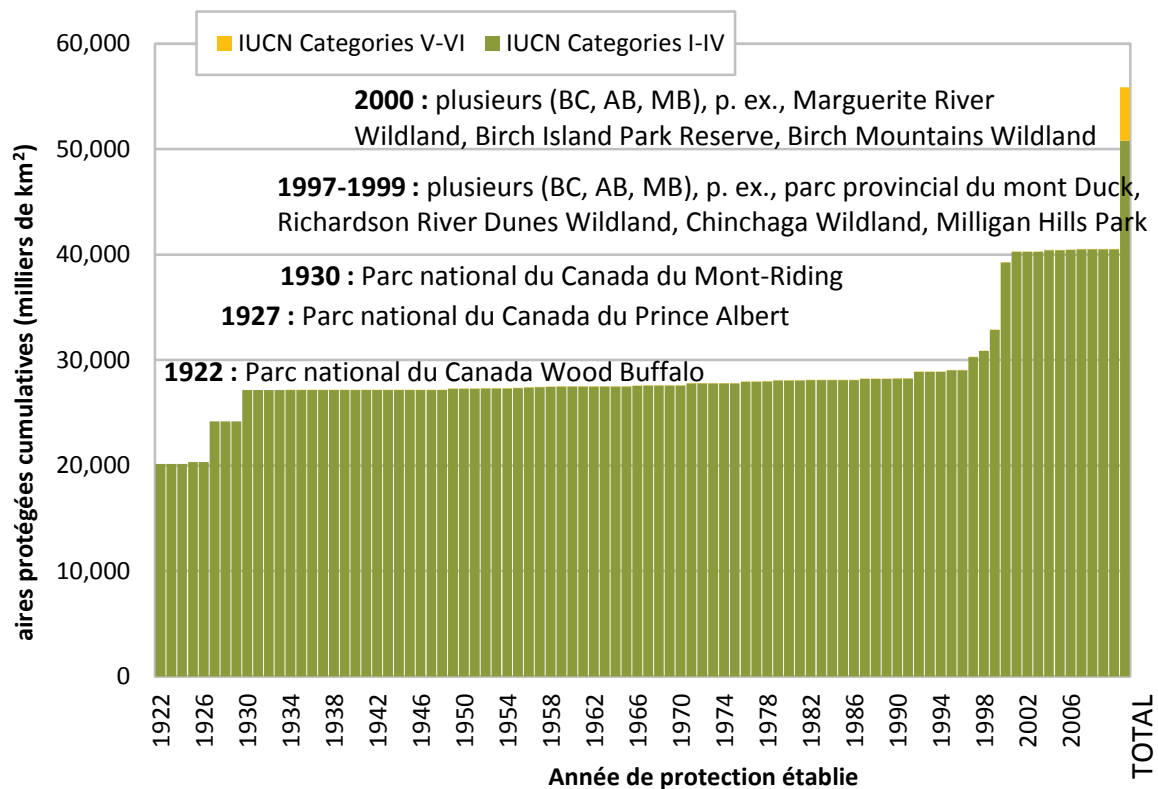


Figure 17. Croissance des aires protégées, écozone⁺ des plaines boréales, 1922–2009. Les données ont été fournies par les gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux et actualisées en mai 2009. Seules les aires légalement protégées ont été incluses. Les catégories des aires protégées de l'UICN sont fondées principalement sur les objectifs de gestion. Remarque : La

¹ À noter qu'il y a 15 340 km² des terres protégées dans l'écozone⁺ des plaines boréales pour lequel il n'existe pas d'information sur l'année d'établissement. Si toutes ces terres étaient protégées avant 1992, alors 6,2 % de l'écozone⁺ était protégé avant 1992.

dernière barre étiquetée « TOTAL » comprend les aires protégées pour lesquelles l'année d'établissement n'a pas été donnée.

Source : Environnement Canada, 2009;¹⁰⁷ données du Système de rapport et de suivi pour les aires de conservation (SRSAC), v.2009.05, 2009¹⁰⁸

La plupart des parcs de l'écozone⁺ des plaines boréales, en particulier les parcs du sud, sont menacés par des stressseurs internes et externes tels que la fragmentation et la perte des habitats des aires avoisinantes des parcs, les changements climatiques, la surutilisation et les espèces envahissantes¹¹⁰. Par exemple, les changements de la couverture terrestre du parc national du Canada de Prince Albert en Saskatchewan (situé au centre de l'écozone⁺ des plaines boréales) et les aires avoisinantes ont été analysés entre 1985 et 2001¹¹¹. La couverture forestière a peu changé à l'intérieur du parc, mais est passée de 19 à 14 % dans le grand écosystème du parc à cause de l'exploitation forestière et des incendies¹¹¹. À cause des sécheresses, les plans d'eau libres du parc et des aires avoisinantes sont passés de 10 à 8 % de la couverture entre 1985 et 2001¹¹¹. Les stratégies de gestion durable de l'utilisation des terres des aires avoisinant les parcs jouent un rôle essentiel dans le maintien de l'intégrité écologique des parcs eux-mêmes¹¹¹.

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.

L'information sur les activités d'intendance dans l'écozone⁺ des plaines boréales est limitée. Certaines zones d'intendance de l'écozone⁺ des plaines boréales sont la propriété d'organisations non gouvernementales telles que Conservation de la nature Canada, et sont gérées par elles. De plus, il y a un intérêt grandissant dans l'utilisation d'approches fondées sur le marché afin de conserver les valeurs environnementales de la forêt boréale, en particulier de la région des sables bitumineux de l'Alberta¹¹², et d'améliorer l'intendance des valeurs environnementales des terres privées. Les gouvernements de l'Alberta et du Manitoba explorent les instruments axés sur les forces du marché (p. ex., compensations en matière de conservation, enchères de conservation) comme outils pour améliorer l'intendance des écoservices.

Forêts modèles

Deux forêts modèles, faisant partie du Réseau canadien de forêts modèles, sont situées dans l'écozone⁺ des plaines boréales. Le Réseau canadien de forêts modèles représente 14 organisations membres sans but lucratif à la grandeur du pays et vise à soutenir les communautés axées sur les ressources pour surmonter les obstacles qui touchent leur bien-être social et économique à long terme¹¹³. La forêt modèle de Prince Albert (Saskatchewan), qui fait 3 670 km², coordonne les consultants, les chercheurs et les gouvernements afin qu'ils travaillent de concert avec les Premières nations sur les projets liés aux forêts¹¹⁴. La forêt modèle de la communauté de Weberville, qui fait 330 km² et est située à 25 km au nord de la rivière de la Paix en Alberta, est composée de terres privées et de terres publiques. Les gestionnaires des terres collaborent ensemble à propos de la plantation des arbres, des réseaux de sentiers récréatifs et des inventaires des terres à bois, ainsi que des occasions futures comme les projets en bioénergie et les échanges de crédits de carbone¹¹⁵.

Compensations en matière de conservation

Les compensations en matière de conservation sont des mesures qui visent à compenser les dommages résiduels et inévitables que le développement cause aux écosystèmes¹¹⁶. La *Alberta Land Stewardship Act* permet la mise en œuvre d'un programme de compensations en matière de conservation¹¹⁷. Aucun programme formel de compensation n'est en place en Alberta; toutefois, en 2013, l'Alberta Conservation Association a mis sur pied un programme de compensations volontaires visant à protéger les milieux terrestres. De 2003 à 2011, le programme a permis de préserver des terres privées sur une superficie de 19,65 km² afin d'atténuer les effets cumulatifs de la mise en valeur des sables bitumineux sur les écosystèmes dans l'écozone⁺ des plaines boréales¹¹⁸. Dans le même ordre d'idées, l'Alberta Agriculture and Rural Development coordonne le projet pilote Southeast Alberta Conservation Offset Pilot visant à convertir des terres cultivées en prés où poussent des espèces indigènes qui offre un habitat pour des espèces sauvages. Ce projet pilote permet de déterminer si les agriculteurs et les éleveurs sont admissibles à des paiements de compensation dans le cadre d'initiatives volontaires de préservation de la nature; ces paiements proviennent d'entreprises qui mettent en valeur le pétrole et le gaz dans le sud-est de l'Alberta. Ceci dit, en date du mois de mai 2014, aucun partenaire industriel n'y avait encore adhéré.

Espèces non indigènes envahissantes

Constatation clé à l'échelle nationale

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 non indigènes envahissantes sont celles qui sont naturalisées aux écosystèmes à l'extérieur de leur aire naturelle, et souvent introduites de façon intentionnelle ou accidentelle par l'humain¹¹⁹. Les espèces non indigènes menacent la biodiversité indigène et coûtent des millions de dollars annuellement pour leur gestion et leur contrôle¹¹⁹. Les espèces envahissantes rivalisent avec les espèces indigènes ou les délogent, ou les deux, elles dégradent leur habitat, altèrent les processus écosystémiques tels que la séquestration de carbone, et introduisent la maladie¹²⁰. Avec les changements climatiques, on prévoit une intensification des impacts des espèces non indigènes envahissantes dans la région boréale, puisque les obstacles que présente la température sont retirés^{121, 122}. La production de rapports à grande échelle sur les tendances des espèces non indigènes envahissantes est absente en ce qui a trait à l'écozone⁺ des plaines boréales, mais quelques renseignements sont disponibles sur les plantes vasculaires, les poissons et les lombrics non indigènes.

Plantes envahissantes non indigènes terrestres

La majorité des espèces non indigènes envahissantes connues des plaines boréales sont des plantes vasculaires, généralement d'origine eurasienne^{17, 122, 123}. À compter de 2008, on a documenté 93 espèces de plantes non indigènes envahissantes de l'écozone⁺ des plaines boréales¹²⁴. Les herbes nocives (c.-à-d. les plantes définies comme « nuisibles » à l'agriculture ou aux habitats naturels; elles sont souvent non indigènes) s'étendent au nord-est de l'Alberta¹²⁵ (Figure 18). Il est probable que la propagation des plantes envahissantes se poursuive; toutefois, puisque les enquêtes et les méthodes de traitement étaient rarement systématiques, les tendances sont inconnues.

a)

b)

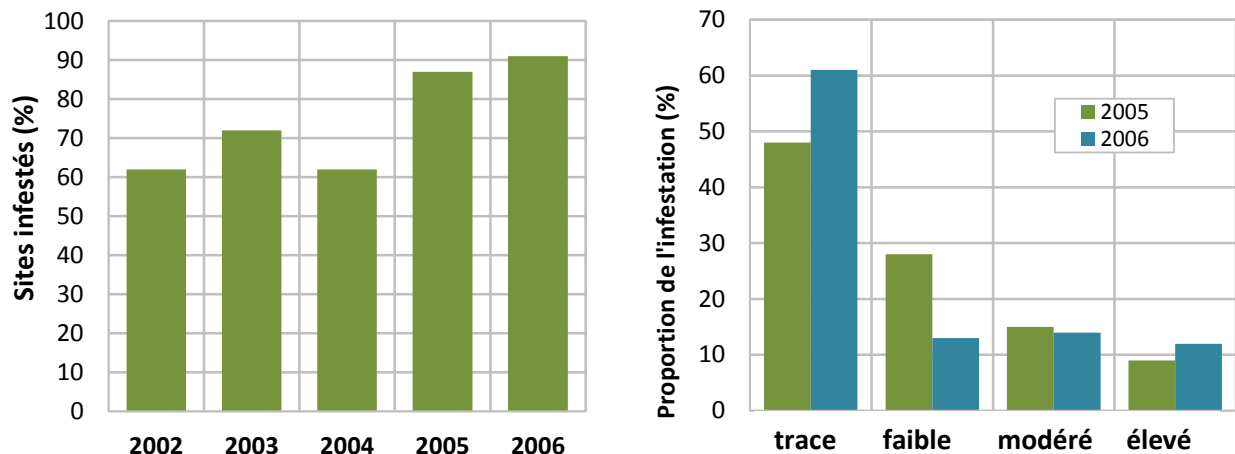


Figure 18. Des 217 sites observés, (a) pourcentage des sites infestés d'herbes nocives entre 2002 et 2006 et (b) pourcentage d'infestation en 2005 et 2006 au nord-est de l'Alberta.
Source : le ministère Alberta Sustainable Resource Development, 2006¹²⁵

L'Alberta Biodiversity Monitoring Institute a décelé 75 espèces de plantes non indigènes dans 343 sites de surveillance observés entre 2003 et 2011 dans l'écozone⁺ des plaines boréales en Alberta¹²⁶. Les espèces non indigènes étaient présentes à 48 % des sites observés; on a décelé entre deux et trois (moyenne de 2,55) espèces de plantes non indigènes par site. Le pissenlit officinal (*Taraxacum officinale*) était près de deux fois aussi abondant que n'importe quelle autre plante envahissante (Tableau 3. Les dix espèces non indigènes les plus abondantes décelées dans l'écozone⁺ des plaines boréales en Alberta, nombre de sites décelés (sur 343), et occurrence en pourcentage.). Le pissenlit officinal se trouve souvent sur des sites sans influence humaine, ce qui indique que ces espèces peuvent coloniser des aires sans perturbation humaine. Six des dix espèces non indigènes les plus abondantes sont couramment plantées comme culture fourragère pour le bétail et ont été naturalisées dans l'écozone⁺ des plaines boréales¹²⁷.

Tableau 3. Les dix espèces non indigènes les plus abondantes décelées dans l'écozone⁺ des plaines boréales en Alberta, nombre de sites décelés (sur 343), et occurrence en pourcentage.

Nom courant	Nom scientifique	Nombre de sites	Occurrence en pourcentage (%)
Pissenlit officinal ¹	<i>Taraxacum officinale</i>	134	39,1
Pâturin des prés ²	<i>Poa pratensis</i>	81	23,6
Fléole des prés ²	<i>Phleum pratense</i>	68	19,8
Trèfle alsike ²	<i>Trifolium hybridum</i>	55	16,0
Chardon des champs ¹	<i>Cirsium arvense</i>	40	11,7
Trèfle rampant ²	<i>Trifolium repens</i>	38	11,1
Brome inerme ²	<i>Bromus inermis</i>	35	10,2
Trèfle des prés ²	<i>Trifolium pratense</i>	33	9,6
Plantain majeur ¹	<i>Plantago major</i>	32	9,3

Chiendent ¹	<i>Crepis tectorum</i>	22	6,4
------------------------	------------------------	----	-----

¹espèces qui figurent sur la liste de la Loi sur la destruction des mauvaises herbes de l'Alberta

²espèces plantées comme culture fourragère en Alberta

Source : Alberta Biodiversity Monitoring Institute, 2009¹²⁷

L'Alberta Biodiversity Monitoring Institute (ABMI) a aussi décelé les plantes non indigènes dans 32 % de leurs sites dans la zone des sables bitumineux de l'Athabasca. Le pissenlit officinal (*Taraxacum officinale*) était le plus commun, trouvé sur 25 % des sites, et la plus commune des 38 espèces non indigènes sur place – les autres étaient plus rares. Lorsqu'il y avait présence sur un site de l'ABMI, 2,1 espèces non indigènes étaient repérées en moyenne. Trois plantes considérées comme herbes nocives selon la *Loi sur la destruction des mauvaises herbes* de l'Alberta – le laitron des champs (*Sonchus arvensis*), le chardon des champs (*Cirsium arvense*) et le renoncule âcre (*Ranunculus acris*) – étaient présentes sur 6 %, 5 % et 3 % des sites de l'ABMI dans la zone des sables bitumineux de l'Athabasca, respectivement.

Autres espèces non indigènes envahissantes préoccupantes

Les espèces de poissons envahissantes peuvent nuire aux espèces de poissons indigènes par la compétition ou la prédation, ou les deux. L'information sur la répartition et l'abondance des poissons envahissants dans l'écozone⁺ des plaines boréales est limitée. Par contre, la présence de poissons non indigènes semble se faire plus insistante dans la partie de la Colombie-Britannique de l'écozone⁺ des plaines boréales; des 15 plans d'eau observés, les poissons non indigènes étaient présents dans un plan d'eau en 1950, un en 1975, et quatre en 2005¹²⁸. L'éperlan arc-en-ciel introduit au Manitoba bouleverse les réseaux trophiques, altère des communautés de zooplanctons et rivalise avec le cisco à mâchoires égales (*Coregonus zenithicus*) pour la nourriture¹²⁹.

Les lombrics ne sont pas natifs de l'écozone⁺ des plaines boréales. Les lombrics non indigènes sont répartis çà et là dans la majorité de l'écozone⁺ des plaines boréales en Alberta, et leur diversité est prévue s'étendre au cours des 50 prochaines années^{130, 131}. Ils sont considérés comme les ingénieurs de l'écosystème causant la perte de carbone du sol, ils réduisent la matière organique du sol et réduisent la diversité et l'abondance de microarthropodes et de plantes de sous-bois¹³¹. Puisque l'invasion de lombrics dans la forêt boréale est relativement récente, les conséquences à long terme sur la structure et la fonction de l'écosystème sont inconnues^{122, 122, 130}.

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.

Les contaminants peuvent avoir des effets nocifs sur les espèces et les écosystèmes, et porter atteinte aux écoservices. Les données qui appuient l'évaluation de la tendance des contaminants à la grandeur de l'écozone⁺ des plaines boréales étaient peu nombreuses. Toutefois, des preuves montrent que la quantité de contaminants² augmente dans certaines parties de l'écozone⁺ et peuvent avoir des effets négatifs sur la biodiversité et le peuplement humain de certains secteurs⁵⁰. Deux principales sources de contaminants comprennent l'exploitation à ciel ouvert des sables bitumineux et des centrales thermiques alimentées au charbon.

Exploitation des sables bitumineux

La production de pétrole synthétique dérivé des sables bitumineux au nord-est de l'Alberta exige beaucoup d'énergie et entraîne l'émission de polluants toxiques. L'industrie des sables bitumineux relâche les 13 éléments considérés comme polluants prioritaires en vertu de la *Clean Water Act* (Loi sur l'assainissement de l'eau) de la Environmental Protection Agency (EPA) aux États-Unis, par l'air et par l'eau, dans la rivière Athabasca et son bassin hydrologique¹³². Les polluants pénètrent dans l'environnement par le suintement des bassins de résidus et se libèrent dans l'air⁵⁰. Parmi ces polluants, on trouve les hydrocarbures aromatiques polycycliques (PAH), les acides naphthéniques (NA) et autres éléments tels que le mercure (Hg), le plomb (Pb) et l'arsenic (As). Les gouvernements du Canada et de l'Alberta ont lancé un plan de mise en œuvre visant à mieux surveiller l'environnement de la région des sables bitumineux¹³³ (Figure 19).

² Les nouveaux contaminants sont des produits chimiques ou substances plus récents en utilisation depuis un certain temps mais décelés que récemment dans l'environnement – ils sont généralement encore en usage ou réglementés seulement en partie, ou les deux. Les contaminants existants (p. ex., les BPC, le DDT) ont été proscrits ou restreints, mais sont encore bien présents dans l'environnement.

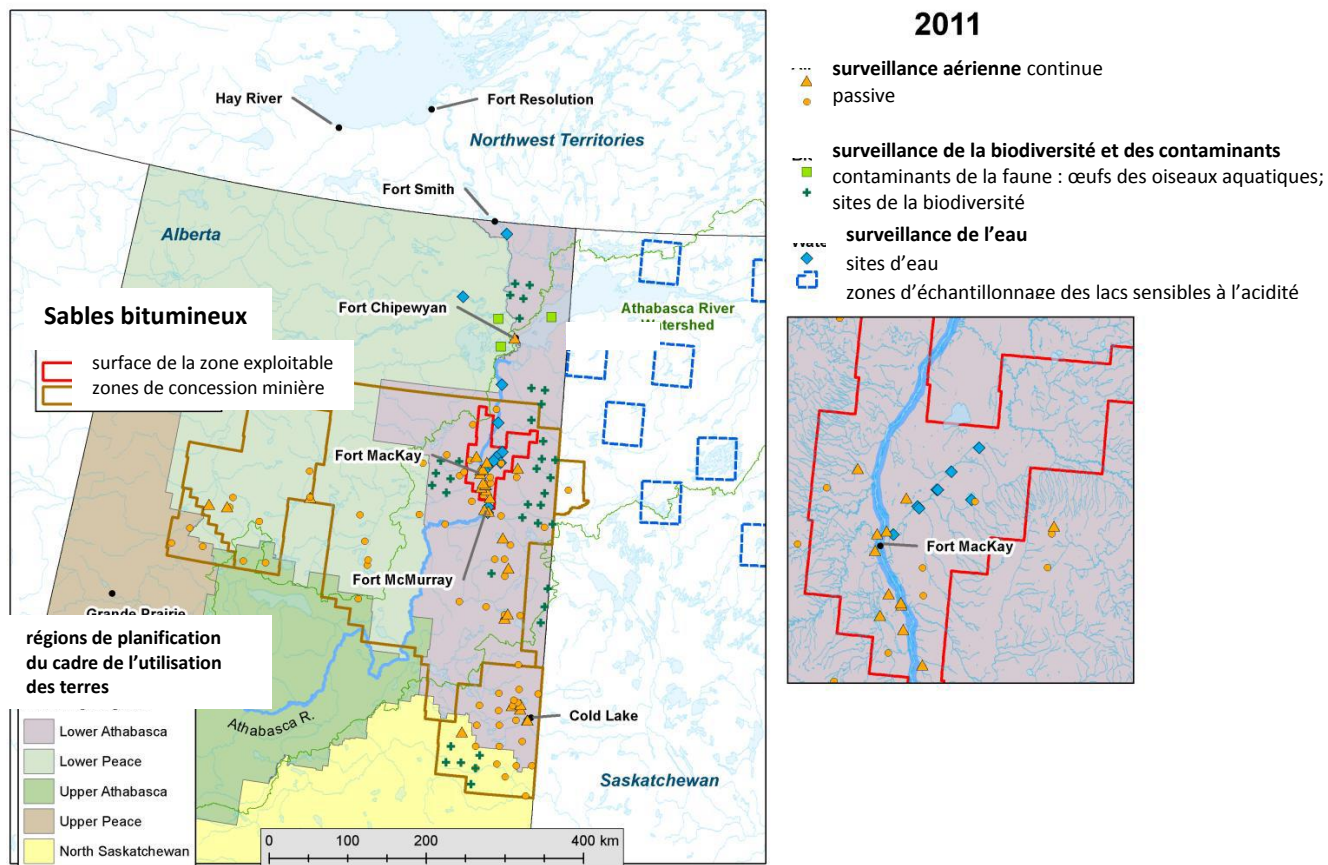


Figure 19. Surveillance actuelle au cours de l'année de référence 2010-2011 dans les secteurs des sables bitumineux en Alberta et en Saskatchewan.

Source : Gouvernement de l'Alberta et gouvernement du Canada¹³³

Hydrocarbures aromatiques polycycliques (PAH)

Les hydrocarbures aromatiques polycycliques pénètrent dans l'environnement par des sources naturelles telles que les volcans et les incendies de forêt, ou par des sources anthropiques, comme le développement industriel¹³⁴. L'exploitation des sables bitumineux augmente les concentrations de PAH au moyen d'émissions de particules aériennes déposées sur les terres, la neige et les surfaces de l'eau, ou qui entrent directement dans l'eau sous forme dissoute¹³². Les concentrations de ces contaminants augmentent durant les mois estivaux et peuvent augmenter davantage au cours de la fonte des neiges et des fortes pluies. Dans une étude portant sur six lacs au nord de Fort McMurray, les concentrations de PAH et les flux provenant de l'enregistrement des sédiments lacustres ont considérablement augmenté depuis les années ~1960-1970, ce qui coïncide avec plus de quatre décennies d'exploitation des sables bitumineux dans la région des sables bitumineux de l'Athabasca¹³⁵. Les lacs les plus près de l'exploitation des sables bitumineux en secteur d'aval et qui se trouvent dans la direction du vent présentaient les plus fortes concentrations. Plus particulièrement, les Recommandations canadiennes provisoires pour la qualité des sédiments (RCPQS), mis à la disposition

concernant 13 PAH particuliers (30), ont été dépassées en ce qui concerne sept composés (c.-à-d. phénanthrène, pyrène, benzo[a]anthracène, chrysène, benzo[a]pyrène, dibenzo[a,h]anthracène et 2-méthyl-naphthalène) sur le site recevant le plus grand dépôt de PAH¹³⁵. Les sédiments à l'intérieur des gisements de sables bitumineux dans les secteurs en aval des rivières Athabasca, Ells et Steepbank ainsi que dans un étang de boues résiduelles, étaient toxiques pour les premiers stades de développement des poissons-fourrages communs et indigènes au nord de l'Alberta, tels le meunier noir (*Catostomus commersoni*) et la tête-de-boule (*Pimephales promelas*)¹³⁵. D'autres poissons-fourrages indigènes, tels la perchaude (*Perca flavescens*), le chabot visqueux (*Cottus cognatus*) et le mulot perlé (*Semotilus margarita*), avaient des taux de stéroïdes gonadiques inférieurs aux taux de sites de référence par comparaison à ceux de sites exposés¹³⁵.

En 2008, on a prélevé de la neige de 12 sites le long de la rivière Athabasca et de 19 sites le long des affluents de celle-ci. Les concentrations de PAH dissoutes étaient suffisamment élevées au point d'être toxiques pour les embryons de vairons à certains de ces sites¹³². Entre 1999 et 2009, les concentrations de PAH ont augmenté dans les sédiments du delta de la rivière Athabasca¹³⁴. Les niveaux de sédiments de 2009 dans la partie inférieure de la rivière Athabasca étaient de 1,72 mg/kg, ce qui dépasse, par un facteur d'environ 2 ou 3, le seuil observé pour induire un cancer du foie chez les poissons^{134, 136}. Les poissons exposés aux PAH trouvés dans les sédiments de l'Athabasca ont également présenté des altérations lors de l'éclosion, un taux de mortalité plus élevé, des malformations des vertèbres, une plus petite taille, une dysfonction cardiaque, de l'œdème et une réduction de la taille de la mâchoire et d'autres structures craniofaciales^{137 138 139}. Bien que dans certains cas la relation entre une exposition aux PAH et la santé d'espèces sentinelles de poisson soit évidente, on connaît moins bien les effets possibles d'une exposition aux PAH sur d'autres espèces vivant dans des écosystèmes aquatiques¹³⁵. Quant à la productivité primaire du milieu aquatique, on ignore les répercussions ultimes sur l'environnement de teneurs en PAH de plus en plus élevées au fil des décennies. Ce à quoi il faut ajouter des charges de PAH plus importantes dans les lacs de la région des sables bitumineux. Il faudra en faire une évaluation plus poussée¹³⁵.

Acides naphthéniques

À fortes concentrations (~50–100 mg/L), les NA, un dérivé de la production des sables bitumineux, sont nocives et réduisent le taux de survie des mammifères, des poissons, des oiseaux terrestres, des oiseaux aquatiques et des amphibiens^{140 141 142 143 144 145 146}. À l'heure actuelle, les installations des sables bitumineux ne sont pas tenues de déclarer les niveaux de NA à l'Inventaire national des rejets de polluants¹⁴⁷. Par conséquent, il existe peu de données sur l'état et les tendances des acides naphthéniques dans l'environnement. On a observé des concentrations d'acides naphthéniques de 1 à 2 mg/L dans les eaux de surface naturelles, ~60 mg/L dans un milieu humide formé à partir d'effluents du suintement des résidus, et un excès de 100 mg/L dans les bassins de résidus des sables bitumineux^{144, 148}.

Mercuré et autres éléments nocifs

Les lignes directrices du Canada ou de l'Alberta sur la protection de la vie aquatique ont été dépassées en ce qui concerne sept polluants prioritaires – le cadmium, le cuivre, le plomb, le mercure, le nickel, l'argent et le zinc – dans la neige fondue ou de l'eau recueillie, ou les deux, près ou en aval de l'exploitation des sables bitumineux de l'Athabasca¹³². Les concentrations de mercure, de plomb et d'arsenic ont augmenté de 63 %, 29 % et 28 %, respectivement, autour de tous les bassins de résidus de la région des sables bitumineux, entre 2006 et 2009. Ces hausses étaient intentionnelles (dans le cadre de la stratégie de remise en état) et non intentionnelles (p. ex., fuite des bassins de résidus ou brèches dans les digues)^{85, 149}.

L'empoisonnement au mercure réduit la réussite de reproduction et affecte le fonctionnement du cerveau et des reins chez les oiseaux¹⁵⁰ et les mammifères¹⁵¹, réduit la croissance, le comportement et le taux de survie des poissons¹⁵², et provoque des incidences graves sur la santé des humains¹⁵³. À cause de la bioamplification, les poissons prédateurs à forte longévité tels que le doré jaune (*Sander vitreus*) et autres grands prédateurs de la chaîne alimentaire aquatique (p. ex., le vison (*Neovison vison*)¹⁵⁴) courent un plus grand risque d'exposition au mercure par voie alimentaire (sous forme de méthylmercure). Entre 1977 et 2009, les charges de mercure dans les œufs du goéland de Californie (*Larus californicus*) du lac Athabasca ont augmenté de 40 %¹⁵⁵.

Centrales thermiques au charbon

La production d'énergie au moyen de la combustion du charbon est à la hausse en Alberta; la région de Wabamun de l'écozone+ des plaines boréales héberge des centrales thermiques, qui se classent parmi les plus grands émetteurs de mercure au Canada¹⁵⁶. Au cours des 150 dernières années, le taux de mercure du lac Wabamun s'est multiplié par sept, comparativement aux hausses de deux à quatre fois dans les lacs éloignés en Amérique du Nord¹⁵⁶. Avant que ne débute la combustion au charbon (1840-1956), les hausses annuelles du taux de mercure du lac Wabamun étaient de 1,6 %; au fil d'un développement industriel plus important (1956-2001), le taux de mercure a grimpé de 3,9 % annuellement¹⁵⁶. De plus fortes concentrations d'autres métaux traces (Cu, Pb, As, Sb, Sr, Mo et Se) coïncident également avec les centrales thermiques et d'autres développements industriels du bassin versant du lac Wabamun. Bien que les contrôles d'émissions aient été mis en œuvre, l'expansion des centrales au charbon de la région du lac Wabamun, à la vitesse d'une centrale thermique par décennie (1960-2000) signifie que les émissions collectives de cette région augmenteront¹⁵⁶.

Autres sources de contaminants

Les effluents d'eaux usées, les effluents des usines à pâtes à papier, la pulvérisation des terres agricoles et le lessivage des terres cultivées, l'exploration minière et les activités d'exploitation minière (p. ex., l'exploitation minière de l'uranium au nord de la Saskatchewan) diminuent aussi la qualité de l'eau de l'écozone+ des plaines boréales. Les effets cumulatifs de ces multiples sources de contamination ne sont pas connus^{157, 158}.

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.

Bien que les données de couverture spatiale sur la charge en éléments nutritifs de l'écozone⁺ des plaines boréales soient incomplètes, les données disponibles laissent entendre que l'apport en nutriments provenant de l'agriculture, de l'industrie et du développement urbain a augmenté. Plus particulièrement, le bassin hydrologique du lac Winnipeg, au Manitoba, reçoit des charges en éléments nutritifs, et l'efflorescence algale se produit chaque année dans le lac.

Charge en éléments nutritifs

La charge en éléments nutritifs peut entraîner une efflorescence algale pouvant nuire ou même tuer d'autres organismes aquatiques en deux jours. D'abord, l'efflorescence algale épuise le taux d'oxygène dont ont besoin les autres plantes et animaux pour survivre. Ensuite, la prolifération algale nocive (principalement les espèces d'algues bleu-vert dans les réseaux d'eau douce) produit des composés toxiques pouvant tuer d'autres organismes⁸. À cause de leurs niveaux naturellement élevés en nutriments, de nombreux lacs des plaines boréales sont très sensibles aux charges en nutriments et à l'efflorescence algale lorsqu'il y a ajout supplémentaire de nutriments (p. ex., azote, phosphore) provenant de l'agriculture, du peuplement humain et de l'exploitation forestière¹⁵⁹. Par exemple, environ 67 % des lacs surveillés de la province de l'Alberta sont hypertrophiques ou eutrophiques (les lacs hypertrophiques présentent une prolifération algale importante), 26 % sont mésotrophes, et seulement 7 % sont oligotrophes⁸⁴.

Une évaluation nationale sur les nutriments dans les bassins versants du Canada a documenté leur état trophique de 2004 à 2006 et leurs tendances en phosphore de 1990 à 2006¹⁶⁰. Les concentrations en nutriments, dont le phosphore total (PT), le phosphore dissous total (PDT), le nitrate-nitrite (N-N) et l'azote total (NT) ont augmenté dans cinq des dix rivières (Tableau 4. État trophique et tendances en matière de nutriments, par bassin hydrologique de l'écozone⁺ des plaines boréales, dont les bassins du Grand lac des Esclaves, les parties ouest et nord de la baie d'Hudson et le fleuve Nelson en 2004-2006.). Par exemple, le site de la rivière Athabasca en aval de Fort McMurray, en Alberta, était eutrophique et contenait des taux de PDT, de PT et de N-N plus élevés, ce qui augmente le risque de fortes charges en éléments nutritifs dans le delta des rivières Paix-Athabasca. Deux sites dans le bassin du fleuve Nelson, qui comprend le lac Winnipeg au Manitoba, ont également reçu de fortes charges en nutriments, et les deux autres sites stables en matière de tendances en nutriments, mais présentant un haut risque de charge en

éléments nutritifs, ont déjà atteint la saturation en nutriments (Tableau 4. État trophique et tendances en matière de nutriments, par bassin hydrologique de l'écozone+ des plaines boréales, dont les bassins du Grand lac des Esclaves, les parties ouest et nord de la baie d'Hudson et le fleuve Nelson en 2004-2006.).

Tableau 4. État trophique et tendances en matière de nutriments, par bassin hydrologique de l'écozone+ des plaines boréales, dont les bassins du Grand lac des Esclaves, les parties ouest et nord de la baie d'Hudson et le fleuve Nelson en 2004-2006.

Bassin hydrologique	Sites de l'écozone+ des plaines* boréales	Nutriments				État	À risque de charge de nutriments
		PDT	PT	N-N	NT		
Grand lac des Esclaves, T.N.-O.	Rivière de la Paix à la pointe Peace, Alb.	—	—	↑	—	Eutrophique	✓
	Rivière Athabasca 160 km en aval de Fort McMurray, Alb.	↑	↑	↑	—	Eutrophique	✓
	Rivière Athabasca sous la rivière Snaring, Alb.	↓	—	—	—	Oligotrophe	
	Rivière Athabasca aux chutes Athabasca, Alb.	—	—	↑	↑	Oligotrophe	
Baie d'Hudson, ouest et nord, Man. et Nunavut	Rivière Beaver à Beaver Crossing, Alb.	↓	—	—	—	Eutrophique	
	Rivière Cold à l'exutoire du lac Cold, Alb.	—	—	—	—	Mésotrophe	
Fleuve Nelson, Man.	Rivière Saskatchewan au-dessus de la rivière Carrot, Man.	—	—	—	—	Eutrophique	✓
	Rivière Carrot près de Tumberry, Sask.	↑	↑	—	—	Hyper-eutrophique	✓
	Rivière Red Deer à Erwood, Sask.	↑	↑	—	—	Méso-eutrophique	✓
	Rivière Assiniboine, Sask.	—	—	—	—	Hyper-eutrophique	✓

*Les sites sont organisés du nord au sud à l'intérieur de chacun des bassins hydrologiques (voir Figure 20).

Nutriments : phosphore dissous total (PDT); phosphore total (PT); nitrate-nitrite (N-N); azote total (NT). Tendances : stable (—), augmentation (↑), diminution (↓). Crochet : sites présentant un risque élevé de prolifération algale

Source : données présentées provenant de la Direction des sciences et de la technologie de l'eau, Environnement Canada, 2011¹⁶⁰

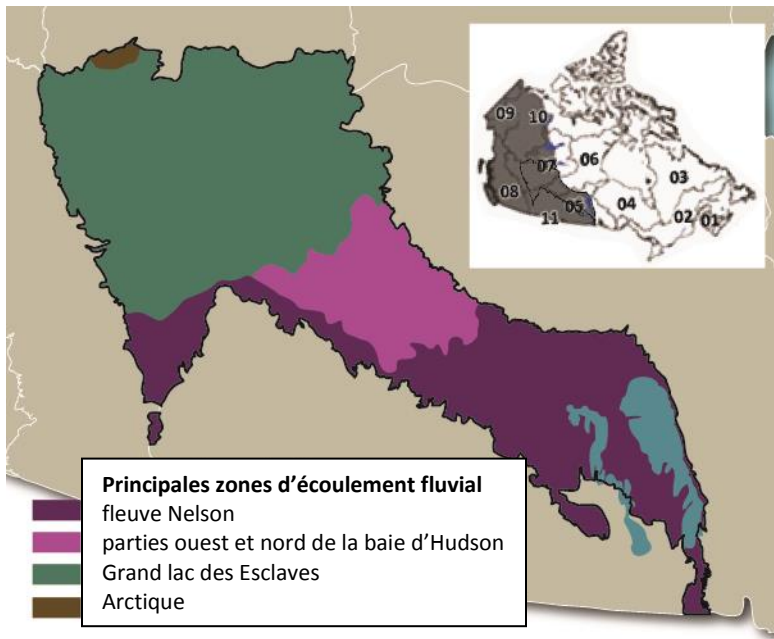


Figure 20. Régions de l'écozone⁺ des plaines boréales et Division des relevés hydrologiques du Canada, qui ont désigné la plupart des bassins hydrologiques. Trois bassins partiels de l'écozone⁺ des plaines boréales sont le 07 (Grand lac des Esclaves), le 06 (parties ouest et nord de la baie d'Hudson), et le 05 (fleuve Nelson).
Source : Division des relevés hydrologiques du Canada, 2006

Azote provenant des terres agricoles

L'azote résiduel dans le sol (NRS) (c.-à-d. l'azote laissé dans le sol après la récolte) sert à identifier les régions agricoles présentant un risque moyen à élevé d'accumulation de nitrates. L'azote résiduel dans le sol peut s'accumuler dans le sol à la suite de l'ajout d'engrais azotés et de fumier, de la culture de légumineuses pour fixer l'azote et de dépôts atmosphériques. L'azote peut alors se déverser dans les nappes phréatiques et les eaux de surface, ce qui peut être nocif aux écosystèmes d'eau douce et, par conséquent, poser un risque pour la santé humaine. Dans l'écozone⁺ des plaines boréales, l'apport en azote a augmenté constamment au fil du temps, pour passer de 40,8 kg N/ha en 1981 à 69,3 kg N/ha en 2006¹⁶¹. Le risque d'accumulation était très faible en 1981 (8,1 kg N/ha), mais en 2006 il est passé à moyen (22,1 kg N/ha), bien que ce chiffre représente une diminution par rapport à la concentration maximale de 26,4 kg N/ha en 2001¹⁶¹. Depuis 2006, le risque d'accumulation d'azote résiduel dans le sol a augmenté dans presque toutes les zones agricoles de l'écozone⁺ des plaines boréales (Figure 21a); les niveaux de risque de NRS étaient les plus élevés dans les parties albertaine et manitobaine de l'écozone⁺ (Figure 21b).

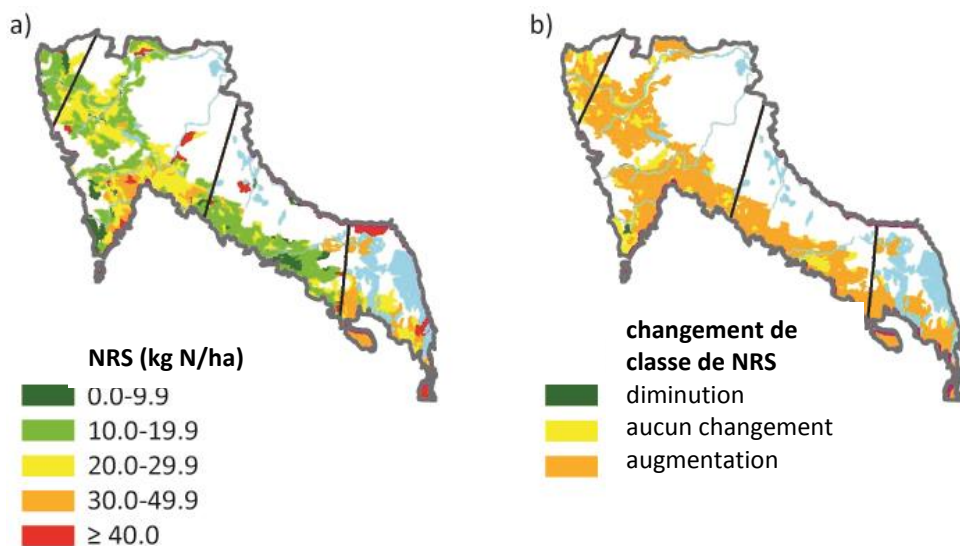


Figure 21. Carte a) des classes de risque que présente l'azote résiduel dans le sol alloué aux terres agricoles en 2006 et b) changement du classement du risque entre 1981 et 2006.
 a) Les valeurs du risque de l'azote résiduel dans le sol (NRS) correspondent aux classes de risque suivantes : très faible <10 kg N/ha; faible = 10 à 19,9 kg N/h; moyen = 20 à 29,9 kg N/ha; élevé = 30 à 39,9 kg N/ha; très élevé >40 kg N/ha
 b) Le vert représente une diminution d'une classe de risque (de plus élevé à plus faible), le jaune ne représente aucun changement et l'orange représente une augmentation d'une classe de risque (de plus faible à plus élevé).
 Source : Drury et coll., 2011¹⁶¹

Prolifération algale dans le lac Winnipeg, Manitoba

La rive est du lac Winnipeg, au Manitoba, représente la limite est de l'écozone⁺ des plaines boréales. Le bassin hydrologique du lac Winnipeg abrite 6,6 millions de personnes et 20 millions de têtes de bétail, et 68 % du bassin sert aux cultures et aux pâturages². L'intensification de l'agriculture, le défrichage, le drainage des terres humides et la croissance rapide des populations humaines ont donné lieu à une augmentation générale de 30 % en phosphore dans le lac, entre 1969 et 2007; la grande partie (73 %) de la charge en phosphore dans le lac Winnipeg provient de la rivière Rouge, Manitoba³. Le taux d'azote augmente également, mais à un taux plus variable^{5,6}. Les concentrations d'azote et de phosphore varient selon l'emplacement du site d'échantillonnage, mais, en général, les concentrations en éléments nutritifs sont les plus élevées dans la partie sud du bassin du lac (Figure 22 et Figure 23).

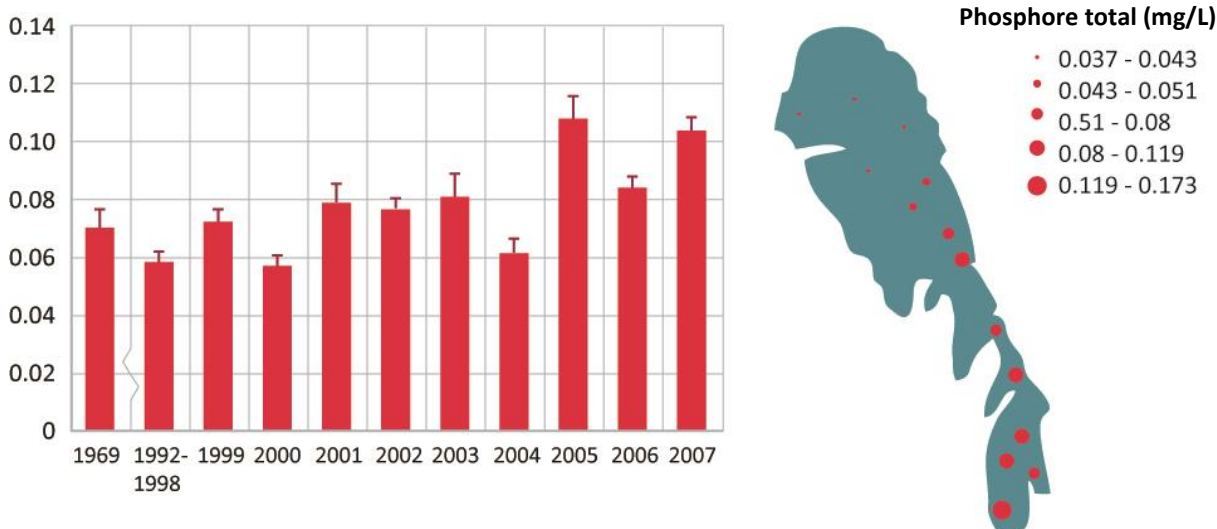


Figure 22. Moyenne annuelle des concentrations en phosphore total en 1969 et de 1992 à 2007 dans le lac Winnipeg au Manitoba¹⁶² et b) tendances spatiales de la moyenne des concentrations en phosphore total de 14 stations de surveillance à long terme du lac Winnipeg, Manitoba (les données sont des moyennes de 1999 à 2007 à chaque station).¹⁶³
 Source : Brunskill et coll., 1969¹⁶² et Gestion des ressources hydriques du Manitoba, 2008¹⁶³

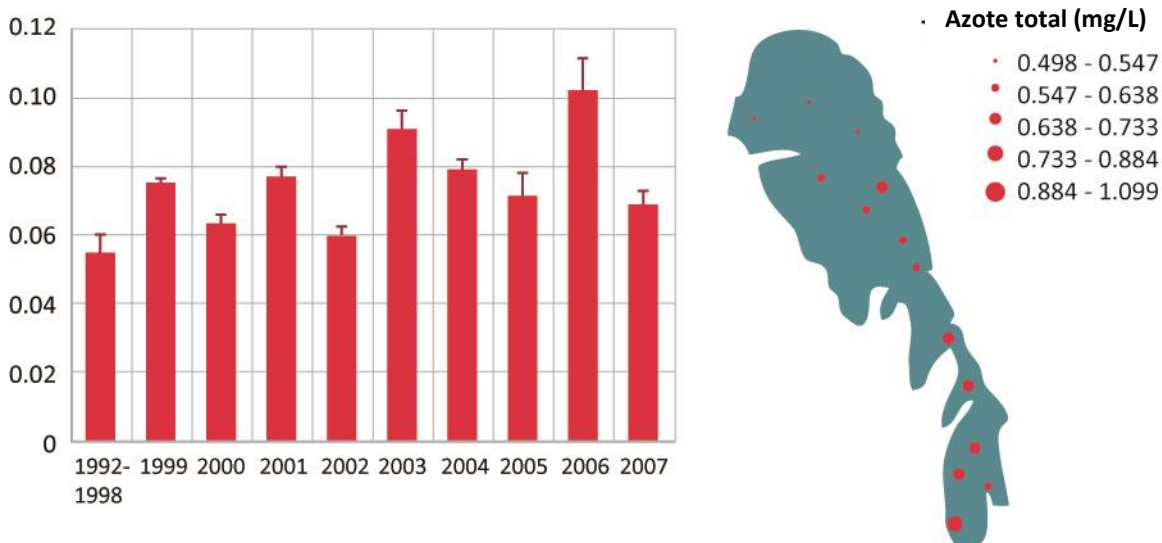


Figure 23. Moyenne annuelle des concentrations en azote total de 1992 à 2007 dans le lac Winnipeg au Manitoba et b) tendances spatiales de la moyenne des concentrations en azote total de 14 stations de surveillance à long terme du lac Winnipeg, Manitoba (les données sont des moyennes de 1999 à 2007 à chaque station).
 Source : Gestion des ressources hydriques du Manitoba, 2008¹⁶³

Un effet de la charge en éléments nutritifs dans le lac Winnipeg est le développement d'une prolifération algale à grande surface, composée essentiellement d'algues bleu-vert. Entre 1969 et 2003, la biomasse moyenne du phytoplancton a quintuplé

(Figure 24). L'accélération de la prolifération d'algues et le changement de la composition des espèces envers les algues bleu-vert se sont produits depuis les années 1940, mais sont particulièrement prononcés depuis le milieu des années 1990. La prolifération algale ne couvre pas moins de 10 000 km², ce qui représente la majeure partie du nord du bassin du lac¹⁶⁴. L'efflorescence nocive des algues bleu-vert en août 2010 a incité à afficher des avis de santé publique sur les plages, puisque l'eau du lac Winnipeg n'était pas potable¹⁶⁵.

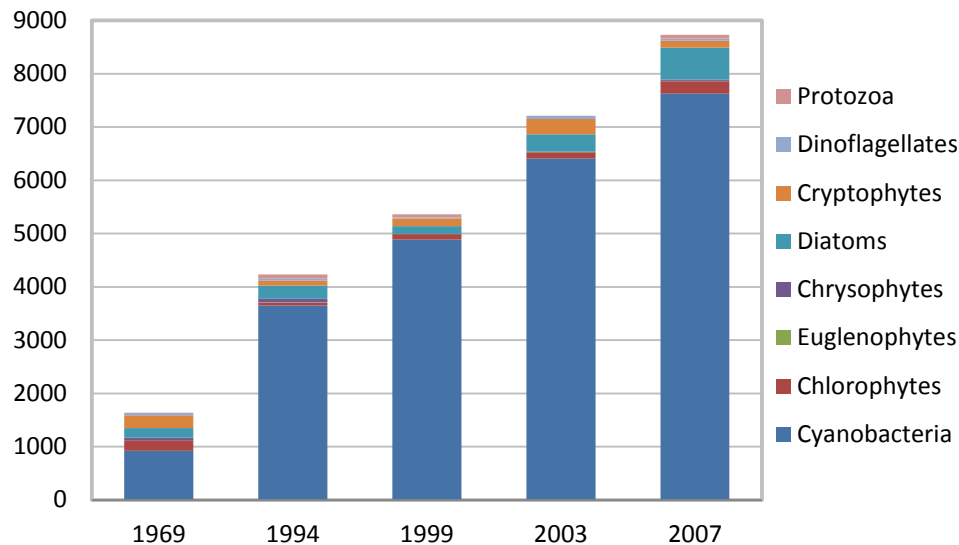


Figure 24. Moyenne de la biomasse du phytoplancton et de la composition des espèces (mg/m³) de fin juillet à début septembre dans le lac Winnipeg, Manitoba, en 1969, 1994, 1999, 2003 et 2007.

Source : Brunskill et coll., 1969¹⁶², Kling et al., 2011¹⁶⁴

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.

Les dépôts acides se forment lorsque les polluants à base de soufre et d'azote réagissent à l'eau dans l'atmosphère et sont déposés sur la terre¹⁶⁶. Les polluants proviennent des procédés industriels et peuvent voyager sur des milliers de kilomètres. C'est la combinaison des dépôts acides et de la sensibilité de la terre, de l'eau, de la flore et de la faune à l'acide qui détermine la sévérité de l'impact sur la biodiversité. Il n'existe pas de

données sur les dépôts acides dans l'écozone⁺ des plaines boréales; toutefois, les régions centre-nord de l'écozone⁺ sont sensibles à l'acide à cause de leur géologie et du type de leur sol (Figure 25).

La charge critique est le niveau maximal de dépôts acides que peut absorber un terrain sans souffrir de dégradation; elle diffère entre écosystèmes selon la géologie et le type de sol¹⁶⁷. Un terrain sensible à l'acidité, qui présente une capacité tampon plus faible, repose généralement sur un lit de roches légèrement soluble et est recouvert par un sol mince et d'origine glaciaire¹⁶⁸. La limite nord de l'écozone⁺ des plaines boréales, allant du nord-ouest de la Saskatchewan au centre est du Manitoba, est plutôt sensible aux dépôts acides, avec une charge critique de < 300 (Figure 25).

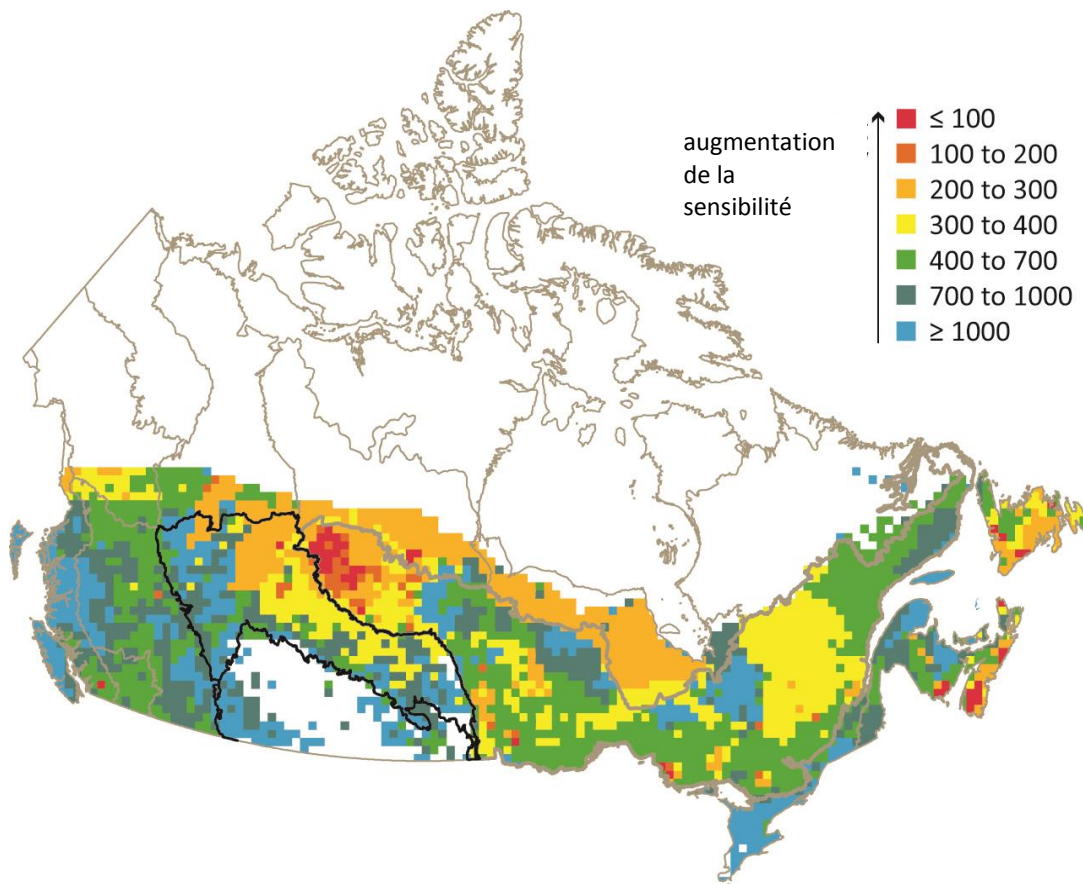


Figure 25. Charges critiques aquatiques et terrestres combinées, 2008.

< 400 indique un terrain sensible à l'acide.

Source : adapté de Jeffries et coll., 2010¹⁶⁹

Dans les communautés aquatiques, les algues, les invertébrés, les poissons, les amphibiens et les oiseaux aquatiques sont touchés par une acidité plus forte par effets directs tels que des taux de survie, de croissance et de succès de reproduction réduits, et des effets indirects, tels que la perte ou l'altération d'espèces prédatrices^{166, 170 171 172 173 174}. L'acidification des systèmes aquatiques peut aussi mener à une augmentation du méthylmercure, qui est bioaccumulable et qui réduit le taux de survie des embryons et

des jeunes animaux^{175 176 177 178}. La biodiversité est touchée lorsque l'on a dépassé les limites des charges critiques. Cela se produit lorsque l'acide est déposé sur un terrain sensible ou lorsque les dépôts d'acides sont élevés sur un terrain moins sensible. Le risque de dépassement des charges critiques est élevé dans le nord-ouest de la Saskatchewan, car 68 % des 259 lacs évalués en 2007-2008 étaient très sensibles à l'acide et sont situés en direction du vent des émissions acidifiantes des développements énergétiques¹⁷⁹. Des préoccupations semblables se font entendre pour les autres zones de terrains sensibles près de ces développements, ce qui en fait un nouvel enjeu dans l'écozone⁺¹⁸⁰.

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.

L'écozone⁺ des plaines boréales a subi une augmentation de la température, possède un manteau neigeux moins profond, et la durée du manteau neigeux est moins longue depuis le début de la conservation des données enregistrées détaillées, en 1950. On prévoit des impacts écologiques à grande échelle puisque les changements climatiques se font sentir, dont les changements du biome forestier, la fonte des tourbières gelées et les changements de la phénologie et de la diversité des espèces. Les tendances du climat entre 1950 et 2007 sont résumées au Tableau 5. Tendances des variables climatiques entre 1950 et 2007 dans l'écozone⁺ des plaines boréales (les températures représentent les changements de la température moyenne dans l'écozone⁺).

Tableau 5. Tendances des variables climatiques entre 1950 et 2007 dans l'écozone⁺ des plaines boréales (les températures représentent les changements de la température moyenne dans l'écozone⁺).

Variable climatique	Tendance à la grandeur de l'écozone ⁺ (1950–2007)	Commentaires sur la variation régionale
Température	Printemps : 2,3°C ↑ Été : 0,7°C ↑ Automne : aucune tendance Hiver : 3,5°C ↑	Les températures ↑ au printemps et à l'été dans les stations, sauf l'ampleur des augmentations qui varie partout dans l'écozone ⁺ , en particulier à l'été Les températures ↑ à l'hiver aux stations dans tout l'écozone ⁺
Période de croissance	Aucune tendance à la	

	grandeur de l'écozone ⁺ , tant au début qu'à la fin de la période de croissance, ni pendant sa durée	
Quantité de précipitations annuelle (pluie et neige) (33 stations)	Aucune tendance dans les saisons	Les précipitations ↓ dans la majorité des sites, sauf ↑ pour un site près de la limite sud-est de l'écozone ⁺
Indice de sévérité de sécheresse de Palmer (12 stations dans l'écozone ⁺)	Aucune tendance significative à la grandeur de l'écozone ⁺	Tendance ↓ (devient considérablement plus sèche) dans la région sud-ouest de l'écozone ⁺
Durée du manteau neigeux (nombre de jours ayant >2 cm de couche neigeuse)	De février à juillet : durée significative de 16,7 jours ↓ D'août à janvier : aucune tendance	
Épaisseur de neige maximale annuelle (7 stations)	↓ d'épaisseur de neige de 11,3 cm	↓ de >40 cm près de la limite nord-est de l'écozone ⁺ à la frontière Sask./Man.
Rapport neige / précipitations totales (33 stations)	Aucune tendance significative	↓ de la proportion des précipitations neigeuses dans 5 stations des zones ouest et centrale de l'écozone ⁺

Sauf avis contraire, les données proviennent de 15 stations météorologiques dans l'écozone+. Se reporter également aux

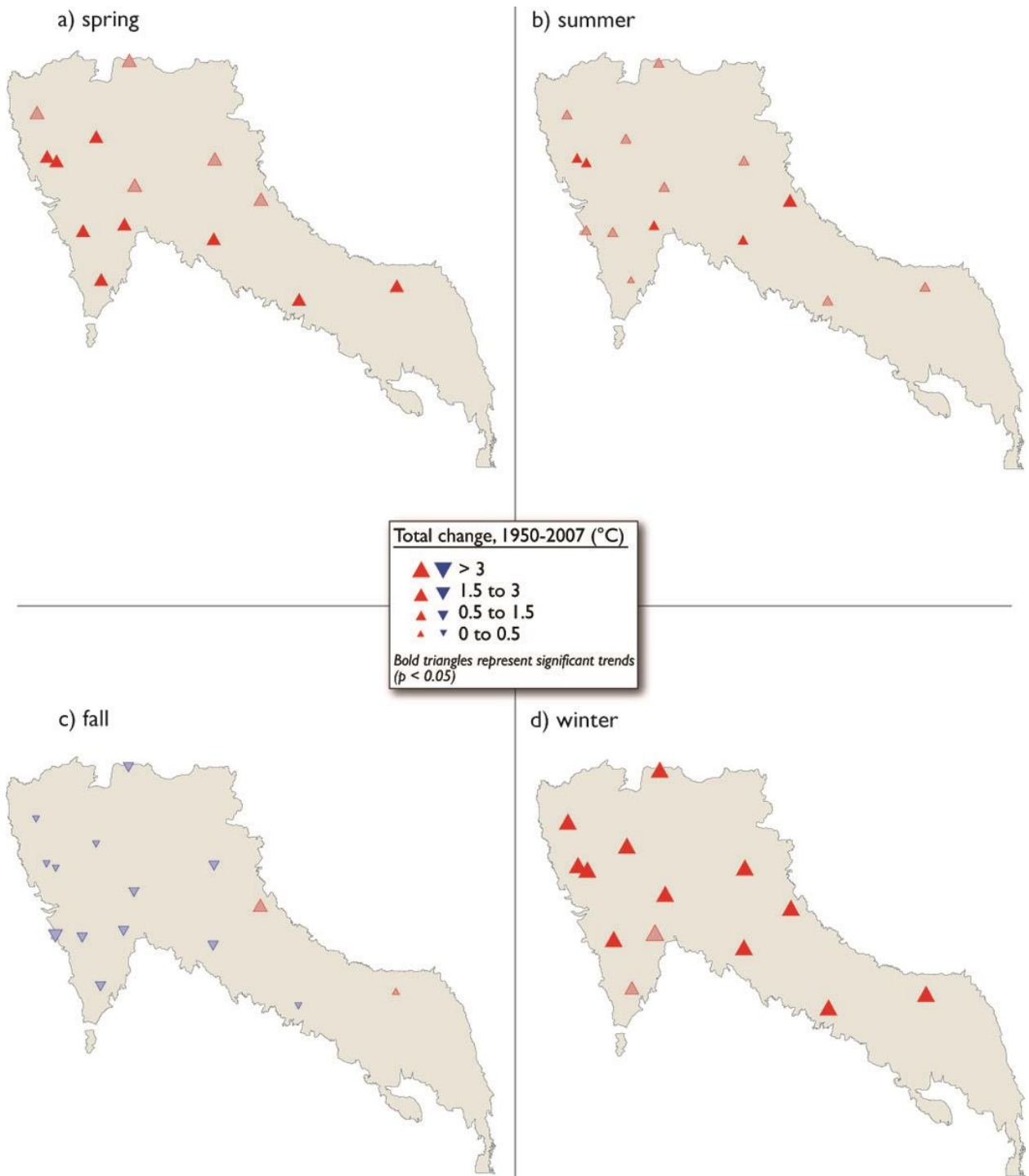


Figure 26 Figure 26 et Figure 27.

Seules les tendances significatives ($p < 0,05$) sont signalées.

Source : Zhang et coll., 2011⁵¹ et données supplémentaires fournies par les auteurs.

Entre 1948 et 2007, la température annuelle moyenne a augmenté de 1,7°C dans toute l'écozone* des plaines boréales¹⁸¹. La hausse de température la plus significative a été

observée à l'hiver et au printemps (Figure 26). Depuis 1950, les précipitations ont généralement augmenté au Canada; toutefois, elles n'ont pas changé dans l'écozone⁺ des plaines boréales, peu importe la saison (Figure 27). Il est possible qu'aucune tendance ne soit observée dans les précipitations car l'écozone⁺ des plaines boréales est située entre l'écozone⁺ des Prairies, où les précipitations ont diminué, et le nord du Canada, où les précipitations ont augmenté. Par contre, il y a eu des changements régionaux en matière de précipitations : elles ont augmenté dans la section est, plus particulièrement au Manitoba, et ont diminué dans le centre-ouest de l'Alberta¹⁸².

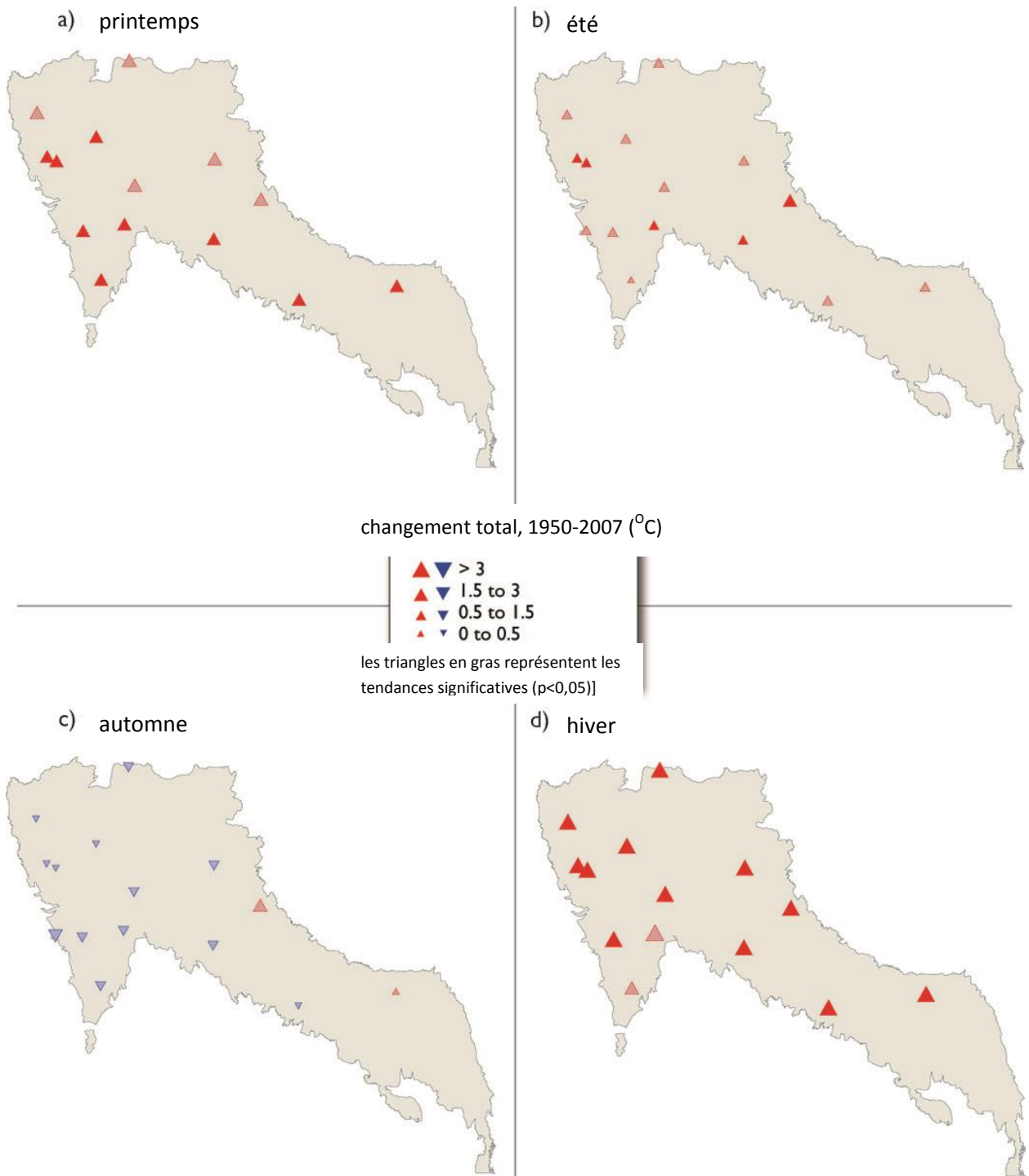


Figure 26. Changements dans la température moyenne, 1950–2007.

Saisons : printemps = mars à mai; été = juin à août; automne = sept. à nov.; hiver = déc. à fév.

Tendances significatives ($p < 0,05$) en gras.

Source : Zhang et coll., 2011⁵¹ et données supplémentaires fournies par les auteurs.

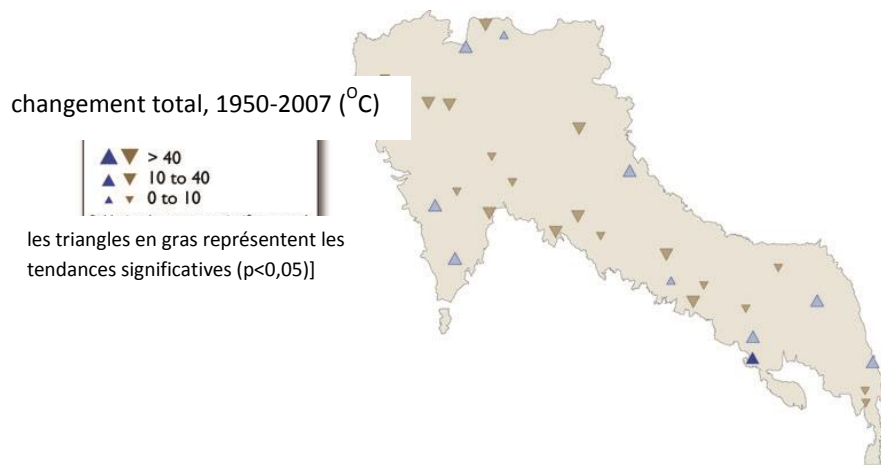


Figure 27. Changements dans la quantité de précipitations annuelles, 1950–2007. Exprimé en pourcentages de la moyenne entre 1961 et 1990. Source : Zhang et coll. 2011⁵¹ et données supplémentaires fournies par les auteurs.

Impacts des changements climatiques sur les écosystèmes

On prévoit des changements majeurs dans les biomes de l'écozone⁺ des plaines boréales si les changements climatiques se poursuivent. Au cours des 50 prochaines années, de 12 à 50 % des forêts boréales de l'Alberta pourraient être converties en forêt-parc (ce qui signifie peu d'arbres), qui s'ajoute à une évolution des prairies vers le nord, dans la forêt-parc actuelle¹⁸³. Bien que de grands brûlis se régénèrent actuellement en forêt mixte, les changements de l'enveloppe bioclimatique résulteront en une forêt-parc puisque les arbres ne réussissent pas à se régénérer¹⁸³. Dans la partie sud de l'écozone⁺, la mortalité massive des arbres liée à la sécheresse a déjà été étayée^{184 185 186 187}. La mortalité des arbres des régions de l'ouest de la forêt boréale a augmenté de 4,9 % par année, de 1963 à 2008, principalement à cause du stress hydrique créé par la sécheresse régionale¹⁸⁸.

Les changements du climat de l'écozone⁺ des plaines boréales ont déjà touché les processus physiques et biologiques dans la région. Par exemple, bien que le pergélisol ait toujours été réparti çà et là dans l'écozone⁺ des plaines boréales¹⁰⁴, la limite sud de la zone du pergélisol a complètement fondu au cours des 100 à 150 dernières années à cause des augmentations de température (voir la section sur les

Changements **cl** en page 41)¹⁸⁹. On obtient ainsi la libération de méthane hydraté (un gaz à effet de serre) et une hydrologie des milieux humides transformée^{104, 190 191 192 193}. Des températures plus chaudes et une diminution du manteau neigeux ont affecté les dynamiques de l'écoulement fluvial ainsi que les niveaux des lacs^{72, 74}, ce qui altère la salinité et transforme la composition des communautés aquatiques (voir la section **Error! Reference source not found.** en page 20). Pour terminer, comme la plupart du reste du

pays, les espèces ont réagi aux changements climatiques par des déplacements vers le nord et des changements de phénologie^{194, 195}. On prévoit que tous ces effets se poursuivront sous de futurs changements climatiques tout comme la fréquence ou la sévérité des incendies, ou les deux, et l'augmentation du nombre d'incidences d'infestations d'insectes forestiers, de champignons et d'infections par les maladies^{23, 24}.

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.

L'écozone⁺ des plaines boréales offre de nombreux écoservices. Les services d'approvisionnement, tels que l'exploitation forestière, la chasse, la pêche, le piégeage et l'agriculture sont des activités des plaines boréales qui présentent des avantages économiques. La forêt boréale dans son ensemble (y compris l'écozone⁺ des plaines boréales) offre bon nombre d'écoservices (p. ex., l'eau, ainsi que la régulation et des services culturels) qui ne sont pas quantifiés ou valorisés jusqu'à présent; le plus appréciable de ces services est le rôle important général de la forêt boréale comme puits de carbone¹⁹⁶.

Services d'approvisionnement

Eau douce

Dans l'écozone⁺ des plaines boréales, la quantité d'eau allouée à l'utilisation humaine était en augmentation en 2006, bien qu'encore en-deçà de 1 % du débit annuel moyen de quatre des cinq bassins hydrologiques surveillés, y compris^{83, 84} ceux des rivières de la Paix et du Grand lac des Esclaves en Saskatchewan, de la rivière Saskatchewan nord en Saskatchewan, et de la rivière Churchill. En 2006, 4 % du débit annuel moyen du bassin de la rivière Athabasca était alloué à l'utilisation humaine, principalement pour la mise en valeur du pétrole et du gaz et du commerce (voir la Figure 13 de la section **Error! Reference source not found.** en page **Error! Bookmark not defined.**). Toutefois, on craint que le développement continu de la région des sables bitumineux en Alberta, de concert avec les changements climatiques, ne compromettent la sécurité de l'eau dans le bassin de la rivière Athabasca à l'avenir⁸⁶.

Bois d'œuvre

L'exploitation du bois d'œuvre dans l'écozone⁺ des plaines boréales a continué d'augmenter puisque le bois de résineux a d'abord été massivement exploité dans les années 1950. Jusque depuis les 20 dernières années, la majorité des arbres exploités était l'épinette pour la production de bois de sciage et de pâte de bois; toutefois, l'exploitation du bois dur, tel que le peuplier faux-tremble, a considérablement augmenté depuis la fin des années 1980^{56, 197}. Voir la section

Forêts en page 12 pour obtenir de plus amples renseignements sur les tendances forestières.

Avantages de subsistance

Il existe peu d'information sur les tendances des avantages de subsistance de l'écozone⁺ des plaines boréales, y compris la chasse, le piégeage et la pêche. En général, les populations des espèces chassées semblent stables dans l'écozone⁺ des plaines boréales^{198, 199}, à l'exception du grizzly. Le grizzly est « en péril » en Alberta, et il est possible que certaines populations soient en déclin²⁰⁰.

On croit que la plupart des populations d'espèces à fourrure sont stables en Alberta, car elles se seraient reproduites depuis le piégeage intensif du début des années 1900¹⁹⁸. Une exception toutefois, le carcajou, figurant sur la liste « possiblement en péril » en Alberta, mais on croit que sa population est en déclin²⁰¹. La récolte de peaux des animaux à fourrure des piégeurs a varié mais est en déclin depuis quelques années, principalement à cause des prix de la fourrure qui sont plus bas, de la météo et du déclin de l'intérêt d'être piégeur (Figure 28)²⁰².

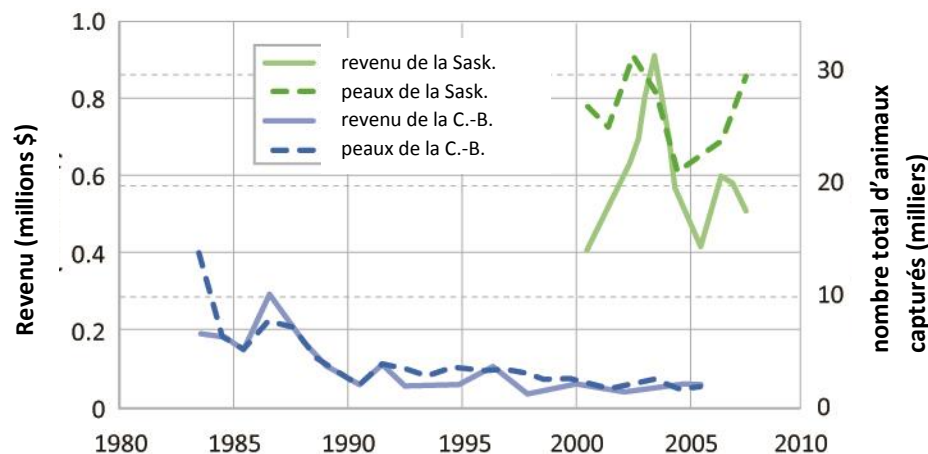


Figure 28. Revenu total (\$) et nombre d'animaux capturés dans l'écozone⁺ des plaines boréales de la C.-B. et de la Saskatchewan⁺.

Source : rendements annuels compilés du Ministry of Environment de la C.-B., 2008,²⁰³ de Saskatchewan Environment, 2008^{204 205 206 207 208 209 210 211} et Haughland, 2008²¹²

Les renseignements sont variables en ce qui touche la récolte de la pêche de même que celle de la pêche commerciale, car les déclarations sont incohérentes parmi les différentes juridictions de l'écozone⁺ des plaines boréales. En Alberta, il y a des tensions liées à une exploitation non durable concernant de nombreux lacs poissonneux, où l'accès a énormément augmenté au cours des 50 dernières années¹⁹⁸. Depuis les années 1960, la surpêche a entraîné l'effondrement de la pêche commerciale, comme le laquaiche aux yeux d'or (*Hiodon alosoides*) (Figure 29)^{213, 214}. De même, la pêche sportive a aussi contribué au déclin des populations de poissons de certains lacs; par exemple, les populations de doré jaune ont beaucoup diminué dans plusieurs lacs du nord de l'Alberta à cause de la surpêche²¹⁵. En revanche, les captures de la pêche commerciale au doré jaune du lac Winnipeg, au Manitoba, sont nombreuses (Figure 30), ce qui laisse entendre que cette espèce abonde dans le lac (voir la section sur la pêche dans le lac Winnipeg plus bas)²¹⁶. Par contre, la pêche commerciale du doré noir (*Sander canadensis*) dans le lac Winnipeg a connu un déclin depuis les années 1980 et les tendances de la population des années 2000 ne sont pas connues (Figure 30)²¹⁶. Voir la section **Error! Reference source not found.** en page 60 pour en connaître plus sur la pêcherie.

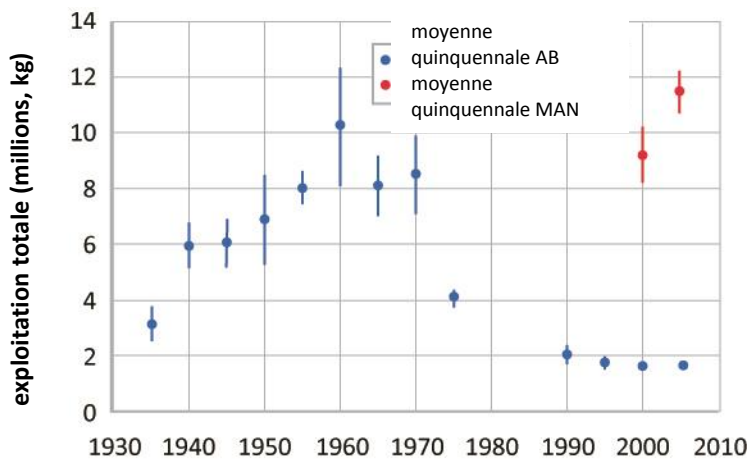


Figure 29. Récolte totale de la pêche commerciale dans l'écozone⁺ des plaines boréales de l'Alberta et du Manitoba.

Les cercles illustrent les moyennes quinquennales et barres des intervalles de confiance à 95 %.

La portée temporelle des données varie par région selon la disponibilité des données.

On a utilisé et corrigé vers le bas les valeurs provinciales de l'Alberta de 1931–1975 à l'aide d'un facteur de conversion (84 %) dérivé d'une comparaison des captures totales des données propres aux plaines boréales de 1987–2007.

Source : Haughland, 2008²¹⁷ de l'Alberta Recreation Parks and Wildlife, 1976,²¹⁴ Bodden, 2008,²¹⁸ Ministère de la Justice, 2007,²¹⁹ Gestion des ressources hydriques du Manitoba, 2006²²⁰

Pêche dans le lac Winnipeg

Le lac Winnipeg, au Manitoba, soutient la pêche commerciale la plus importante de l'écozone⁺ des plaines boréales. Elle représente 40 % de la production totale des pêches de la province du Manitoba, et est une composante essentielle de l'économie du Manitoba (la valeur annuelle des prises dans le lac Winnipeg frôle les 25 millions de dollars¹). Les trois espèces de poissons du lac Winnipeg ayant le plus de valeur commerciale sont le doré jaune, le grand corégone (*Coregonus clupeaformis*) et le doré noir. Les prises commerciales de doré jaune atteignent des sommets sans précédent alors que les prises de doré noir ont connu un déclin depuis la fin des années 1980; quant aux prises de grand corégone, elles semblent stables (Figure 30).

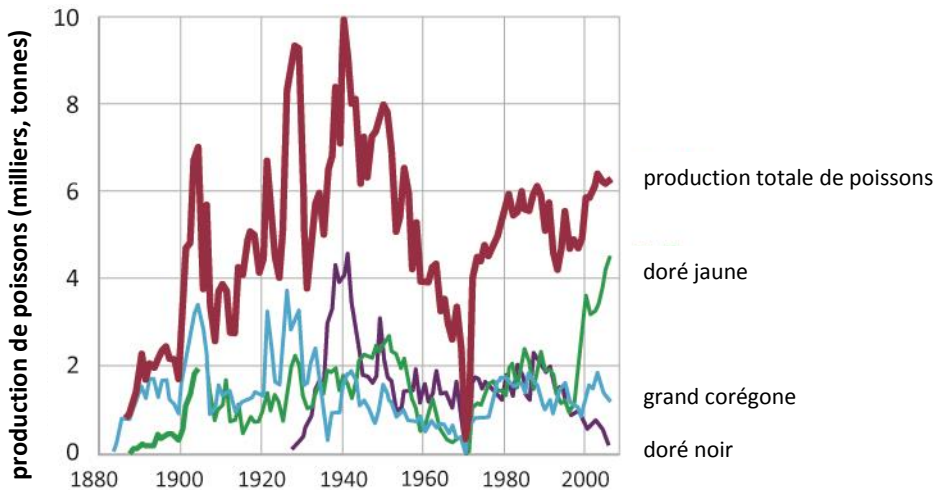


Figure 30. Production de poissons (kg) de la pêche commerciale du lac Winnipeg, 1883–2006. Source : adapté de la Manitoba Water Stewardship Fisheries Branch, indiqué dans Kling et al., 2011¹⁶⁴

Agriculture

L'agriculture, qui comprend la céréaliculture, la production de culture fourragère et l'industrie de l'élevage, a dominé l'économie de certains secteurs de l'écozone⁺ des plaines boréales. Dans la région de la rivière de la Paix, la superficie des terres agricoles est passée de 23 à 46 % entre 1961 et 1986¹⁹⁸. Entre 1985 et 2005, elle est demeurée stable, à 24 %, dans l'ensemble de l'écozone⁺ des plaines boréales. Voir la section **Erreur! eference source not found.** en page **Erreur! Bookmark not defined.**

Services de régulation

Séquestration de carbone

La séquestration de carbone de la forêt boréale est significative d'un point de vue mondial¹⁹⁶. La majorité de la quantité de ce carbone est gardée dans les dépôts de tourbe et le matériel biologique qui forme le tapis forestier^{221, 222}. Toutefois, l'état de la forêt boréale en tant que puits brut dans une année donnée est touché par d'autres facteurs, tels que les incendies de forêt, qui augmentent la libération de carbone et diminuent l'absorption du gaz carbonique^{102, 223}. Par exemple, les forêts de l'écozone⁺ des plaines boréales ont agi en tant que source nette de carbone de 2001 à 2007 (Figure 31). Les tendances futures du réchauffement climatique et de la fonte du pergélisol causés par une augmentation de la température de l'air pourraient perpétuer une tendance de libération du carbone dans l'atmosphère au cours des prochaines années²²⁴. Voir également la section **Error! Reference source not found.** en page **Error! Bookmark not defined.**

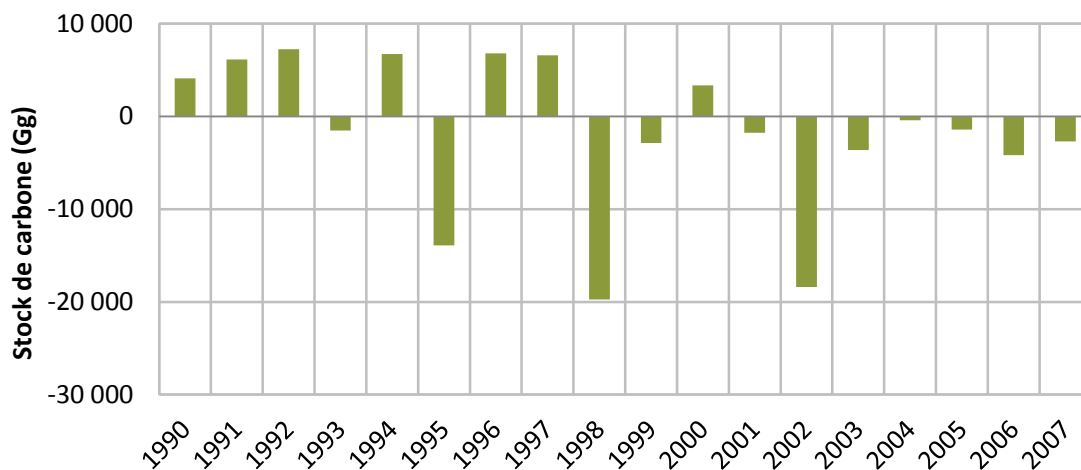


Figure 31. Changement cumulatif de la séquestration du carbone provenant de l'utilisation des terres, du changement d'utilisation des terres, et du secteur forestier de l'écozone⁺ des plaines boréales, 1990–2007.

Source : Environnement Canada, 2009²²⁵

Purification et régulation de l'eau

Les milieux humides de l'écozone⁺ des plaines boréales offrent de nombreux avantages environnementaux et à usage humain, dont¹⁹⁶ la purification de l'eau, la maîtrise des crues et la séquestration de carbone. De plus, les milieux humides offrent un habitat essentiel pour de nombreuses composantes de la biodiversité, comme les oiseaux migratoires (p. ex., le pélican d'Amérique (*Pelecanus erythrorhynchos*)²²⁶), les poissons (p. ex., le cisco à mâchoires égales et l'esturgeon jaune (*Acipenser fulvescens*)²²⁷, et les mammifères (p. ex., le castor (*Castor canadensis*)^{228 229 230 231}). Les milieux humides (les

tourbières, les marais, les tourbières basses) couvraient environ 15 % de la zone totale de l'écozone⁺ des plaines boréales en 2005 ¹⁷ (voir la section sur les

Milieux en page 21).

Services culturels

L'utilisation humaine, le plaisir et la valeur liés aux systèmes naturels sont difficiles à quantifier, mais la création, l'entretien et le taux de visites des parcs et des aires protégées font souvent office de substituts pour ces valeurs. Des trois parcs nationaux de l'écozone⁺, les données n'étaient disponibles que pour le parc national du Canada de Prince Albert, en Saskatchewan, où le nombre de visiteurs a augmenté entre 1987 et 2007 (Figure 32)²³². Le nombre d'aires protégées a également augmenté, passant de 4 à 8 % entre 1992 et 2009¹⁰⁸.

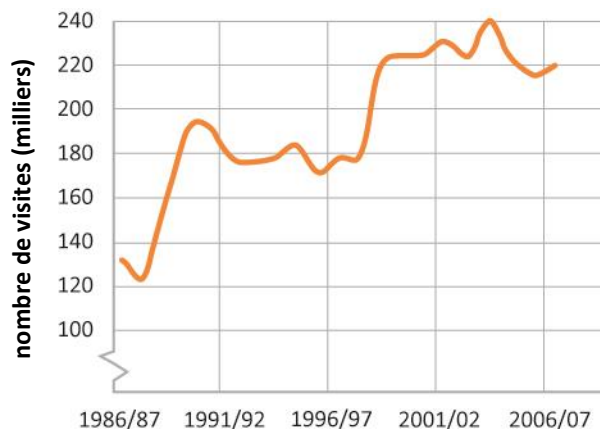


Figure 32. Nombre total de visites au parc national du Canada de Prince Albert, Sask..
Source : Corrigan, 2008²³²

Valorisation des écoservices

Davantage d'efforts de valorisation des écoservices de l'écozone⁺ des plaines boréales ont récemment été déployés^{233, 234}, tout comme a augmenté l'intérêt dans des approches fondées sur la force du marché afin de conserver la forêt boréale, en particulier celle dans la région des sables bitumineux de l'Alberta¹¹². L'Alberta et le Manitoba explorent des instruments fondés sur la force du marché comme outils pour valoriser les écoservices de l'intendance. Les services, les produits et les avoirs des écosystèmes ont été déterminés et classés selon leur qualité pour le sud de l'Alberta²³⁵, qui comprend des zones de l'écozone⁺ des plaines boréales. Le Manitoba applique les concepts des produits et services écologiques dans l'élaboration de futures politiques agro-environnementales, par l'entremise du groupe de travail Manitoba Ecological Goods and Services Initiative Working Group. Par exemple, Growing Assurance – Ecological Goods and Services²³⁶ fournit de l'aide financière aux districts de conservation locaux afin de les aider à mettre

en œuvre les meilleures pratiques de gestion pour rénover les exploitations agricoles, conserver et améliorer les produits et services écologiques du paysage agricole.

THÈME : HABITATS, ESPÈCES SAUVAGES ET PROCESSUS ÉCOSYSTÉMIQUES

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.

L'écozone⁺ des plaines boréales est la deuxième seulement de l'écozone⁺ des Prairies dans le secteur des terres agricoles. Les paysages agricoles consistent en une mosaïque d'habitats sauvages et favorisent de nombreuses composantes de la biodiversité.

Toutefois, la capacité d'habitat sauvage des paysages agricoles a connu un déclin dans l'écozone⁺ des plaines boréales, de 1986 à 2006, principalement à cause de la perte de la couverture terrestre naturelle²³⁷.

Couverture terrestre agricole

Les terres agricoles de l'écozone⁺ des plaines boréales se sont élargies entre 1986 et 2006 (de 130 000 à 135 000 km²) pour englober environ 21 % de l'écozone⁺²³⁸ (Figure 33). Cette augmentation découle principalement du fait de la conversion des forêts en pâturage et en terres agricoles (voir la section

Forêts en page 14). La majeure partie des terres agricoles (≈75 %) est concentrée dans l'écorégion de transition boréale et l'écorégion des basses terres de la rivière de la Paix. Les deux principaux types de couverture terrestre, les terres naturelles pour le pâturage et les terres céréalières, ont connu un déclin entre 1986 et 2006, pour passer de 27 à 24 %, et de 26 à 19 %, respectivement. Le foin cultivé (6 à 16 %), le pâturage bonifié (8 à 12 %) et les oléagineux (10 à 11 %) ont acquis un plus grand échange de terres agricoles, alors que les terres en jachère (10 à 3 %) et toutes les autres terres³ (14 à 13 %) ont diminué.

³ Le paysage agricole (ou terres agricoles) comprend la catégorie « toutes les autres terres » du Recensement de l'agriculture, qui est constitué des zones comme les milieux humides, les zones riveraines, les brise-vent, les terrains boisés, les terres improductives et les terres stériles, et les zones anthropiques (bâtiments d'exploitation, serres et couloirs).

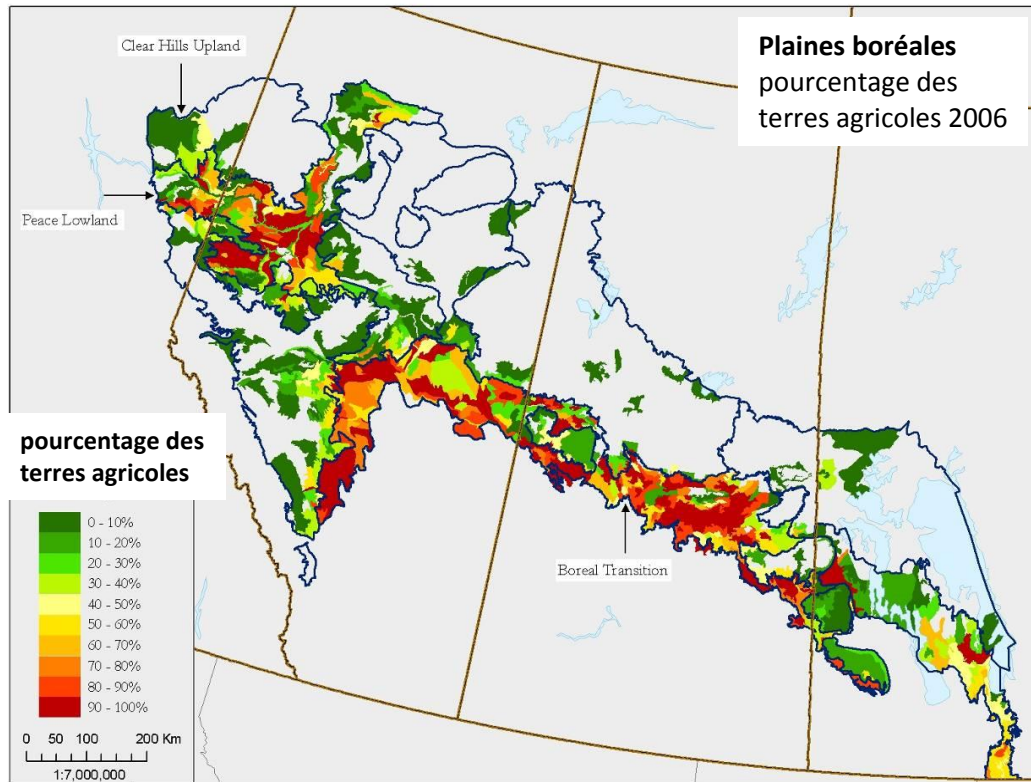


Figure 33. Pourcentage de couverture terrestre agricole de l'écozone⁺ des plaines boréales.
Source : Javorek et Grant, 2011²³⁷

Possibilité d'utilisation des terres agricoles par la faune

Un total de 314 espèces (235 oiseaux, 63 mammifères, 6 reptiles et 9 amphibiens) utilisent possiblement les terres agricoles dans l'écozone⁺ des plaines boréales²³⁷. Toutefois, ce ne sont pas tous les types de terres agricoles qui peuvent répondre aux besoins de ces espèces; de plus, la valeur de l'habitat agricole est touchée par la capacité des habitats adjacents à fournir les ressources requises. De toutes les catégories de couverture terrestre du paysage agricole, la catégorie « toutes les autres terres » qui comprend les milieux humides, les zones riveraines et les forêts, était le type de couverture le plus intéressant pour la faune; il s'adapte aux exigences de l'élevage et de la quête alimentaire de 280 espèces (89 %) ²³⁷. Le deuxième type de couverture le plus intéressant, les terres naturelles pour le pâturage, s'adapte aux exigences de l'élevage et de la quête alimentaire de 62 espèces (20 %); ce pourcentage grimpe à 40 % lorsque l'habitat nécessaire pour l'élevage se trouvait tout près. Seulement 11 espèces (4 %) ont répondu aux exigences en matière d'élevage et de besoins alimentaires entièrement sur les terres agricoles (p. ex., les catégories de la couverture terrestre pour le foin cultivé, les céréales et les oléagineux). Toutefois, lorsque l'habitat pour l'élevage était présent, 90 espèces (29 %) étaient en mesure d'utiliser les terres agricoles comme habitat d'alimentation.

Capacité de l'habitat faunique

La nature dynamique des pratiques agricoles de l'écozone⁺ des plaines boréales a donné lieu à des changements simultanés de l'utilisation bénéfique et nuisible des terres par la faune. Par conséquent, aucun changement dans la capacité de l'habitat faunique n'a été fait sur 78 % des terres agricoles de l'écozone⁺ entre 1986 et 2006 (Figure 34). Toutefois, il y a eu une diminution importante dans la capacité de 13,4 % des terres agricoles et une augmentation de seulement 8,6 %, entraînant un déclin général de la capacité de l'habitat faunique dans l'écozone⁺ des plaines boréales (Figure 34, Figure 35)²³⁷. Puisque la capacité de l'habitat faunique s'est maintenue stable dans l'écorégion de transition boréale, le principal motif du déclin est causé par la réduction du type de couverture favori, « toutes les autres terres » (17 à 13 %) de la région des basses terres de la rivière de la Paix (Figure 35). Puisque cela concerne les populations d'oiseaux, le déclin des types de couvertures naturelles (c.-à-d. « toutes les autres terres » et « les terres naturelles pour le pâturage »), et l'intensification des systèmes agricoles ont réduit la disponibilité et la qualité de l'habitat pour les peuplements d'espèces d'oiseaux des prairies et en eaux libres des paysages agricoles de l'écozone⁺ des plaines boréales (Figure 36)^{237,239}.

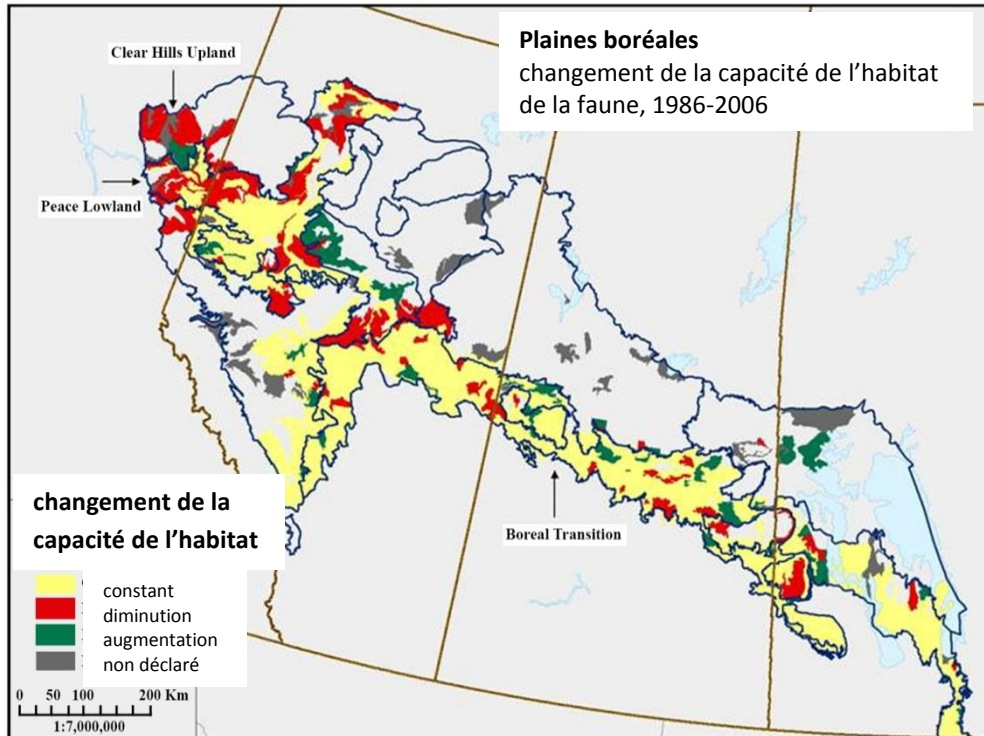
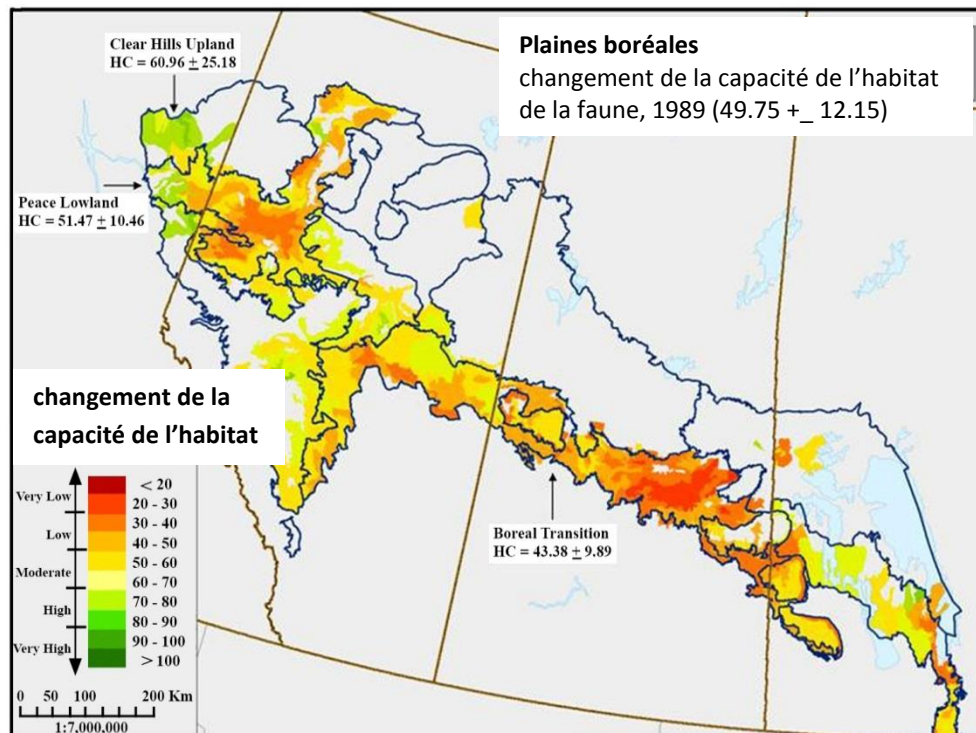
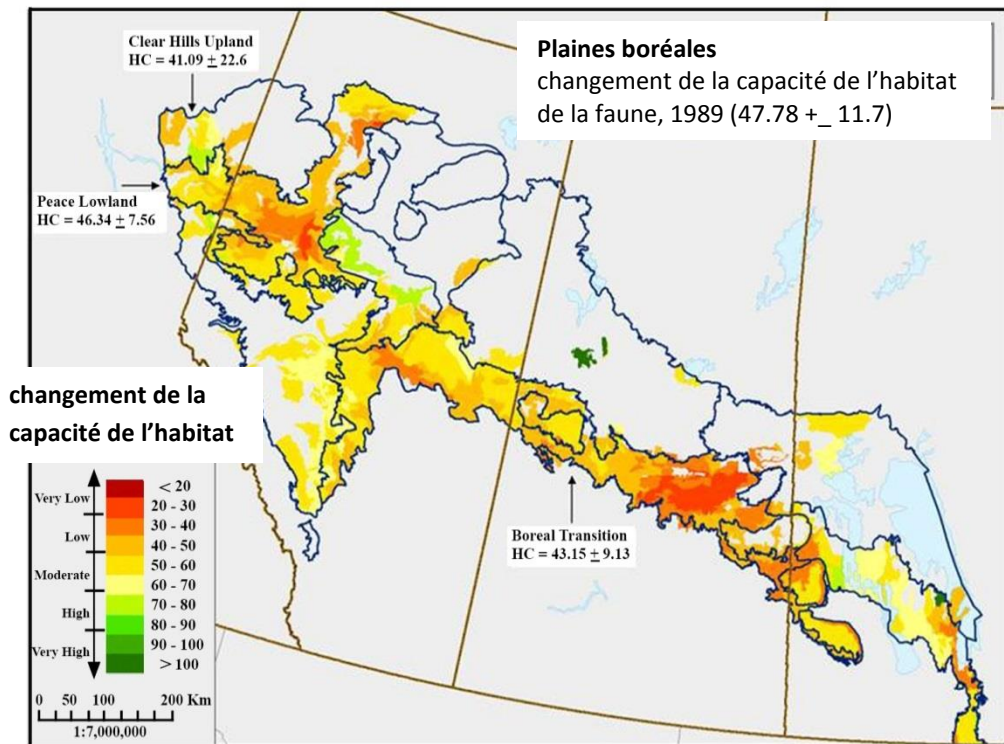


Figure 34. Changements dans la capacité d'habitat faunique sur les terres agricoles de l'écozone⁺ des plaines boréales, entre 1986 et 2006.
 Source : Javorek et Grant, 2011²³⁷

a)



b)



c)

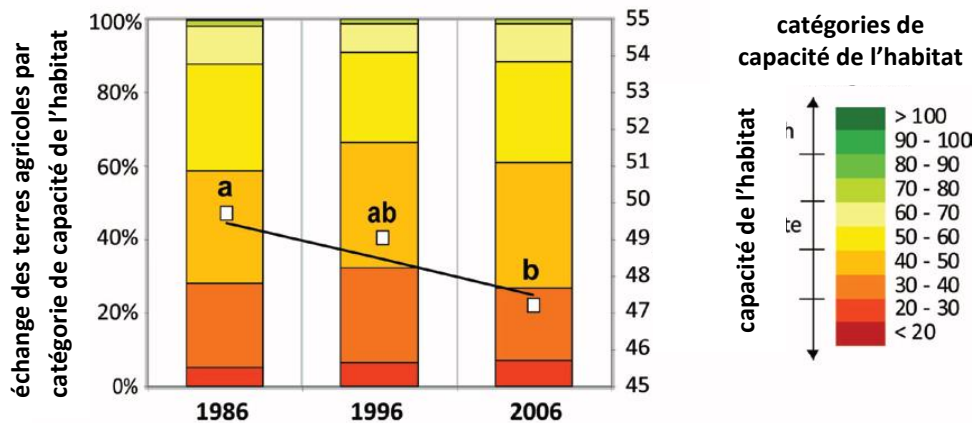


Figure 35. Capacité de l'habitat faunique sur les terres agricoles de l'écozone⁺ des plaines boréales en a) 1986 et b) 2006 et c) Échange de terres agricoles pour chaque catégorie de capacité de l'habitat (barres, axe de gauche) et la capacité de l'habitat moyen pour l'écozone⁺ des plaines boréales en 1986, 1996 et 2006 (points et ligne, axe de droit). Les années accompagnées de différentes lettres diffèrent considérablement (ANOVA : F = 4,25, différence franchement significative de Tukey p<0,05). Source : Javorek et Grant, 2011²³⁷

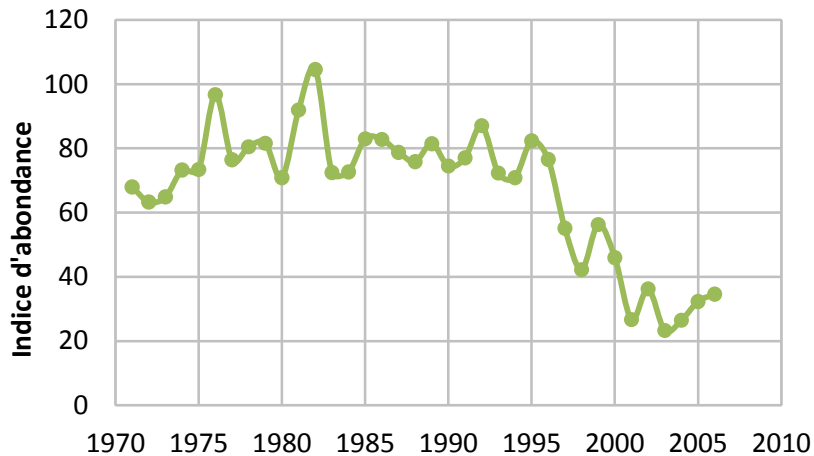


Figure 36. Indices annuels de changement de la population d'oiseaux en eaux libres et en terres agricoles dans l'écozone⁺ des plaines boréales.

Fondé sur les données provenant du Relevé des oiseaux nicheurs.

Source : Downes et coll., 2011²³⁹

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.

L'activité humaine dans l'écozone⁺ des plaines boréales présente des effets positifs et négatifs sur les populations sauvages. Les tailles des populations dans la biodiversité sont principalement touchées par la perte d'habitats, qui souvent résulte de l'activité humaine; toutefois, la maladie et la prédation jouent aussi un rôle important dans la fluctuation des populations dans la biodiversité. Les sables bitumineux en Alberta présentent une menace potentielle envers la biodiversité, et l'Alberta Biodiversity Monitoring Institute (ABMI)²⁴⁰ (voir la section sur l'**Error! Reference source not found.** en page **Error! Bookmark not defined.**) travaille de concert avec les organismes fédéraux et provinciaux afin de mettre en œuvre des systèmes de surveillance scientifiquement crédibles pour la zone des sables bitumineux de l'Athabasca.

La zone des sables bitumineux de l'Athabasca se trouve dans l'écozone⁺ des plaines boréales et sa superficie représente 14 % de l'Alberta. L'incidence de l'emprise humaine couvre 6,8 % de la zone des sables bitumineux de l'Athabasca, alors que 9 % est

protégé²⁴¹. L'ABMI a évalué l'état de 386 espèces communes de la zone des sables bitumineux de l'Athabasca entre 2003 et 2012. Les évaluateurs ont trouvé une abondance plus forte que prévu d'espèces qui s'épanouissent dans des zones où le développement humain est présent, et une abondance moins forte que prévu d'espèces qui s'épanouissent dans les anciennes forêts²⁴¹. La moitié (12 sur 24) des oiseaux des anciennes forêts était moins nombreuse que prévu s'il y avait eu absence d'incidence de l'emprise humaine. Parmi les oiseaux des anciennes forêts moins nombreux que prévu, on trouve le grimpeur brun (*Certhia americana*), la paruline à gorge noire (*Dendroica virens*), la mésange à tête brune (*Poecile hudsonicus*), la paruline tigrée (*Dendroica tigrina*) et la moucherolle tchébec (*Empidonax minimus*). Toutefois, le grand pic (*Dryocopus pileatus*), le troglodyte mignon (*Troglodytes hiemalis*) et le viréo mélodieux (*Vireo gilvus*) étaient plus nombreux que prévu²⁴¹.

Des 13 taxons de mammifères, trois d'entre eux (la martre d'Amérique (*Martes americana*) et le pêcheur (*Martes pennanti*), les souris et campagnols (*Rodentia*), et l'écureuil roux (*Tamiasciurus hudsonicus*)) étaient moins nombreux; aussi, le renard roux (*Vulpes vulpes*), le vison et le loup (*Canis lupus*) étaient moins nombreux que prévu s'il y avait eu absence d'incidence de l'emprise humaine²⁴¹.

L'ABMI a également mesuré « l'intégrité », modèles statistiques qui décrivent la relation entre l'abondance relative des espèces individuelles, de l'habitat et de l'incidence de l'emprise humaine pour la région naturelle de la forêt boréale. On a décelé l'oribate (*Tectocephus sarekensis*) sur 5 % des sites de la zone des sables bitumineux de l'Athabasca, et il était intact à 90 % (Tableau 6). La présence et l'abondance d'espèces de cette famille (Tectocephidae) indiquent souvent une perturbation récente de l'habitat²⁴².

Des 23 plantes vasculaires baccifères, 20 étaient moins nombreuses que prévu que s'il y avait eu incidence de l'emprise humaine. Les framboises (*Rubus idaeus*), qui poussent sur des zones ouvertes et perturbées comme les brûlis, en forêt récemment exploitée et le bord des routes, étaient plus nombreuses que s'il y avait eu incidence de l'emprise humaine²⁴¹.

Tableau 6. Intégrité des différentes composantes de la biodiversité de la zone des sables bitumineux de l'Athabasca, en Alberta.

Source : Alberta Biodiversity Monitoring Institute²⁴¹

Composante de la biodiversité	Nombre d'espèces	Intégrité
Oiseaux indigènes	71	92 %
Mammifères actifs l'hiver	13	95 %
Oribates	62	95 %
Plantes indigènes	165	93 %
Mousse	75	96 %
Intégrité générale	386	94 %

Source : Alberta Biodiversity Monitoring Institute²⁴¹

L'ABMI surveille 14 des 28 espèces considérées en péril de la zone des sables bitumineux de l'Athabasca. Cela comprend six espèces figurant sur la liste des espèces menacées à l'échelle provinciale ou fédérale, ou les deux (Tableau 7).

Tableau 7. Sommaire des espèces en péril de la zone des sables bitumineux de l'Athabasca; les flèches indiquent si l'espèce est plus nombreuse que prévu, ou moins nombreuse que prévu.

Espèces	Désignation*	Évaluation de l'ABMI	Abondance	% décelé sur les sites
Paruline à poitrine baie (<i>Dendroica castanea</i>)	Sensible – ESRD En cours – ESCC de l'AB 2010-	Intacte à 97 %	↑	15
Paruline à gorge noire (<i>Dendroica virens</i>)	Sensible – ESRD Espèce préoccupante – ESCC de l'AB 2010	Intacte à 85 %	↓	4
Grimpereau brun (<i>Certhia americana</i>)	Sensible – ESRD	Intacte à 81 %	↓	10
Paruline du Canada (<i>Wilsonia canadensis</i>)	Sensible – ESRD Menacée – COSEPAC Menacée – LEP	Intacte à 99 %	↓	10
Paruline tigrée (<i>Dendroica tigrina</i>)	Sensible – ESRD En cours – ESCC de l'AB 2010	Intacte à 96 %	↓	26
Paruline masquée (<i>Geothlypis trichas</i>)	Sensible – ESRD	Intacte à 95 %	↑	36
Moucherolle tchébec (<i>Empidonax minimus</i>)	Sensible – ESRD	Intacte à 93 %	↓	44
Moucherolle à côtés olive (<i>Contopus cooperi</i>)	Possiblement en péril – ESRD Menacée – COSEPAC Menacée – LEP	Intacte à 99 %	↑	17
Grand pic (<i>Dryocopus pileatus</i>)	Sensible – ESRD	Intacte à 87 %	↑	22
Quiscale rouilleux (<i>Contopus cooperi</i>)	Sensible – ESRD Espèce préoccupante – COSEPAC Espèce préoccupante – LEP	Intacte à 99 %	↑	6
Marouette de Caroline (<i>Porzana carolina</i>)	Sensible – ESRD	Intacte à 95 %	↑	11
Piranga à tête rouge (<i>Piranga ludoviciana</i>)	Sensible – ESRD	Intacte à 96 %	↓	36
Pioui de l'Ouest (<i>Contopus sordidulus</i>)	Sensible – ESRD	Intacte à 90 %		14
Moucherolle à ventre jaune (<i>Empidonax flaviventris</i>)	Indéterminée – ESRD	Intacte à 91 %	↓	10

*Les catégories de menace des espèces en péril identifiées comme telles par le gouvernement du Canada ou le gouvernement de l'Alberta, ou les deux. Cette évaluation comprend les espèces et les sous-espèces identifiées comme telles par le Comité sur la situation des espèces en péril du Canada (COSEPAC), inscrites en vertu de la Loi sur les espèces en péril du Canada (LEP), reconnues par le Ministry of Environment and Sustainable Resource Development de l'Alberta (ESRD), ou identifiées par le Endangered Species Conservation Committee de l'Alberta (ESCC de l'AB), ou les deux.

Source : Alberta Biodiversity Monitoring Institute²⁴¹

La majorité des espèces menacées de tout l'écozone⁺ des plaines boréales sont les plantes vasculaires et les phytocénoses; les amphibiens présentent la proportion la plus élevée d'espèces en péril (Figure 37)^{243 244 245}.

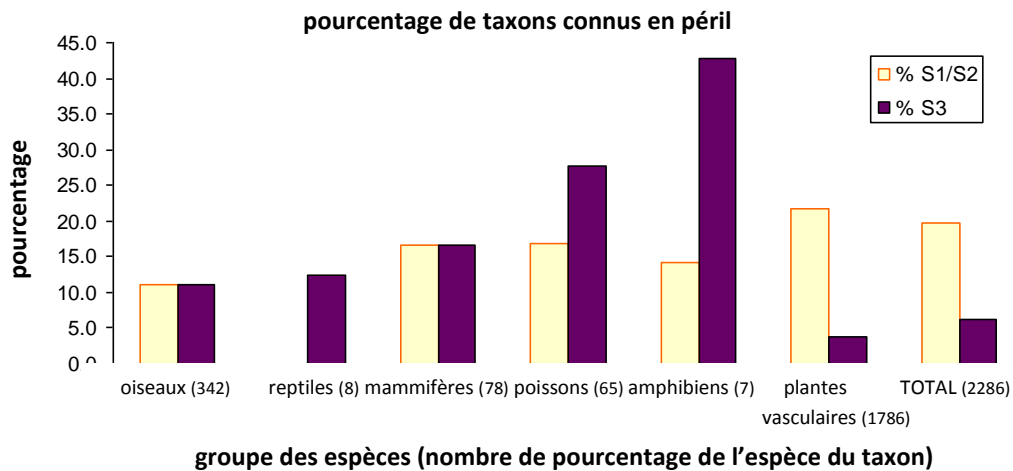


Figure 37. Pourcentage des taxons connus classés S1/S2 (en péril) et S3 (peut-être en péril), depuis 2008.

Les taxons classés ont été compilés depuis les listes de surveillance des sous-régions et de l'écorégion des provinces^{243, 246 247 248}. Le total des espèces connues de chaque groupe est estimé à partir de la somme des espèces figurant sur les listes de surveillance et des guides d'excursion en Alberta^{249, 250} et en Saskatchewan²⁴⁶. En ce qui concerne les espèces classées à plusieurs reprises, on a utilisé le classement de l'espèce la plus en péril. Toute autre sous-espèce énumérée et ses variantes sont incluses dans les totaux.

Source : Haughland, 2008²⁵¹

Poissons

L'écozone⁺ des plaines boréales héberge deux espèces de poissons importantes du point de vue économique, classées en péril par le COSEPAC : l'esturgeon jaune, en voie de disparition, et le cisco à mâchoires égales, menacé^{227, 252}. Dans le passé, la surexploitation était la cause de la baisse marquée des populations d'esturgeon jaune; plus récemment, les barrages, la dégradation des habitats et les contaminants provenant du lessivage des terres cultivées se trouvent parmi les menaces les plus dangereuses²²⁷. Le recul déjà constaté du cisco à mâchoires égales était aussi causé par la surexploitation; les menaces actuelles comprennent la dégradation des habitats et l'introduction de poissons comme l'éperlan arc-en-ciel (*Osmerus mordax*), qui rivalise avec le cisco, et qui le chasse⁹⁸. Dans l'écozone⁺ des plaines boréales, l'état des populations qui persistent dans les plus petits lacs en Alberta, en Saskatchewan et au Manitoba est inconnu.

Le doré jaune, le grand brochet (*Esox lucius*) et la perchaude (*Perca flevescens*) sont trois espèces de poissons sportifs de l'écozone⁺. Le doré jaune est un poisson populaire pour les pêcheurs à la ligne, dans les lacs boréaux relativement dispersés mais très abondants en poissons de l'Alberta²¹⁵. À cause d'une gestion passive et d'une surexploitation, de

nombreuses pêcheries au doré jaune se sont effondrées entre les années 1950 et les années 1980, et doivent s'en remettre²¹⁵. Malgré sa possibilité de récupération si les pêches sont libérées des menaces, le doré jaune est toujours exploité à cause des tensions sociétales et économiques (Figure 38)^{215, 253}.

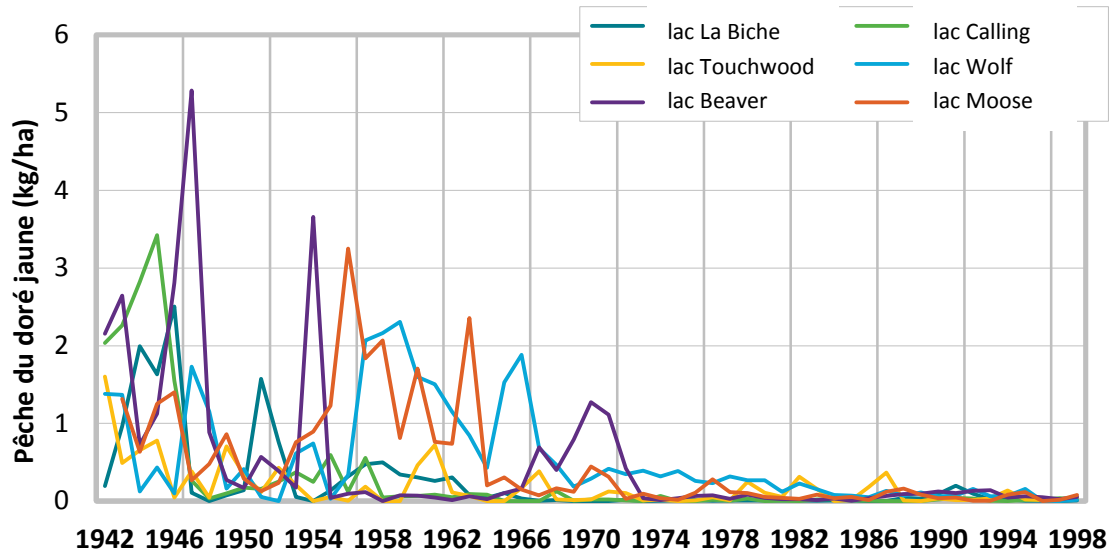


Figure 38. Pêches commerciales du doré jaune (kg/ha) sur les lacs de l'écozone⁺ des plaines boréales de l'Alberta, de 1942 à 1998.

Source : Sullivan 2003²¹⁵ et des données provenant de l'auteur

Oiseaux

Oiseaux terrestres

La forêt boréale sud de l'Ouest canadien, y compris l'écozone⁺ des plaines boréales, englobe les aires de reproduction de plus de 200 espèces d'oiseaux²⁵⁴; près de la moitié sont des migrateurs néotropicaux. À l'instar des tendances partout au Canada, quatre des cinq groupements d'habitat d'oiseaux ont chuté depuis les années 1970. Les oiseaux des maquis et de succession ont connu un déclin de 1,2 % par année, les oiseaux urbains et sous-urbains ont diminué de 1,3 % par année, les oiseaux en eaux libres et des milieux agricoles diminuer de 2,6 % par année, les oiseaux des prairies ont connu un déclin de 1,7 % par année et les oiseaux des milieux forestiers étaient stables (Figure 39)²³⁹. Ces estimations 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. Un grand nombre d’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 adéquate²⁵⁵. La variabilité des aptitudes des observateurs ainsi que la couverture partielle du territoire sont d’autres sources d’erreur systématique²⁵⁶. L’Écozone+ des plaines boréales coïncide avec la région de conservation des oiseaux 6 (Taïga des plaines boréales). Bien que la RCO 6 comprenne également l’Écozone+ du bouclier de la taïga, les corridors achalandés visés par le relevé sont concentrés dans les deux tiers sud de l’Écozone+ des plaines boréales. Il s’agit aussi de la région où une rapide altération des habitats et la perte d’habitats se font surtout sentir.

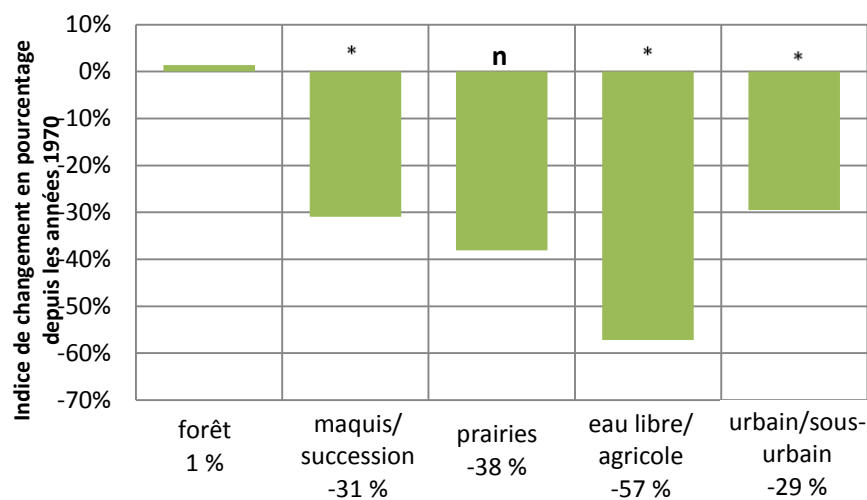


Figure 39. Tendances de l’abondance des oiseaux terrestres de l’Écozone+ des plaines boréales. L’axe des « y » représente le changement en pourcentage de l’indice moyen de l’abondance entre la première décennie pour laquelle il existe des données (les années 1970) et les années 2000 (2000 à 2006).

* indique $p < 0,05$; n indique $0,05 < p < 0,1$; aucune valeur indique que ce n’est pas significatif.

Source : adapté des données dans Downes et coll., 2011²³⁹ fondé sur les données du Relevé des oiseaux nicheurs²⁵⁷

Les estimations de peuplements d’oiseaux reposent sur une analyse antérieure (années 1970 à 2007) du Relevé des oiseaux nicheurs de l’Amérique du Nord²⁴¹. Les tendances par espèces d’oiseaux sont fondées sur des données et des analyses actualisées. Depuis 2011, les résultats sont produits en appliquant une analyse axée sur la hiérarchisation de Bayes. Cette approche nouvelle permet des estimations de tendances plus précises qui sont moins sensibles à une erreur d’échantillonnage et donne des mesures plus intuitives des sources d’incertitudes. Ajoutons que les estimations de la couverture géographique ont été calculées à nouveau à l’aide d’une version à jour des cartes des aires de répartition des espèces. Les utilisateurs devraient prendre note que les variations des estimations de la couverture entre les analyses de 2012 et de 2011 sont

l'expression des cartes des aires de répartition des espèces mises à jour et non d'une modification de l'étendue du territoire sur lequel porte le relevé²⁵⁸.

Dans l'ensemble, l'assemblage des oiseaux forestiers était stable; cependant, les populations de gélinottes huppées (*Bonasa umbellus*) et de solitaires de Townsend (*Myadestes townsendi*) ont subi un déclin, alors que celles de grands pics et de parulines à flancs marron (*Setophaga pensylvanica*) ont augmenté (Tableau 8)²³⁹.

Tableau 8. Tendances de l'abondance (variation en % par année) et fiabilité de celles-ci dans le cas des espèces d'oiseaux des forêts de l'écozone⁺ des plaines boréales, des années 1970 et 1989 à 2012.

Espèce	Année	Tendance annuelle	Fiabilité
Pic à dos rayé (<i>Picoides dorsalis</i>)	1973-2012	1,44	Faible
Pic à dos noir (<i>Picoides arcticus</i>)	1978-2012	-4,15	Faible
Paruline à gorge orangée (<i>Setophaga fusca</i>)	1970-2012	0,51	Faible
Paruline à gorge noire (<i>Setophaga virens</i>)	1970-2012	-2,91	Faible
Grimpereau brun (<i>Certhia americana</i>)	1977-2012	0,2	Faible
Paruline du Canada (<i>Cardellina canadensis</i>)	1970-2012	-3,3	Faible
Paruline à flancs marron (<i>Setophaga pensylvanica</i>)	1970-2012	4,91	Faible
Pic mineur (<i>Picoides pubescens</i>)	1970-2012	0,73	Moyenne
Pioui de l'Est (<i>Contopus virens</i>)	1970-2012	-3,61	Faible
Gros-bec errant (<i>Coccothraustes vespertinus</i>)	1972-2012	-3,62	Faible
Roitelet à couronne dorée (<i>Regulus satrapa</i>)	1972-2012	1,21	Faible
Paruline à joues grises (<i>Oreothlypis ruficapilla</i>)	1970-2012	-0,69	Moyenne
Biréo de Philadelphie (<i>Vireo philadelphicus</i>)	1970-2012	0,14	Faible
Grand pic (<i>Dryocopus pileatus</i>)	1970-2012	4,91	Moyenne
Durbec des sapins (<i>Pinicola enucleator</i>)	1989-2012	-13,1	Faible
Bec-croisé des sapins (<i>Loxia curvirostra</i>)	1970-2012	-5,29	Faible
Pic à tête rouge (<i>Melanerpes erythrocephalus</i>)	1970-2012	-2,2	Faible
Gélinotte huppée (<i>Bonasa umbellus</i>)	1970-2012	-1,4	Faible
Tohi tacheté (<i>Pipilo maculatus</i>)	1976-2012	-1,43	Faible
Solitaire de Townsend (<i>Myadestes townsendi</i>)	1989-2012	-4,43	Faible
Grive fauve (<i>Catharus fuscescens</i>)	1970-2012	-4,75	Faible
Sittelle à poitrine blanche (<i>Sitta carolinensis</i>)	1970-2012	5,25	Faible
Troglodyte des forêts (<i>Troglodytes hiemalis</i>)	1972-2012	0,48	Faible
Viréo à gorge jaune (<i>Vireo flavifrons</i>)	1970-2012	1,53	Faible

Source : Environnement Canada 2014²⁵⁸

Contrairement à l'assemblage d'oiseaux forestiers, la plupart des espèces de maquis et de forêts au stade pionnier ont accusé un déclin (Figure 40)¹⁶⁵, certaines même de plus de 40 % (Tableau 9). À mesure que l'habitat de maquis arrivait à maturité et se transformait en jeunes forêts, les populations d'oiseaux de maquis, dont la paruline triste (*Geothlypis philadelphia*), ont chuté au rythme de la disparition de leur habitat de prédilection¹⁶⁵.

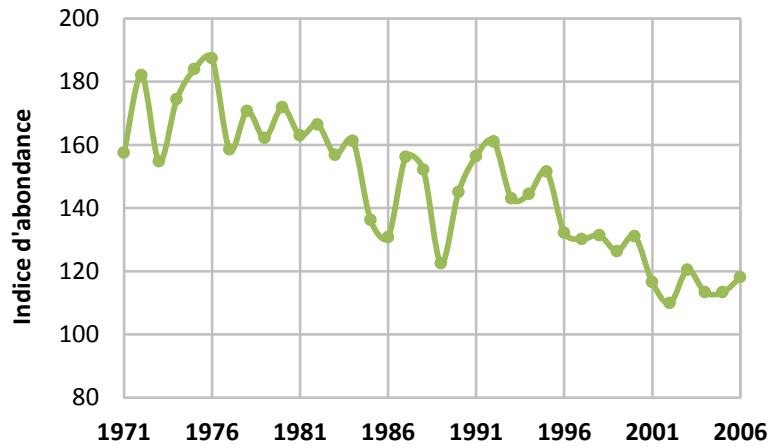


Figure 40. Indices annuels du changement de la population des oiseaux du maquis et pionnière de l'écozone* des plaines boréales.

Source : adapté de Downes et coll., 2011²³⁹ fondé sur les données du Relevé des oiseaux nicheurs²⁵⁷

Tableau 9. Tendances de l'abondance (variation en % par année) et fiabilité de celles-ci dans le cas des espèces d'oiseaux sélectionnées du maquis et pionnières caractéristiques de l'écozone⁺ des plaines boréales, de 1970 à 2012.

Espèce	Tendance annuelle (1970-	Fiabilité
Chardonneret jaune (<i>Spinus tristis</i>)	-1,62	Moyenne
Paruline à gorge grise (<i>Oporornis agilis</i>)	-1,43	Moyenne
Bruant sauterelle (<i>Ammodramus savannarum</i>)	-9,5	Faible
Moqueur chat (<i>Dumetella carolinensis</i>)	-0,59	Élevée
Perdrix grise (<i>Perdix perdix</i>)	1,55	Faible
Troglodyte familier (<i>Troglodytes aedon</i>)	-0,67	Moyenne
Paruline triste (<i>Geothlypis philadelphia</i>)	-2,32	Moyenne
Bruant chanteur (<i>Melospiza melodia</i>)	-1,54	Moyenne
Tohi tacheté (<i>Pipilo maculatus</i>)	-1,43 (1976-2012)	Faible

Source : Environnement Canada 2014²⁵⁸

Oiseaux de rivage

Comme pour la taïga et les autres écozones⁺ du nord, les oiseaux de rivage ne sont pas surveillés adéquatement dans l'écozone⁺ des plaines boréales. Toutefois, l'information disponible sur les oiseaux de rivage de la région boréale laisse entendre que plusieurs espèces ont connu un déclin^{259, 260} (Tableau 10)¹⁷⁸. Ces tendances sont pertinentes aux populations des oiseaux de rivage de la forêt boréale, y compris les écozones⁺ des plaines boréales, du bouclier boréal, de la cordillère boréale, du bouclier de la taïga, des plaines de la taïga et de la cordillère de la taïga.

Tableau 10. Tendances de l'abondance (variation en % par année) et fiabilité de celles-ci dans le cas des oiseaux de rivage de l'écozone⁺ des plaines boréales, de 1970 à 2012.

Espèce	Années	Tendance annuelle	Fiabilité
Avocette d'Amérique (<i>Recurvirostra americana</i>)	1973-2012	4,83	Faible
Grand chevalier (<i>Tringa melanoleuca</i>)	1970-2012	2,6	Faible
Pluvier kildir (<i>Charadrius vociferus</i>)	1970-2012	-4,67	Moyenne
Barge marbrée (<i>Limosa fedoa</i>)	1970-2012	2,59	Moyenne
Maubèche des champs (<i>Bartramia longicauda</i>)	1970-2012	-9,3	Faible
Chevalier semipalmé (<i>Tringa semipalmata</i>)	1970-2012	-1,22	Faible
Phalarope de Wilson (<i>Phalaropus tricolor</i>)	1970-2012	-5,62	Faible

Source : Environnement Canada 2014²⁵⁸

Oiseaux aquatiques

Parce que de nombreuses espèces d’oiseaux aquatiques sont ichthyophages, et que, par conséquent, elles sont au sommet du réseau trophique pélagique¹⁷⁹, on a utilisé les oiseaux aquatiques et de rivage comme indicateurs de santé de l’écosystème pendant de nombreuses années²⁶¹. La surveillance des oiseaux aquatiques de l’écozone+ des plaines boréales a eu des résultats inégaux; il n’empêche que des données locales sur le grèbe élégant (*Aechmophorus occidentalis*) et le pélican d’Amérique (*Pelecanus erythrorhynchos*) étaient disponibles²⁶². En Alberta, les grèbes élégants ont connu un déclin et se reproduisent peu²⁶³. La dégradation des habitats (par des déversements de pétrole, la pollution et une baisse du nombre de proies) ainsi que les perturbations et les aménagements anthropiques sont autant de menaces à la survie des grèbes, et des oiseaux aquatiques en général²⁶². La population du pélican d’Amérique a augmenté en Saskatchewan entre 1976 et 1991, et ne fait plus partie de la liste des espèces menacées de cette province²⁶². En Alberta, le nombre de pélicans d’Amérique reproducteurs est faible et figure sur la liste des espèces sensibles dans la province²²⁶. L’observation réalisée par les collectivités autochtones autour du barrage de Fairford et du lac St. Martin au Manitoba laisse entendre que les pélicans ont étendu leur territoire vers le nord²⁶⁴. Bien que la fiabilité soit faible, le Relevé des oiseaux nicheurs de l’Amérique du Nord laisse entendre que les populations de pélicans sont à la hausse dans l’écozone+ (Tableau 11. Tendances de l’abondance (variation en % par année) et fiabilité de celles-ci dans le cas des oiseaux aquatiques de l’écozone+ des plaines boréales, de 1970 à 2012.)²⁵⁸. Cependant, ce même relevé n’est généralement pas d’une grande utilité en ce qui a trait au recensement des colonies d’oiseaux aquatiques²⁶².

Tableau 11. Tendances de l’abondance (variation en % par année) et fiabilité de celles-ci dans le cas des oiseaux aquatiques de l’écozone+ des plaines boréales, de 1970 à 2012.

Espèce	Tendance annuelle	Fiabilité
Pélican d’Amérique (<i>Pelecanus erythrorhynchos</i>)	3,59	Faible
Guifette noire (<i>Chlidonias niger</i>)	-4,2	Faible
Sterne caspienne (<i>Hydroprogne caspia</i>)	-1,69	Faible
Plongeon huard (<i>Gavia immer</i>)	1,85	Moyenne
Sterne pierregarin (<i>Sterna hirundo</i>)	-2,41	Faible
Cormoran à aigrettes (<i>Phalacrocorax auritus</i>)	6,44	Faible
Grèbe à cou noir (<i>Podiceps nigricollis</i>)	-0,36	Faible
Sterne de Forster (<i>Sterna forsteri</i>)	-2,13	Faible
Grèbe esclavon (<i>Podiceps auritus</i>)	-1,83	Moyenne
Grèbe jougris (<i>Podiceps grisegena</i>)	-0,14	Moyenne
Grèbe élégant ([Clark’s/Western]) (<i>Aechmophorus</i> sp.)	0,06	Faible

Source : Environnement Canada 2014²⁵⁸

Sauvagines

L'écozone⁺ des plaines boréales est l'une des régions les plus importantes pour la reproduction des sauvagines en Amérique du Nord²⁶⁵. Les populations d'espèces telles que la macreuse brune (*Melanitta fusca*) et le canard pilelet (*Anas acuta*) ont accusé un déclin à cause, en partie, des impacts cumulatifs des activités anthropiques telles que la conversion vers l'agriculture, l'exploitation forestière et la mise en valeur du pétrole et du gaz. À l'instar d'autres régions, les populations de bernaches du Canada (*Branta canadensis*) nichant en régions tempérées ont augmenté dans l'écozone⁺ des plaines boréales (**Error! Reference source not found.**), surtout à cause de la conversion de la forêt en terres agricoles et de l'étalement urbain²⁶⁶.

Tableau 12. Tendances relatives à l'abondance (% de changement par année) et fiabilité de la tendance pour la sauvagine de l'écozone des plaines boréales+ de 1970 à 2012.

Espèce	Tendance annuelle	Fiabilité
Canard d'Amérique (<i>Anas americana</i>)	-4,27	Moyenne
Sarcelle à ailes bleues (<i>Anas discors</i>)	-0,59	Moyenne
Bernache du Canada (<i>Branta canadensis</i>)	12,3	Faible
Fuligule à dos blanc (<i>Aythya valisineria</i>)	-0,99	Faible
Grand harle (<i>Mergus merganser</i>)	-0,38	Faible
Canard chipeau (<i>Anas strepera</i>)	0,22	Moyenne
Sarcelle d'hiver (<i>Anas crecca</i>)	0,74	Moyenne
Canard pilelet (<i>Anas acuta</i>)	-4,67	Faible
Canard souchet (<i>Anas clypeata</i>)	2,05	Moyenne
Érismature rousse (<i>Oxyura jamaicensis</i>)	-1,34	Faible
Macreuse brune (<i>Melanitta fusca</i>)	-19,6	Faible
Canard branchu (<i>Aix sponsa</i>)	3,99	Faible
Fuligule à tête rouge (<i>Aythya americana</i>)	2,02	Faible

Source : Environnement Canada 2014²⁶⁷

Mammifères

Les mammifères de l'écozone⁺ des plaines boréales ont été touchés par les changements du paysage causés par la perte d'habitat et la perturbation anthropique.

Bisons

Le parc national du Canada Wood Buffalo héberge le plus grand troupeau de bisons libres de se promener (Plains *Bison bison bison* et Wood *B. b. athabasca*) au Canada^{268,269}. Cette population a connu un déclin entre 1971 et 1999 (Figure 41).

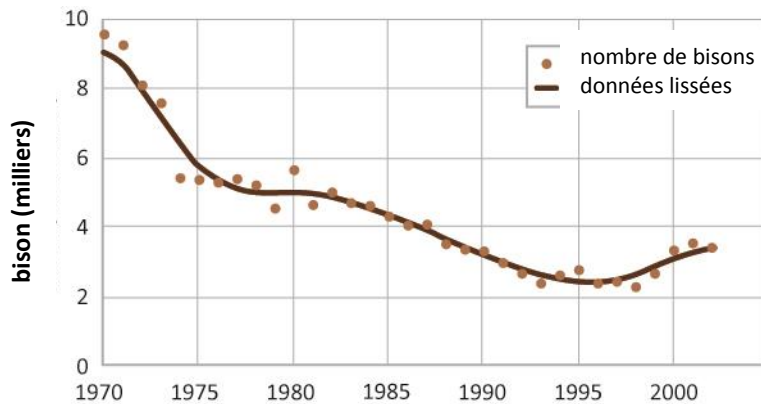


Figure 41. Nombre de bisons du parc national du Canada Wood Buffalo, 1971–2003.
Source : d'après Bradley et Wilmshurst, 2005²⁶⁹

Des explications contraires se font entendre sur le déclin de cette population :

- des taux de survie et de reproduction moindres causés par la tuberculose et la brucellose (introduites par le bison des plaines en 1925, 1926), et les éruptions d'anthrax sporadiques^{270, 271}
- une prédation plus importante des loups^{270, 272}
- une utilisation de l'habitat modifiée dans le delta des rivières de la Paix et Athabasca²⁷³.

Les modèles de population suggèrent que la prédation exercée par les loups sur les jeunes bisons, et non seulement la maladie, entraîne ces déclin, en particulier celui de la sous-population du delta des rivières de la Paix et Athabasca (Figure 42).¹⁸⁴

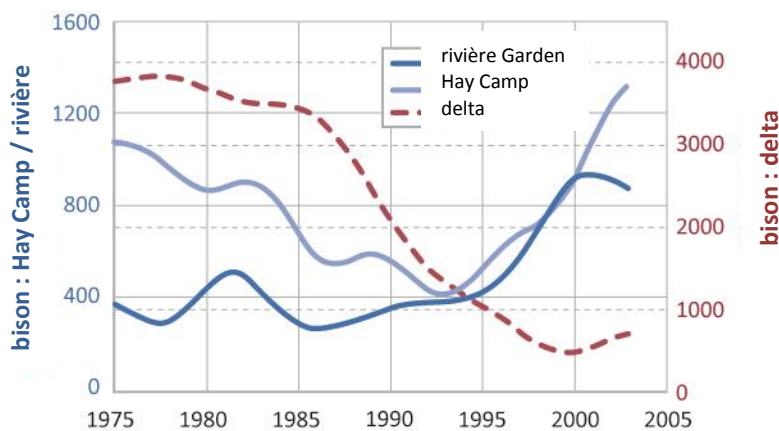


Figure 42. Nombre de bisons des sous-populations du delta, de Hay Cam et de la rivière Garden.
Source : d'après Bradley et Wilmshurst, 2005²⁶⁹

Caribous

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 2003²⁷⁴. 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 en 2014. Cette section sur le caribou boréal est basée sur l'*Évaluation scientifique aux fins de la désignation de l'habitat essentiel de 2011*²⁷⁵ et le *Programme de rétablissement du caribou des bois* (Rangifer tarandus caribou) *de la population boréale du Canada de 2012*²⁷⁶. 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*²⁷⁷.

L'habitat du caribou boréal de l'écozone⁺ des plaines boréales comprend une forêt de conifères aux derniers stades de succession écologique (> 50 ans) (pin gris, épinette noire et mélèze laricin (*Larix laricina*)), la tourbière arborée, la fondrière de mousse et la tourbière quelque peu en altitude (~1 135 m)²⁷⁶. Le caribou apprécie également les anciens brûlis (>40 ans)²⁷⁶. La tourbière et le peuplement mûr sont appréciés pour la mise bas, ainsi que les îles et les petits lacs, qui offrent une protection contre les prédateurs ²⁷⁸ 279 280 281 282 283. Le caribou boréal de l'écozone⁺ des plaines boréales est une espèce en déclin et risque la disparition dans certaines zones de sa répartition (Figure 43). Des 18 populations locales de caribous de l'écozone⁺ des plaines boréales, 15 sont considérées non autosuffisantes, ou susceptibles de ne pas l'être en 2012 (Tableau 12. *Tendances relatives à l'abondance (% de changement par année) et fiabilité de la tendance pour la sauvagine de l'écozone des plaines boréales+ de 1970 à 2012.*)²⁷⁶. De plus, deux sous-populations locales sur cinq en Saskatchewan n'ont pas été évaluées dans la stratégie de récupération de 2012²⁷⁶, mais ont été considérées en déclin dans l'étude de Callaghan et coll., 2011²⁷⁷. Tout comme le bison, le caribou boréal est en déclin à la suite d'une plus grande prédation favorisée par la perturbation anthropique²⁸⁴. Une plus grande perturbation par l'activité industrielle et l'expansion des éléments linéaires (les routes et les lignes de sondage sismiques) favorisent l'accès aux prédateurs comme les loups²⁷⁸⁻²⁸³.

Tableau 13. Conditions de la population locale du caribou boréal et conditions de son habitat dans l'écozone⁺ des plaines boréales.

Aire de répartition	Type d'aire	Estimation de la taille de la population	Tendance de la population	Habitat perturbé (%)	Évaluation du risque
Chinchaga	PL	250	En déclin	76	NAS
Monts Caribou	PL	315-394	En déclin	57	NAS
Little Smoky	PL	78	En déclin	95	NAS
Red Earth	PL	172-206	En déclin	62	NAS
Rivière Athabasca – côté ouest	PL	204-272	En déclin	69	NAS
Richardson	PL	150	Non disponible	82	NAS
Rivière Athabasca – côté est	PL	90-150	En déclin	81	NAS

Lac Cold	PL	150	En déclin	85	NAS
Nipisi	PL	55	Non disponible	68	NAS
Lac des Esclaves	PL	65	Non disponible	80	NAS
Plaine boréale	UC	Non disponible	Non disponible	42	NAS/AS
Clearwater*	PL	Non disponible	Non disponible	Non disponible	Non évalué
Lac Primrose-Cold*	PL	Non disponible	Non disponible	Non disponible	Non évalué
Smoothstone-Wapawekka*	PL	Non disponible	En déclin	Non disponible	Non évalué
Suggi-Amisk-Kississing*	PL	Non disponible	Non disponible	Non disponible	Non évalué
Pasquia-Bog*	PL	Non disponible	En déclin	Non disponible	Non évalué
The Bog ¹	UCA	50-75	Stable	16	NAS/AS
Naosap ¹	UCA	100-200	Stable	50	NAS
Reed ¹	UCA	100-150	Stable	26	AS
North Interlake ¹	UCA	50-75	Stable	17	NAS/AS
Lac William ¹	UCA	25-40	Stable	17	NAS/AS
Wabowden ¹	UCA	200-225	Stable	28	AS
Manitoba ¹	UC	Non disponible	Non disponible	Non disponible	Non disponible

*Autosuffisant (AS); non autosuffisant (NAS)

*De Callaghan et coll., 2011²⁷⁷ parce que l'information sur la population locale n'était pas disponible pour la Saskatchewan à Environnement Canada 2012²⁷⁶

¹Le gouvernement du Manitoba est en train de mettre à jour les limites de ses aires. Cela entraînera une mise à jour de la délimitation des aires actuelles, ainsi qu'une révision de leur état d'autosuffisance à la suite de l'évaluation intégrée du risque de toute nouvelle limite des aires.

Le type d'aires énumère les différentes classifications des populations locales fondées sur les limites d'aires du caribou boréal mises à jour fournies par les juridictions, subséquemment classifiées en trois types témoignant du niveau de certitude dans les limites d'aires : Population locale (PL – certitude élevée), Unités de conservation améliorées (UCA – certitude moyenne) et Unités de conservation (UC – faible certitude).

Source : Environnement Canada 2012²⁷⁶

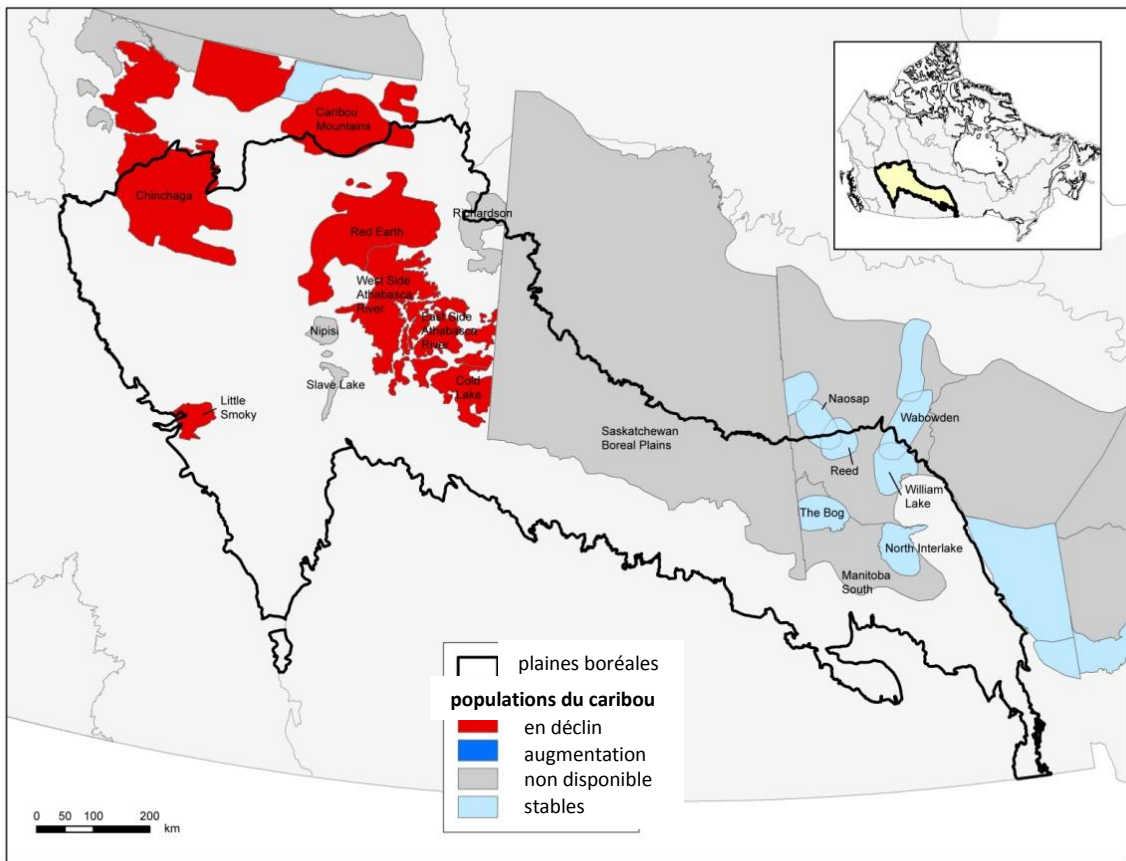


Figure 43. Les troupeaux de caribous et l'état de la population dans l'écozone* des plaines boréales.

Source : mis à jour d'après Callaghan et coll., 2011²⁷⁷ fondé sur Environnement Canada, 2012²⁷⁶

Dans la zone des sables bitumineux de l'Athabasca, l'incidence de l'emprise humaine sur six aires de sous-populations du caribou boréal des bois en 2010 variait de <1 % à >7 %²⁴¹

Grizzlys

Le grizzly a déjà habité la région boréale du Canada ainsi que les prairies de l'Alberta, de la Saskatchewan et du Manitoba²⁸⁵ (Figure 44). La population du grizzly est désormais restreinte à la Colombie-Britannique et les contreforts de l'ouest, ainsi que les plaines de l'Alberta, à cause du peuplement humain et de la conversion des terres.



Figure 44. Réduction de la superficie de l'habitat du grizzly en Amérique du Nord.
 Source : d'après Hummel et Ray, 2008²⁸⁶

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.

La productivité primaire est la base des réseaux trophiques dans la plupart des écosystèmes. La télédétection de la végétation riche fournit des moyens pratiques d'évaluation de la productivité primaire et des changements de la productivité causés par la perturbation²⁸⁷. L'état et les tendances de la productivité primaire de l'écozone⁺ des plaines boréales ont été évalués à l'aide de deux indices de télédétection, l'indice de végétation par différence normalisée (IVDN) et l'indice de dynamisme de l'habitat (IDH). Dans l'ensemble, les tendances indiquent que la productivité primaire augmente plus qu'elle ne diminue dans l'écozone⁺; aussi, l'augmentation est principalement menée par la production agricole. Les terres agricoles démontrent également la plus grande variation saisonnière dans la productivité primaire, tout comme les aires récemment brûlées (Tableau 14)²⁸⁷.

Indice de végétation par différence normalisée

L'indice de végétation par différence normalisée (IVDN) est une télédétection basée sur la mesure de l'activité photosynthétique qui mesure la quantité et la vigueur de la végétation riche.⁸ La productivité primaire a augmenté sur 20,8 % de l'écozone⁺ des plaines boréales entre 1985 et 2006, et a diminué sur moins de 1 % (Figure 45). Ces tendances ont été réparties dans tout l'écozone⁺, bien que l'on ait trouvé la plus grande partie de la productivité primaire en hausse dans les zones agricoles. Deux parcelles indiquant de fortes tendances négatives d'IVDN semblent associées à l'exploitation des sables bitumineux de l'Athabasca en Alberta (Figure 45).

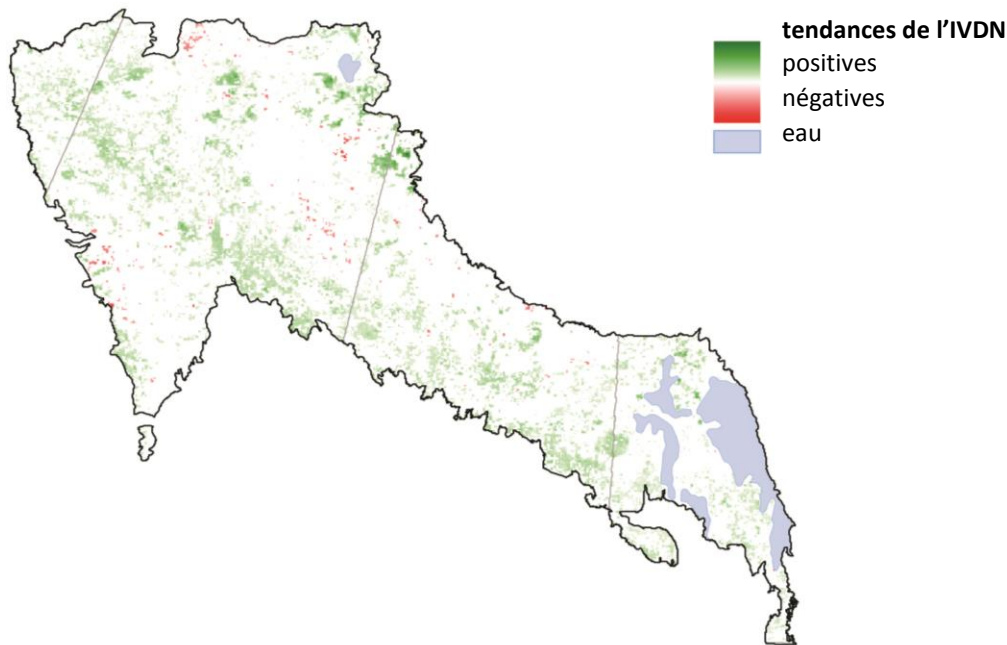


Figure 45. Tendances indiquées par l'indice de végétation par différence normalisée (IVDN) dans l'écozone⁺ des plaines boréales, 1985–2006.

Les tendances se situent dans l'IVDN du sommet annuel, mesurées comme moyenne des trois plus grandes valeurs provenant d'images composites de dix jours, prises en juillet et en août de chaque année. La résolution spatiale est de 1 km, dont la moyenne pour le calcul de l'analyse est de 3 km. Seules les tendances significatives ($p < 0,05$) sont indiquées.

Source : d'après Pouliot et coll., 2009²⁸⁸ par Ahern, 2011¹³

Bien que les tendances de l'IVDN dans les régions nordiques du Canada soient finalement attribuées aux changements climatiques, les tendances de l'écozone⁺ des plaines boréales et d'autres régions de la partie sud du pays font probablement suite à de nombreux facteurs²⁸⁸ tels que l'augmentation de la production agricole;¹³ le cycle naturel des incendies et de la succession, qui réduit la productivité primaire dans les récents brûlis, mais qui augmente la productivité dans les forêts en régénération^{288, 289} les changements climatiques (en particulier les changements dans les précipitations)²⁸⁸ et l'exploitation forestière (par exemple, la végétation latifoliée pionnière indique une productivité primaire plus élevée que les conifères en fin de succession)²⁸⁸.

Indice de dynamisme de l'habitat

L'indice de dynamisme de l'habitat (IDH) canadien, aussi un indice dérivé de la télédétection, peut servir à étudier la productivité primaire d'une région. L'IDH (élaboré à l'aide de la fraction du rayonnement photosynthétiquement actif ou fRPA) est plus directement lié à la photosynthèse que l'IVDN puisqu'il est calculé à partir d'un modèle axé sur la physique de la propagation de la lumière dans la couverture végétale²⁸⁷.

L'IDH est une composite de trois indicateurs de changement de la végétation :

- 1) la verdure annuelle cumulative (mesure de la productivité primaire);
- 2) la couverture végétale minimale annuelle (le niveau le plus faible de couverture pérenne);
- 3) la variation saisonnière de la verdure (la période de végétation).^{8 287}

Le fait que l'écozone⁺ des plaines boréales passe d'un paysage urbain et principalement agricole au sud à un paysage forestier au nord se traduit par une forte variation de l'IDH entre 2000 et 2006 (Tableau 13. Conditions de la population locale du caribou boréal et conditions de son habitat dans l'écozone⁺ des plaines boréales.)²⁸⁷. Bien que cette période soit trop courte pour analyser les tendances, elle offre une ligne de base avec laquelle de futurs changements pourront être comparés. La variation saisonnière, en particulier de la verdure, peut fournir un indicateur sensible des changements de la végétation lié aux changements climatiques étant donné que les phytocénoses se déplacent vers le nord ou vers de plus hautes altitudes, ou les deux, au fur et à mesure que se réchauffe le climat⁸.

Tableau 14. Sommaire des caractéristiques de la végétation mesurées par l'index de dynamisme de l'habitat (IDH), indicateurs de changement de la végétation dans l'écozone⁺ des plaines boréales (moyenne calculée sur la période 2000–2006).

Verdure cumulative annuelle (productivité primaire)	Couverture végétale minimale annuelle moyenne (niveau le plus faible de la couverture)	Degré moyen de période de végétation (période de végétation)
Variable; la plus faible dans les zones agricoles*	Variable, plus faible dans les zones agricoles; la plus faible dans les parcelles qui risquent d'être des cicatrices de feu	Variable, plus élevé dans les zones agricoles et dans les parcelles qui risquent d'être des cicatrices de feu

*Ce résultat semble contredire les résultats de l'IVDN mais ce n'est pas le cas. La tendance à la hausse dans la productivité primaire de l'écozone⁺ telle qu'indiquée par l'IVDN est causée par l'augmentation de la productivité agricole. En comparaison, la mesure de l'IDH de la verdure cumulative annuelle indique que lorsqu'on répartit ces résultats également sur toute l'année, les zones agricoles démontrent une productivité primaire annuelle plus faible, lorsqu'on la compare à d'autres types de végétation de l'écozone⁺ (p. ex., les forêts).

Source : Ahern et coll., 2011⁸

Productivité primaire en eau douce

La productivité primaire a également augmenté dans les écosystèmes aquatiques de l'écozone⁺ des plaines boréales; la fréquence de la prolifération algale est en hausse en

raison d'une charge en éléments nutritifs dans les lacs et les rivières. Par exemple, l'écoulement du fleuve Nelson de la région du sud-est de l'écozone⁺ a particulièrement été touché par la charge en éléments nutritifs. À ce titre, une vaste prolifération algale a eu lieu ainsi qu'une fréquence plus intense dans le lac Winnipeg, au Manitoba, depuis les années 1990 (voir la section **Error! Reference source not found.** en page 34).

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.

La perturbation naturelle est un moteur principal de la variabilité et des processus de l'écosystème de l'écozone⁺ des plaines boréales, notamment les incendies et les vagues de foisonnement d'insectes, qui agissent en tant qu'agents de changement importants. La durée de la saison des feux et le cycle saisonnier des incendies sont pratiquement demeurés inchangés dans l'écozone⁺ des plaines boréales, mais d'autres caractéristiques (p. ex., la fréquence, la taille) sont plus variables. Les foisonnements d'insectes indigènes sont courants au plan régional dans les plaines boréales. Le dendroctone du pin ponderosa (*Dendroctonus ponderosae*) fait l'objet d'une préoccupation particulière étant donné l'élargissement de son territoire dans l'écozone⁺.

Incendies

Les incendies constituent une perturbation naturelle d'envergure dans l'écozone⁺ des plaines boréales. En moyenne, 2 214 km² de la superficie forestière de l'écozone⁺ brûlent chaque année, mais cette superficie peut faire moins de 200 km² ou plus de 6 000 km²²⁹⁰. Cette aire brûlée des plaines boréales représente 11 % de la zone totale brûlée annuellement au Canada, mais seulement 0,47 % de l'écozone⁺. La superficie proportionnelle brûlée est comparable aux écozones⁺ avoisinantes du bouclier boréal (0,49 %) et de la cordillère de la taïga (0,47 %), et inférieure à celle du bouclier de la taïga (0,77 %) et des plaines de la taïga (0,71 %)²⁹⁰. Environ 90 % de cette écozone est protégée par les activités d'extinction des incendies, les plus importantes de toutes les écozones⁺²⁹¹. Ces activités d'extinction d'incendies sont fréquentes étant donné l'abondance des éléments de haute valeur de l'écozone, notamment les communautés, les ressources forestières et des vies humaines²⁹². La faible proportion d'incendies peut aussi être attribuable à l'abondance de feuillus ou de forêt mixte (24 % de l'écozone⁺)²⁷, qui sont moins enclins à brûler²⁹³. Les êtres humains sont également responsables de 57 % de l'allumage d'importants feux dans cette écozone⁺ au cours des 40 dernières années.

En revanche, les incendies déclenchés par les éclairs constituaient la principale cause d'incendies dans les années 1990²⁹⁰.

D'après 40 années de données disponibles, la durée de la saison des feux et le cycle saisonnier des incendies sont pratiquement demeurés inchangés au cours de cette période²⁹⁰. L'écozone⁺ des plaines boréales possède la saison des incendies la plus longue – cinq mois – de toutes les écozones⁺, principalement à cause des incendies causés par les humains, qui ont prolongé la saison des feux²⁹⁰. Ce type d'incendie était plus courant pendant la saison des feux au printemps, alors que les incendies allumés par les éclairs ont prédominé pendant l'été, et les humains étaient généralement responsables des incendies non fréquents qui se produisent pendant l'automne. Bien que les plaines boréales présentent des conditions météorologiques propices aux incendies forestiers graves, ces conditions ne se sont pas traduites en incendies graves^{291, 293, 294}.

Dans l'écozone⁺ des plaines boréales, les tendances des brûlis étaient aussi liées aux différences dans la surveillance et la détection au cours des cinq dernières décennies²⁹⁰. Les brûlis étaient relativement faibles dans les années 1960 et 1970, ont atteint un sommet dans les années 1980, puis ont diminué (Figure 46). La quantité de brûlis était plutôt sous-estimée au cours des années 1960 et 1970 étant donné le peu de surveillance et de détection. Les déclinis qui se sont produits au cours des 20 dernières années peuvent être attribués, en partie, à l'amélioration de la détection et des techniques de lutte contre l'incendie ou des efforts de prévention, ou les deux, ainsi qu'aux changements de conditions météorologiques propices aux incendies forestiers^{295 296 297 298}.

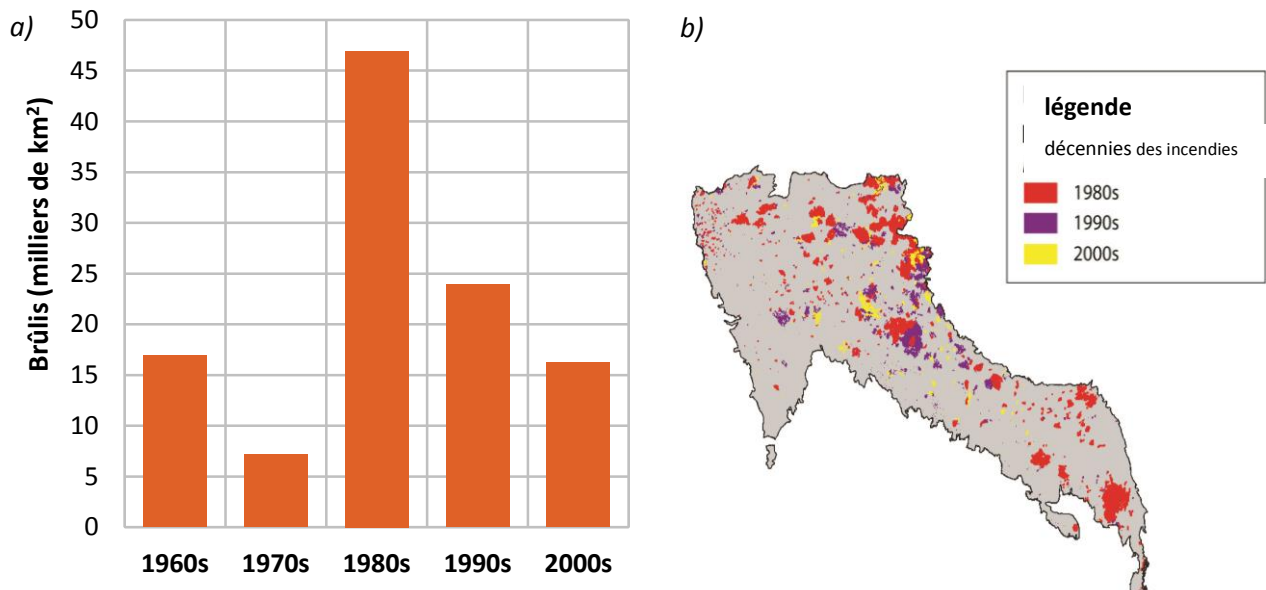


Figure 46. Tendence dans a) la superficie totale des brûlis par décennie et b) répartition des grands feux (>2 km²) par décennie pour l'écozone⁺ des plaines boréales.

La valeur de la décennie des années 2000 était calculée au prorata sur dix ans fondée sur la moyenne de 2000 à 2007.

Source : Krezek-Hanes et coll., 2011²⁹⁰

Foisonnement d'insectes

Les insectes phyllophages constituent l'autre principale perturbation naturelle de l'écozone⁺ des plaines boréales, notamment plusieurs insectes phyllophages des feuillus, la tordeuse des bourgeons de l'épinette (*Choristoneura fumiferana*) et le dendroctone du pin ponderosa.

Les données sur les insectes phyllophages sont habituellement mises à la disposition de la grandeur de la province. Les valeurs de l'Alberta ont été extraites à l'aide d'un système d'information géographique ou par une correction à la baisse au moyen d'un facteur de conversion fondé sur les comparaisons entre les données propres à l'écozone⁺ des plaines boréales et les données provinciales. Les données à la grandeur de la province présentées étaient celles sur la Saskatchewan²⁹⁹ car la plupart des enquêtes sur les insectes forestiers se sont faites dans l'écozone⁺ des plaines boréales³⁰⁰.

Insectes phyllophages des feuillus

Parmi les insectes phyllophages des feuillus importants de l'écozone⁺ des plaines boréales se trouvent la livrée des forêts (*Malacosoma disstria*), la tordeuse du tremble (*Choristoneura conflictana*), l'arpenteuse de Bruce (*Operophtera bruceata*), la noctuelle décolorée (*Enargia decolour*) et l'enrouleuse hâtive du tremble (*Pseudecenterra oregonana*). La livrée des forêts est l'insecte phyllophage le plus important du peuplier faux-tremble, le feuillus dominant de l'écozone⁺. Les foisonnements ne sont pas synchronisés dans l'écozone⁺ des plaines boréales (Figure 40). La défoliation semble cyclique en Alberta, suivant un cycle épidémique de dix ans, et des valeurs de pointe ont eu lieu depuis quelques années (Figure 40)³⁰¹. En Saskatchewan, la défoliation annuelle présentant un cycle à sommet a diminué depuis un sommet enregistré de 36 % en 1979. Sur le plan régional, l'insecte phyllophage entraîne une plus faible croissance du peuplier faux-tremble²².

Tordeuse des bourgeons de l'épinette

La tordeuse des bourgeons de l'épinette est considérée comme l'insecte phyllophage forestier le plus destructeur en Amérique du Nord, entraînant une plus faible croissance des arbres et une mortalité des arbres supérieure au cours d'une foisonnement grave³⁰². Bien qu'elle soit plus dommageable aux anciens peuplements forestiers les plus denses, tous les peuplements hôtes sont vulnérables lorsque les populations de tordeuses des bourgeons de l'épinette sont importantes. La défoliation de l'écozone des plaines boréales a atteint un sommet au cours des années 1992–2003 en Alberta et en Saskatchewan, puis a connu un déclin dans la plupart des zones. La portée temporelle de ces données était trop courte pour étudier les tendances des cycles de population de la tordeuse des bourgeons de l'épinette puisque la durée entre les pics était d'environ 30 à 35 ans³⁰².

Dendroctone du pin ponderosa

Jusqu'à récemment, l'écozone⁺ des plaines boréales se situait hors du territoire du dendroctone du pin ponderosa³⁰³. Seules deux vagues de dendroctone du pin ponderosa

se sont produites en Alberta dans le passé, et les deux se restreignaient aux zones sud des plaines boréales³⁰⁴. Toutefois, cet insecte a élargi son aire de répartition de manière importante au cours des dernières années³⁰³. Les hivers plus doux, l'extinction des incendies et la dispersion continue augmentent la probabilité d'agrandissement des aires de répartition. Depuis 2005, le dendroctone du pin ponderosa s'est propagé dans les Rocheuses, touchant des dizaines de milliers de kilomètres carrés de pins tordus latifoliés et de forêts hybrides de pins tordus latifoliés x de pins gris dans les parties ouest de l'écozone⁺ des plaines boréales (Figure 42)^{305, 306}. L'Alberta a répondu par une stratégie de gestion agressive visant à prévenir les futures proliférations de cet insecte³⁰⁷.

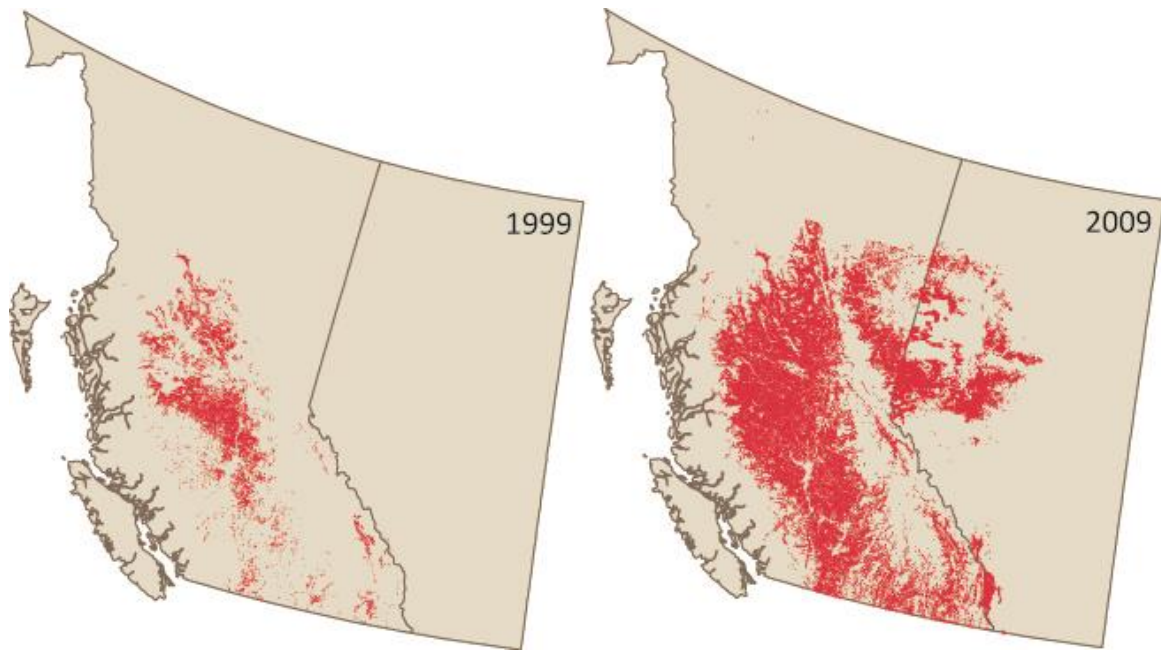


Figure 47. La superficie touchée par le dendroctone du pin ponderosa a augmenté vers l'est, depuis 1999 (à gauche) jusqu'en 2009 (à droite).

Source : le BC Ministry of Forests and Range, 2010³⁰⁸ et l'Alberta Sustainable Resource Development, 2010³⁰⁷

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.

Les réseaux trophiques et les cycles de population sont importants car ils façonnent la structure et la fonction des écosystèmes. Dans l'écozone⁺ des plaines boréales, les dynamiques trophiques semblent se transformer en écosystèmes terrestres et vraisemblablement d'eau douce, favorisés (par exemple) par le développement industriel et un réchauffement climatique. Comme partout ailleurs dans la forêt boréale, les cycles prononcés dans l'abondance des populations prédateur-proie sont aussi connus pour leur présence dans l'écozone⁺ des plaines boréales.

Réseaux trophiques

Dynamiques trophiques et ses impacts sur le caribou

Les interactions prédateur-proie ont changé avec la hausse de la fragmentation et de la perturbation linéaire causées par le développement industriel au nord-est de l'Alberta. La prédation envers le caribou a augmenté à cause des caractéristiques linéaires et de la perturbation anthropique, qui donnent aux loups gris un plus grand accès à l'habitat du caribou^{309 310 311 312}. De plus, l'abondance de cerfs a entraîné une augmentation de la densité des loups et, par conséquent, une plus grande prédation fortuite envers le caribou³¹³. L'augmentation de la population des loups, jumelée à l'augmentation du risque de prédation du caribou – causée par l'augmentation de la fragmentation –, ont vraisemblablement œuvré en synergie et causé le déclin généralisé du caribou depuis plusieurs décennies.

Impacts potentiels des changements climatiques sur les réseaux trophiques d'eau douce

Les changements climatiques peuvent modifier les réseaux trophiques si les espèces interactives réagissent différemment aux changements de conditions météorologiques; ces changements peuvent s'avérer particulièrement graves dans le cas des écosystèmes aquatiques, où les interactions trophiques sont généralement vigoureuses³¹⁴. Les réseaux trophiques aquatiques de certains lacs de l'écozone⁺ des plaines boréales sont quelque peu résilients aux perturbations telles que l'exploitation forestière et les incendies^{315, 316}; toutefois, il existe peu d'information sur les impacts des changements climatiques sur les réseaux trophiques de la région. Il est reconnu que même les plus petits changements par rapport au réchauffement climatique et aux sécheresses causent des changements

complexes et imprévisibles dans les lacs et les cours d'eau de la forêt boréale³¹⁷. Des températures printanières plus chaudes, telles qu'elles ont été observées dans cette écozone⁺ (voir la section

Changements **Cl**, **Error! Reference source not found.** en page **Error! Bookmark not defined.**) bouleversent les liens trophiques entre le phytoplancton et le zooplancton des lacs tempérés à cause de leur différente sensibilité au réchauffement; ce fait modifie le flux des ressources à des niveaux trophiques plus élevés dans les écosystèmes pélagiques³¹⁸. En général, les températures plus chaudes et les changements qui y sont associés dans les précipitations, l'évaporation, la salinité et les saisons des glaces plus courtes touchent les organismes aquatiques de l'écozone^{+72, 157}, en plus d'avoir des effets corollaires sur les réseaux trophiques aquatiques. Étant donné que l'écozone⁺ des plaines boréales héberge des milliers de lacs et de réseaux hydrographiques, les impacts des changements climatiques sur les réseaux trophiques aquatiques peuvent représenter un nouvel enjeu pour l'écozone⁺. De plus, bon nombre d'autres perturbations, dont une quantité plus grande en éléments nutritifs, les espèces envahissantes et la surpêche^{319, 320}, peuvent altérer les réseaux trophiques aquatiques. Les effets cumulatifs de ces perturbations sur les réseaux trophiques aquatiques de l'écozone⁺ des plaines boréales sont inconnus.

Cycles des populations

Les documents sur le piégeage à long terme pour la fourrure des postes de la baie d'Hudson indiquent les cycles d'abondance de certaines populations prédateur-proie, comme le cycle de dix ans du lynx et du lièvre d'Amérique^{321, 322}. Le cycle du lynx et du lièvre n'a pas beaucoup changé entre 1821 et 2000³²²; toutefois, les populations autochtones du bassin des rivières de la Paix et Athabasca, et du Grand lac des Esclaves, laissent entendre que la période de temps entre les crêtes supérieure et inférieure du cycle pourrait augmenter³²³.

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.

L'écozone⁺ des plaines boréales ne possède pas de cadre harmonisé en matière de surveillance de la biodiversité, de gestion de l'information sur la recherche ni de communication des résultats. Bien que de nombreuses initiatives de surveillance et de recherche soient fonctionnelles dans l'écozone⁺ des plaines boréales, les couvertures spatiale et thématique sont compartimentées. Les étapes visant à harmoniser la surveillance de la biodiversité et la recherche qui y est associée sont en cours dans le cadre du Plan de mise en œuvre conjoint du Canada et de l'Alberta pour la surveillance visant les sables bitumineux dans la partie ouest de l'écozone⁺.

Alberta Biodiversity Monitoring Institute

L'Alberta Biodiversity Monitoring Institute (ABMI) est une organisation scientifique indépendante et sans but lucratif qui mesure la biodiversité et l'empreinte des perturbations anthropiques en Alberta et qui produit des rapports liés à ces activités²⁴⁰. Pour ce faire, l'ABMI possède 1 656 sites de surveillance répartis systématiquement à chaque tranche de 20 km, là où l'écozone chevauche les frontières provinciales (Figure 48)²⁴⁰. Environ 58 % de l'écozone⁺ des plaines boréales est surveillé par l'ABMI. L'ABMI est conçu pour fonctionner indéfiniment et dans toute l'écozone⁺ des plaines boréales de l'Alberta; toutefois, il est actuellement en fonction à 50 % de sa capacité potentielle dans cette écozone⁺.

Cet institut vise à mesurer l'état des terres, de l'eau et de la vie sauvage en Alberta, à l'aide d'une série d'indicateurs, y compris l'utilisation des terres par l'humain, les espèces et les habitats, et à produire des rapports sur ces activités. Le cadre de surveillance comprend la cueillette intégrée et la gestion des données concernant de nombreuses espèces de mammifères, d'oiseaux, de plantes, de mousses, de lichens, d'acariens du sol, d'invertébrés aquatiques et de poissons. Les données produites par l'ABMI sont neutres, indépendantes et, règle générale, mises à la disposition du public. L'ABMI travaille de concert avec des organismes fédéraux et provinciaux afin de mettre

en œuvre des systèmes de surveillance crédibles d'un point de vue scientifique de la diversité biologique dans les zones où s'exploite les sables bitumineux de l'Alberta, ce qui comprend les gisements de l'Athabasca, de Peace River et de Cold Lake.

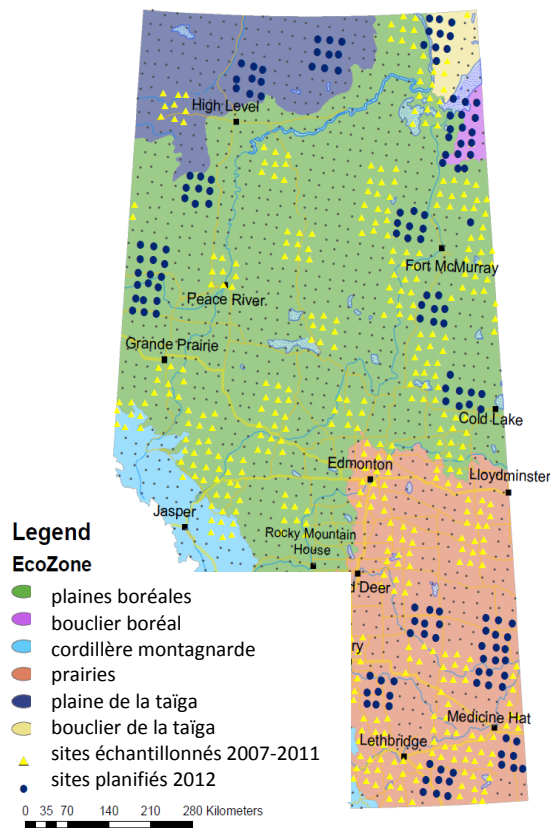


Figure 48. Les sites de carottage de l'Alberta Biodiversity Monitoring Institute partout en Alberta. Source : Alberta Biodiversity Monitoring Institute, 2013²⁴⁰

Plan de mise en œuvre conjoint du Canada et de l'Alberta pour la surveillance visant les sables bitumineux

Le Plan de mise en œuvre conjoint du Canada et de l'Alberta pour la surveillance visant les sables bitumineux est un programme de surveillance de l'environnement visant à faire un suivi des effets cumulatifs à long terme découlant de la mise en valeur des sables bitumineux sur l'eau, l'air, le sol et la diversité biologique. Le plan de mise en œuvre triennal, lequel a débuté en 2012, porte sur un territoire de plus de 140 000 km². L'objectif premier de la surveillance de la biodiversité terrestre (présence de substances toxiques) consiste à surveiller les taux et les effets de contaminants découlant de l'exploitation des sables bitumineux et leur incidence sur la santé des spécimens et des populations de faune sauvage à proximité des centres d'exploitation de sables bitumineux et à des distances variables de ceux-ci. Voici quelques-uns des volets du plan de surveillance.

1. Surveillance des effets des activités relatives aux sables bitumineux sur la reproduction des oiseaux aquatique, leur régime alimentaire et la contamination

- des œufs en aval des sables bitumineux de la rivière Athabasca et du lac Athabasca
2. Surveillance des répercussions des contaminants associés au raffinage des sables bitumineux sur l'état de santé et le développement d'espèces indicatrices chez les amphibiens (p. ex., la grenouille des bois)
 3. Surveillance des effets des contaminants associés aux sables bitumineux sur la santé des oiseaux en appliquant des mesures non létales de réactions au stress et de réactions physiologiques
 4. Analyses toxicologiques d'animaux sauvages (sauvagine et mammifères) récoltés par des chasseurs ou des trappeurs ainsi que d'oiseaux morts ou moribonds dans des endroits contaminés par les sables bitumineux en aval de la rivière Athabasca
 5. Utilisation de plantes indigènes pour faire un suivi de l'état des sables bitumineux associés à des milieux humides

Le plan prévoit également une surveillance de l'incidence de la perturbation des habitats et son atténuation sur la diversité biologique des milieux terrestres. Les données provenant du programme seront à la disposition de tous à partir d'un portail (www.JointOilSandsMonitoring.ca).

Projet de modélisation de l'avifaune boréale

Le Projet de modélisation de l'avifaune boréale (PMAB)³²⁴ est une initiative de gestion et de recherche des données sur les habitats des oiseaux qui regroupe les données sur les forêts boréales en Amérique du Nord, y compris celles sur l'écozone⁺ des plaines boréales. S'appuyant sur des techniques de modélisation quantitative, le PMAB dégage des données sur l'abondance des populations des oiseaux des zones boréales, leur répartition géographique et leurs habitats et s'en sert pour évaluer et prévoir les effets de l'activité humaine. Les données biophysiques sont aussi regroupées à l'aide de la télédétection et des inventaires des ressources forestières, notamment les données sur le climat, la couverture terrestre et les indices de productivité forestière. Plusieurs initiatives régionales de surveillance des oiseaux chanteurs sont menées sous le PMAB avec la collaboration de chercheurs universitaires.



Figure 50. Sites de dénombrement ponctuel des oiseaux du Projet de modélisation de l'avifaune boréale.

Source : Projet de modélisation de l'avifaune boréale, 2014³²⁴ <http://www.borealbirds.ca/>;
<http://www.borealbirds.ca/index.php/acknowledgements>

Relevé des populations reproductrices et des habitats de la sauvagine

Le Relevé des populations reproductrices et des habitats de la sauvagine est une initiative de collaboration entre le Fish and Wildlife Service des États-Unis (USFWS) et le Service canadien de la faune (SCF) depuis 1955. Le but premier de ce relevé est de fournir de l'information sur la taille de la population printanière et les tendances des espèces de canards en Amérique du Nord (avec un accent particulier sur le canard colvert). Les données provenant de ces relevés sont largement utilisées dans l'établissement annuel des réglementations sur la chasse aux États-Unis et au Canada, et fournissent une planification sur la conservation essentielle pour être efficace d'une série chronologique à long terme sur la sauvagine³²⁵.

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 l'écozone⁺ des plaines boréales, la fragmentation de la forêt, les incendies, les perturbations causées par les insectes, les espèces envahissantes, la contamination, les changements climatiques, l'acidification et les perturbations des réseaux trophiques sont autant d'agents de stress pouvant causer des changements rapides et irréversibles à l'écozone⁺. Toutefois, déceler les changements rapides ou le fait qu'un seuil écologique ait été brisé nécessite davantage de données spatiales et temporelles approfondies qu'il n'y en a de disponibles pour l'écozone⁺. Compte tenu des données disponibles, les changements rapides de l'écozone⁺ des plaines boréales peuvent avoir été causés par des foisonnements d'insectes, une perte et une fragmentation de l'habitat, la fonte du pergélisol et les espèces envahissantes.

Foisonnements d'insectes

Dendroctone du pin ponderosa

La Colombie-Britannique a vécu des invasions de dendroctone du pin ponderosa sans précédent au cours de la dernière décennie, et les invasions se sont récemment propagées en Alberta. Depuis 2005, le dendroctone du pin ponderosa s'est propagé vers l'est, dans les Rocheuses, touchant des dizaines de milliers de kilomètres carrés de pins tordus latifoliés et de forêts hybrides de pins tordus latifoliés x de pins gris dans les parties ouest de l'écozone⁺ des plaines boréales^{305, 306}. Si on ne le surveille pas, il est possible que le dendroctone du pin ponderosa s'étende davantage vers l'est dans l'écozone⁺ des plaines boréales, et au-delà^{303, 304}. Les hivers plus doux, l'extinction des incendies et la dispersion continue augmentent la probabilité d'agrandissement des aires de répartition (voir la section **Error! Reference source not found.** en page **Error! Bookmark not defined.**).

Fragmentation des forêts et recul de la couverture forestière

La population boréale du caribou des bois (c.-à-d. le caribou boréal) est classé « espèce menacée » par le COSEPAC²⁷⁴, est en déclin et risque la disparition locale dans certaines zones de son territoire (voir la section **Error! Reference source not found.**s en page **Error! Bookmark not defined.**). Le déclin du caribou boréal de l'écozone⁺ des plaines boréales a été lié à deux facteurs qui ont altéré les dynamiques prédateur-proie de la zone. D'abord, la perte et la fragmentation de l'habitat, en particulier les perturbations

linéaires (les routes et les lignes sismiques), associées à la mise en valeur du pétrole et du gaz, ont fait grimper l'accès du loup gris à l'habitat du caribou¹⁸⁹. Ensuite, les populations du cerf de Virginie (*Odocoileus virginianus*) ont augmenté, probablement à la suite des températures plus chaudes et de la perturbation de l'habitat, qui ont créé davantage d'habitats favorisant le cerf^{313, 326}. Davantage de cerfs favorisent la prédation du loup gris³¹³. L'augmentation de la population des loups, jumelée à l'augmentation du risque de prédation envers le caribou — causée par l'augmentation de la fragmentation de l'habitat —, ont vraisemblablement œuvré en synergie et causé le déclin généralisé du caribou depuis plusieurs décennies.

Il existe un seuil du nombre d'habitats nécessaires afin de maintenir les populations des espèces qui dépendent de la forêt, en particulier des spécialistes des forêts anciennes³²⁷. La plus grande partie de l'écozone⁺ des plaines boréales demeure intacte pour la majorité des espèces²⁴¹; toutefois, les seuils du nombre d'habitats ont été atteints. Par exemple, la martre d'Amérique nécessite une structure d'habitat complexe (p. ex., des débris ligneux grossiers) et une couverture forestière. La martre ne peut survivre dans les parties ouest des plaines boréales de l'Alberta, où plus de 36 % de la zone a été exploitée par la foresterie, l'industrie minière ou les activités d'autres industries, ou un mélange de ces activités³²⁸.

Bien qu'à ce jour les populations d'oiseaux forestiers ne soient pas en déclin, on s'attend à ce que l'évolution de l'état des paysages fera en sorte que ceux-ci ne pourront plus soutenir les populations d'oiseaux qui les habitent actuellement et qui préfèrent des forêts boréales à maturité et anciennes³²⁹. Des espèces comme la paruline à gorge noire, la mésange à tête brune et le piranga à tête rouge préfèrent des forêts mûres et non fragmentées. Ce sont ces forêts qui sont perdues, subdivisées et perforées par l'exploitation forestière, la mise en valeur des sables bitumineux et l'enchevêtrement de lignes de sondage sismique et de pipelines, de forages d'exploration et de production, de lignes de transmission d'électricité et de services publics et de chemins d'accès³²⁹. On prévoit que les changements climatiques entraîneront une diminution plus forte des populations d'espèces terrestres associées aux forêts de stade adulte et ancien, car le taux plus élevé des incendies pourrait entraîner des déclinés plus importants et plus rapides dans les forêts anciennes³²⁹.

Fonte du pergélisol

Le pergélisol fond le long du périmètre nord de l'écozone⁺, en raison de l'élévation de la température moyenne de l'air⁵¹. On prévoit des changements dans la biodiversité, le paysage et l'hydrologie de l'écozone⁺ des plaines boréales, bien que les impacts actuels soient inconnus (voir la section **Error! Reference source not found.** en page **Error! Bookmark not defined.** pour plus de détails).

Espèces envahissantes

À l'heure actuelle, il n'existe pas beaucoup de renseignements sur la répartition et l'abondance des espèces envahissantes de l'écozone⁺ des plaines boréales¹²². De plus, le

niveau du seuil de perturbation ou de fragmentation, ou les deux, de la forêt boréale, pouvant favoriser la propagation des espèces envahissantes, demeure inconnu. Par contre, le développement industriel continu peut présenter une fenêtre d'opportunités pour les espèces non indigènes de s'établir et de se propager. Les populations des espèces non indigènes présentes dans l'écozone⁺ peuvent servir de sources naissantes à une invasion beaucoup plus vaste, une fois un seuil de perturbation particulier atteint^{330, 331}.

CONCLUSION : BIEN-ÊTRE HUMAIN ET BIODIVERSITÉ

L'écozone⁺ des plaines boréales agit comme aire de transition entre les zones agricoles du sud et les zones forestières au nord de l'écozone⁺. Dans le passé, les perturbations naturelles fréquentes et à grande échelle, dont les incendies, les foisonnements d'insectes et le vent, ont créé un paysage hétérogène favorisant une diversité des écosystèmes, des habitats et des espèces sauvages. En revanche, les plaines boréales sont également riches en ressources renouvelables et non renouvelables, telles que l'agriculture, la foresterie et les gisements pétroliers et gaziers. Ces activités touchent maintenant les écosystèmes de diverses manières, accroissant la tension sur les valeurs environnementales dans toute l'écozone⁺. De plus, les changements climatiques sont un phénomène à grande échelle et l'on prévoit qu'ils auront un impact sur tous les écosystèmes de l'écozone⁺ des plaines boréales.

Bon nombre d'écoservices sont fournis par l'écozone⁺ des plaines boréales; par exemple, les services d'approvisionnement tels que l'exploitation forestière et l'agriculture, sont d'importants moteurs économiques des plaines boréales. Les forêts dominent le paysage de l'écozone⁺ des plaines boréales; toutefois, leur étendue et leur intégrité ont diminué, de même que la zone de l'ancienne forêt, à cause de l'exploitation forestière, d'une agriculture plus importante et du développement industriel (voir la section

Forêts en page 14). Le dendroctone du pin ponderosa est particulièrement préoccupant pour les forêts boréales étant donné l'agrandissement de son territoire dans l'écozone⁺ (voir la section **Error! Reference source not found.** en page **Error! Bookmark not defined.**). L'agriculture a stimulé l'établissement humain dans l'écozone⁺ des plaines boréales et continue de s'étendre; toutefois, le potentiel des terres agricoles à accueillir la faune a connu un déclin, surtout à cause de la perte de la couverture naturelle (voir la section **Error! Reference source not found.** en page **Error! Bookmark not defined.**).

Les plaines boréales offrent également de nombreux autres écoservices (p. ex., l'approvisionnement en eau et sa régulation, la biodiversité, la culture) qui se trouvent sous tension à cause d'activités anthropiques et industrielles continues. Par exemple, l'attribution de l'eau de la rivière Athabasca pour le traitement des sables bitumineux et

un débit réduit causé par les changements climatiques peuvent réduire le nombre d'habitats à la disposition des poissons et d'autres espèces sauvages (voir la section **Error! Reference source not found.** en page **Error! Bookmark not defined.**). De plus, l'ajout de contaminants et d'éléments nutritifs provenant de diverses sources (p. ex., la mise en valeur des sables bitumineux, la foresterie, l'agriculture) a réduit la qualité de l'eau dans l'écozone⁺ (voir la section Qualité de l' en page **Error! Bookmark not defined.** et la section

Contaminants en page 38).

Les changements climatiques ont affecté l'écoulement fluvial, abaissé les niveaux d'eau des lacs et altéré les régimes des crues dans toute l'écozone⁺ (voir la section **Error! Reference source not found.** en page **Error! Bookmark not defined.**, la section **Error! Reference source not found.** en page **Error! Bookmark not defined.** et la section **Error! Reference source not found.** en page **Error! Bookmark not defined.**). Aussi, le réchauffement a entraîné une saison des glaces plus courte et fait fondre le pergélisol de l'extrémité sud de son ancien territoire (voir la section **Error! Reference source not found.** en page **Error! Bookmark not defined.**). Ensemble, ces effets peuvent entraîner des changements à grande échelle dans les dynamiques hydrologiques de toute l'écozone⁺ à l'avenir.

Les activités humaines dans l'écozone⁺ des plaines boréales touchent également les populations de la vie sauvage et les dynamiques des réseaux trophiques (voir la section

Espèces présentant un intérêt économique, culturel ou écologique en page 66 et la section **Error! Reference source not found.** en page **Error! Bookmark not defined.**). La population du caribou a chuté en raison d'une prédation facilitée par la perturbation humaine pour le loup. Plusieurs pêches commerciales et sportives se sont effondrées dans les lacs en milieu boréal à cause de la surpêche. À l'exception du peuplement des oiseaux forestiers, d'autres cercles d'habitats pour oiseaux ont connu un déclin dans l'écozone⁺ des plaines boréales et le rythme accéléré de la mise en valeur des ressources menace encore davantage les populations d'oiseaux (voir la section Oiseaux à la page 59)²⁵⁵. Par contre, le nombre d'autres espèces, comme la bernache du Canada et le cerf de Virginie, augmente sur leur territoire et a des chances de tirer profit de la perturbation anthropique et des changements climatiques.

Dans l'ensemble, la diversité biologique et l'intégrité écologique de l'environnement sont essentielles au maintien d'une bonne qualité de vie des êtres humains³³². Le taux de visites stable dans les parcs nationaux (voir la section **Error! Reference source not found.** en page **Error! Bookmark not defined.**) et l'augmentation des aires protégées de l'écozone⁺ (voir la section

Aires **protégées** en page 31) indiquent la valeur que portent les gens de cette région sur la préservation de l'environnement naturel. Comprendre les fonctions des écosystèmes, surveiller l'état et les tendances des écosystèmes et prendre des mesures afin de médier les impacts négatifs et de préserver le patrimoine naturel de cette zone, veillera à ce que l'environnement et les services qu'il offre seront maintenus pour les prochaines générations.

RÉFÉRENCES

- 1 Lake Winnipeg Stewardship Board. 2011. Lake and watershed facts [en ligne]. <http://www.lakewinnipeg.org/web/content.shtml?pfl=public/downloads.param&page=000103&op9.rf1=000103> (consulté le 25 Feb. 2012).
- 2 Lake Winnipeg Stewardship Board. 2005. Our collective responsibility: reducing nutrient loading to Lake Winnipeg. An interim report to the Minister of Manitoba Water Stewardship. Lake Winnipeg Stewardship Board. Winnipeg, MB. 52 p.
- 3 Bourne, A., Armstrong, N. et Jones, G. 2002. A preliminary estimate of total nitrogen and total phosphorus loading to streams in Manitoba, Canada. Report no 2002-04. Manitoba Conservation, Water Quality Management Section, Water Branch. 49 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 Brunskill, G.J., Schindler, D.W., Holmgren, S.K., Kling, H.J., Campbell, P., Graham, B.W., Stainton, M.P. et Armstrong, F.A.J. 1969. Nutrients, chlorophyll, phytoplankton and primary production in Lake Winnipeg. Données non publiées.
- 6 Manitoba Water Stewardship. 2008. Water Quality Management Section. Données non publiées.
- 7 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>.
- 8 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>.
- 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 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 no 1. Conseils canadiens des ministres des

ressources. Ottawa, ON. ii + 18 p.

<http://www.biodivcanada.ca/default.asp?lang=Fr&n=137E1147-1>.

- 11 Pojar, J. 1996. Environment and biogeography of the western boreal forest. *Forestry Chronicle* 72:51-58.
- 12 Karst, A. 2010. Conservation Value of the North American Boreal Forest from an Ethnobotanical perspective. Canadian Boreal Initiative; David Suzuki Foundation; Boreal Songbird Initiative. Ottawa, ON; Vancouver, BC; Seattle, WA.
- 13 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>.
- 14 Statistique Canada. 2000. L'activité humaine et l'environnement 2000. L'activité humaine et l'environnement. Ottawa, ON. 332 p.
- 15 Statistique Canada. 2009. L'activité humaine et l'environnement : statistiques annuelles 2009. L'activité humaine et l'environnement. Ottawa, ON. 166 p.
- 16 Fort McMurray Tourism. 2008. Fort McMurray Tourism [en ligne].
<http://www.fortmcmurraytourism.com/> (consulté le 17 Mar. 2008).
- 17 Conseil canadien des ministres des forêts. 2006. Critères et indicateurs de l'aménagement forestier durable au Canada : bilan national 2005. Ressources naturelles Canada. Ottawa, ON. 169 p.
- 18 Hobson, K.A. et Bayne, E. 2000. Breeding bird communities in boreal forest of western Canada: consequences of "unmixing" the mixedwoods. *The Condor* 120:759-769.
- 19 Alberta Environmental Protection. 1998. The Boreal Forest Natural Region of Alberta. Recreation and Protected Areas Division et Natural Heritage Planning and Evaluation Branch (éds.). Natural Resources Service, Recreation and Protected Areas Division, Natural Heritage Planning and Evaluation Branch. Edmonton, AB. 312 p.
- 20 Strong, W.L. et Leggat, K.R. 1992. Ecoregions of Alberta. Alberta Forestry Lands and Wildlife, Government of Alberta. Edmonton, AB. 56 p.
- 21 Peterson, E.B. et Peterson, N.M. 1992. Ecology, management and use of aspen and balsam poplar in the prairie provinces, Canada. Special Report no 1. Northwest Region, Northern Forestry Research Centre, Forestry Canada. Edmonton, AB. 252 p.
- 22 Hogg, E.H., Brandt, J.P. et Kochtubajda, B. 2005. Factors affecting interannual variation in growth of western Canadian aspen forests during 1951-2000. *Canadian Journal Of Forest Research- Revue Canadienne De Recherche Forestiere* 35:610-622.

- 23 Hogg, E.H., Brandt, J.P. et Kochtubajda, B. 2002. Growth and dieback of aspen forests in northwestern Alberta, Canada, in relation to climate and insects. *Canadian Journal Of Forest Research-Revue Canadienne De Recherche Forestiere* 32:823-832.
- 24 Timoney, K.P. 2003. The changing disturbance regime of the Boreal Forest of the Canadian prairie provinces. *Forestry Chronicle* 79:502-516.
- 25 Lee, P. et Boutin, S. 2006. Persistence and developmental transition of wide seismic lines in the Western Boreal Plains of Canada. *Journal Of Environmental Management* 78:240-250.
- 26 Gillanders, S.N., Coops, N.C., Wulder, M.A. et Goodwin, N.R. 2008. Application of Landsat satellite imagery to monitor land-cover changes at the Athabasca Oil Sands, Alberta, Canada. *The Canadian Geographer* 52:466-485.
- 27 Wulder, M.A., White, J.C., Han, T., Coops, N.C., Cardille, J.A., Holland, T. et Grills, D. 2008. Monitoring Canada's forests. Part 2: national forest fragmentation and pattern. *Canadian Journal of Remote Sensing* 34:563-584.
- 28 Latifovic, R. et Pouliot, D. 2005. Multitemporal land cover mapping for Canada: methodology and products. *Canadian Journal of Remote Sensing* 31:347-363.
- 29 Lee, P.G., Smith, W., Hanneman, M., Gysbers, J.D. et Cheng, R. 2010. Atlas of Canada's intact forest landscapes. *Global Forest Watch Canada 10th Anniversary Publication no 1*. Edmonton, AB. 70 p.
- 30 Alberta Biodiversity Monitoring Institute. 2009. The status of biodiversity in Alberta-Pacific forest industries' forest management agreement area: preliminary assessment 2009. Alberta Biodiversity Monitoring Institute. Edmonton, AB. 23 p.
- 31 Lee, P., Gysbers, J.D. et Stanojevic, Z. 2006. Canada's forest landscape fragments: a first approximation (a Global Forest Watch Canada report). *Global Forest Watch Canada*. Edmonton, AB. 97 p.
- 32 Inventaire forestier national. 2010. Analyse des données par écozone+ non publiée de l'Inventaire forestier national du Canada rapports types [en ligne]. <https://nfi.nfis.org/standardreports.php?lang=fr> (consulté le 22 Mar. 2010).
- 33 Haughland, D. 2008. Landscape characteristics of Alberta's Boreal Plains ecozone summarized from Alberta Biodiversity Monitoring Institute data. Données non publiées.
- 34 Schmiegelow, F.K.A. et Monkkonen, M. 2002. Habitat loss and fragmentation in dynamic landscapes: avian perspectives from the boreal forest. *Ecological Applications* 12:375-389.
- 35 Coops, N.C., Gillanders, S.N., Wulder, M.A., Gergel, S.E., Nelson, T. et Goodwin, N.R. 2010. Assessing changes in forest fragmentation following infestation using time series Landsat imagery. *Forest Ecology and Management* 259:2355-2365.

- 36 Wulder, M.A., White, J.C., Andrew, M.E., Seitz, N.E. et Coops, N.C. 2009. Forest fragmentation, structure and age characteristics as a legacy of forest management. *Forest Ecology and Management* 258:1938-1949.
- 37 Haila, Y. 2002. A conceptual genealogy of fragmentation research: from island biogeography to landscape ecology. *Ecological Applications* 12:321-334.
- 38 Lee, M., Fahrig, L., Freemark, K. et Currie, D.J. 2002. Importance of patch scale vs landscape scale on selected forest birds. *Oikos* 96:110-118.
- 39 Manning, A.D., Lindenmayer, D.B. et Nix, H.A. 2004. Continua and Umwelt: novel perspectives on viewing landscapes. *Oikos* 104:621-628.
- 40 Flaspohler, D.J., Temple, S.A. et Rosenfield, R.N. 2001. Species-specific edge effects on nest success and breeding bird density in a forested landscape. *Ecological Applications* 11:32-46.
- 41 Villard, M.A., Schmiegelow, F.K.A. et Trzcinski, M.K. 2007. Short-term response of forest birds to experimental clearcut edges. *Auk* 124:828-840.
- 42 Ries, L. et Sisk, T.D. 2004. A predictive model of edge effects. *Ecology* 85:2917-2926.
- 43 Schmiegelow, F.K.A., Machtans, C.S. et Hannon, S.J. 1997. Are boreal birds resilient to forest fragmentation? An experimental study of short-term community responses. *Ecology* 1914-1932.
- 44 Jalkotzy, J.G., Ross, p.I. et Nasserden, M.D. 1997. The effects of linear developments on wildlife: a review of selected scientific literature. Canadian Association of Petroleum Producers. Calgary, AB. 132 p.
- 45 Fleishman, E. et Mac Nally, R. 2007. Measuring the response of animals to contemporary drivers of fragmentation. *Canadian Journal of Zoology* 85:1080-1090.
- 46 Manitoba Conservation Data Centre et Manitoba Remote Sensing Centre. 2002. Land use/land cover Landsat TM Maps - Provisional Data (Arc/INFO). Manitoba Remote Sensing Centre. Winnipeg, MB.
- 47 Watmough, M.D. et Schmoll, M.J. 2007. Environment Canada's Prairie & Northern Region Habitat Monitoring Program phase II: recent habitat trends in the Prairie Habitat Joint Venture. Série de rapports techniques no 493. Environnement Canada, Service canadien de la faune. Edmonton, AB. 135 p.
- 48 Locky, D.A. 2011. Wetlands, landuse and policy: Alberta's keystone ecosystem at a crossroads [en ligne]. <http://www.albertaagrologists.ca/default.aspx?page=26&cid=3> (consulté le 13 Jan. 2012).

- 49 Schneider, R. et Dyer, S. 2006. Death by a thousand cuts: impacts of in situ oil sands development on Alberta's boreal forest. Holmes, R. (éd.). The Pembina Institute and the Canadian Parks and Wilderness Society. Edmonton, AB. 36 p.
- 50 Timoney, K.P. et Lee, p. 2009. Does the Alberta tar sands industry pollute? The scientific evidence. *The Open Conservation Biology Journal* 3:65-81.
- 51 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 no 5. Conseils canadiens des ministres des ressources. Ottawa, ON. iv + 22 p. <http://www.biodivcanada.ca/default.asp?lang=Fr&n=137E1147-1>.
- 52 Peters, D.L., Prowse, T., Pietroniro, A. et Leconte, R. 2006. Flood hydrology of the Peace-Athabasca Delta, northern Canada. *Hydrological Processes* 20:4073-4096.
- 53 Timoney, K. 2002. A dying delta? A case study of a wetland paradigm. *Wetlands* 22:282-300.
- 54 Beltaos, S. 2003. Numerical modelling of ice-jam flooding on the Peace-Athabasca Delta. *Hydrological Processes* 17:3685-3702.
- 55 Prowse, T.D., Beltaos, S., Gardner, J.T., Gibson, J.J., Granger, R.J., Leconte, R., Peters, D.L., Pietroniro, A., Romolo, L.A. et Toth, B. 2006. Climate change, flow regulation and land-use effects on the hydrology of the Peace-Athabasca-Slave system; findings from the Northern Rivers Ecosystem Initiative. *Environmental Monitoring and Assessment* 113:167-197.
- 56 Timoney, K.P. 2009. Three centuries of change in the Peace-Athabasca delta, Canada. *Climatic Change* 93:485-515. doi:10.1007/s10584-008-9536-4.
- 57 Wolfe, B.B., Hall, R.I., Last, W.M., Edwards, T.W.D., English, M.C., Karst-Riddoch, T.L., Paterson, A. et Palmi, R. 2006. Reconstruction of multi-century flood histories from oxbow lake sediments, Peace-Athabasca Delta, Canada. *Hydrological Processes* 20:4131-4153.
- 58 Peters, D.L., Prowse, T.D., Marsh, P.M., LaFleur, P.M. et Buttle, J.M. 2006. Persistence of water within perched basins of the Peace-Athabasca Delta, northern Canada. *Wetlands Ecology and Management* 14:1-23.
- 59 Peters, D.L. et Buttle, J.M. 2010. The effects of flow regulation and climatic variability on obstructed drainage and reverse flow contribution in a Northern river-lake-Delta complex, Mackenzie basin headwaters. *River Research and Applications* 26:1065-1089.
- 60 Beltaos, S., Prowse, T. et Carter, T. 2006. Ice regime of the Lower Peace River and ice-jam flooding of the Peace-Athabasca Delta. *Hydrological Processes* 20:4009-4029.
- 61 Prowse, T.D. et Conly, F.M. 2002. A review of hydroecological results of the Northern River Basins Study, Canada. Part 2. Peace-Athabasca Delta. *River Research and Applications* 18:447-460.

- 62 Wolfe, B.B., Hall, R.I., Last, W.M., Edwards, T.W.D., English, M.C., Karst-Riddoch, T.L., Paterson, A. et Palmi, R. 2006. Reconstruction of multi-century flood histories from oxbow lake sediments, Peace-Athabasca Delta, Canada. *Hydrological Processes* 20:4131-4153.
- 63 Wolfe, B.B., Karst-Riddoch, T.L., Vardy, S.R., Falcone, M.D., Hall, R.I. et Edwards, T.W.D. 2005. Impacts of climate and river flooding on the hydro-ecology of a floodplain basin, Peace-Athabasca Delta, Canada since A.D. 1700. *Quaternary Research* 64:147-162.
- 64 Wolfe, B.B., Hall, R.I., Edwards, T.W.D., Jarvis, S.R., Sinnatamby, R.N., Yi, Y. et Johnston, J.W. 2008. Climate-driven shifts in quantity and seasonality of river discharge over the past 1000 years from the hydrographic apex of North America. *Geophysical Research Letters* 35:24402-.
- 65 Beltaos, S., Prowse, T.D., Bonsal, B.R., Mackay, R., Romolo, L., Pietroniro, A. et Toth, B. 2006. Climatic effects on ice-jam flooding of the Peace-Athabasca delta. *Hydrological Processes* 20:4031-4050.
- 66 2009. Wood Buffalo National Park of Canada: state of the park report. 89 pp. Données non publiées.
- 67 Timoney, K.P. 2007. A study of water and sediment quality as related to public health issues, Fort Chipewyan, Alberta. Nune Health Board Society. Fort Chipewyan, AB. 82 p.
- 68 Hebert, C.E., Campbell, D., Kindopp, R., MacMillan, S., Martin, P., Neugebauer, E., Patterson, L. et Shatford, J. 2013. Mercury trends in colonial waterbird eggs downstream of the oil sands region of Alberta, Canada. *Environmental Science & Technology* 47:11785-11792.
- 69 Schindler, D.W. 1997. Widespread effects of climate warming on freshwater ecosystems in North America. *Hydrological Processes* 11:1043-1067.
- 70 Schindler, D.W. et Donahue, W.F. 2006. An impending water crisis in Canada's western Prairie provinces. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 103:7210-7216.
- 71 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 no 19. Conseils canadiens des ministres des ressources. Ottawa, ON.
<http://www.biodivcanada.ca/default.asp?lang=Fr&n=137E1147-1>.
- 72 Sereda, J., Bogard, M., Hudson, J., Helps, D. et Dessouki, T. 2011. Climate warming and the onset of salinization: rapid changes in the limnology of two northern plains lakes. *Journal of Limnology* 41:1-9.
- 73 Williams, W.D. 1998. Salinity as a determinant of the structure of biological communities in salt lakes. *Hydrobiologia* 381:191-201.

- 74 Van der Kamp, G., Keir, D. et Evans, M.S. 2008. Long-term water level changes in closed-basin lakes of the Canadian Prairies. *Canadian Water Resources Journal* 33:23-38.
- 75 Van der Kamp, G., Keir, D. et Evans, M.S. 2008. Long-term water level changes in closed-basin lakes of the Canadian prairies. *Revue canadienne des ressources hydriques* 33:23-38.
- 76 Environnement Canada. 2001. Menaces pour les sources d'eau potable et les écosystèmes aquatiques au Canada. Série de rapports d'évaluation scientifique de l'INRE no 1. Institut national de recherche sur les eaux. Burlington, ON. 87 p.
- 77 Environment Canada. 2004. Threats to water availability in Canada. NWRI Scientific Assessment Report Series No. 3 and ACSD Science Assessment Series No. 1. National Water Research Institute. Burlington, ON. 128 p.
- 78 Poff, N.L., Olden, J.D., Merritt, D.M. et Pepin, D.M. 2007. Homogenization of regional river dynamics by dams and global biodiversity implications. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 104:5732-5737.
- 79 Fitzhugh, T.W. et Richter, B.D. 2004. Quenching urban thirst: growing cities and their impacts on freshwater ecosystems. *Bioscience* 54:741-754.
- 80 Revenga, C., Brunner, J., Henninger, N., Kassem, K. et Payne, R. 2000. Pilot analysis of global ecosystems - freshwater systems. World Resources Institute. Washington, DC. 64 p.
- 81 Jones, S.N. et Bergey, E.A. 2007. Habitat segregation in stream crayfishes: implications for conservation. *Journal of the North American Benthological Society* 26:134-144.
- 82 Association canadienne des barrages. 2003. Les barrages au Canada. Montréal, QC. Commission Internationale des Grands Barrages. CD-ROM.,
- 83 Saskatchewan Environment. 2005. State of the Environment Report 2005. State of the Environment Reporting, Planning and Evaluation Branch. Regina, SK. 72 p.
- 84 Alberta Environment. 2006. State of the Environment [en ligne]. Government of Alberta. <http://environment.alberta.ca/01750.html> (consulté le 22 Mar. 2008).
- 85 Griffiths, M., Taylor, A. et Woynillowicz, D. 2006. Troubled waters, troubling trends - technology and policy options to reduce water use in oil and oil sands development in Alberta. The Pembina Institute. Drayton Valley, AB. 157 p.
- 86 Schindler, D.W., Donahue, W.F. et Thompson, J.P. 2007. Section 1: future water flows and human withdrawals in the Athabasca River. *Dans* Running out of steam? Oils sands development and water use in the Athabasca River-Watershed: science and market based solutions. Environmental Research and Studies Centre, University of Alberta. Edmonton, AB. 36.

- 87 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 no 19. Conseils canadiens des ministres des ressources. Ottawa, ON. Projet de rapport.
- 88 Prowse, T.D. 2001. River-ice ecology. I: hydrologic, geomorphic, and water-quality aspects. *Journal of Cold Regions Engineering* 15:1-16.
- 89 Prowse, T.D. 2001. River-ice ecology. II: biological aspects. *Journal of Cold Regions Engineering* 15:17-33.
- 90 Prowse, T.D., Bonsal, B.R., Duguay, C.R. et Lacroix, M.P. 2007. River-ice break-up/freeze-up: a review of climatic drivers, historical trends and future predictions. *Annals of Glaciology* 46:443-451.
- 91 Huusko, A., Greenberg, L., Stickler, M., Linnansaari, T., Nykänen, M., Vaganen, T., Koljonen, S., Louhi, P. et Alfredsen, K. 2007. Life in the ice lane: the winter ecology of stream salmonids. *River Research and Applications* 23:469-491.
- 92 Prowse, T.D. et Culp, J.M. 2003. Ice breakup: A neglected factor in river ecology. *Canadian Journal of Civil Engineering* 30:128-144.
- 93 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.
- 94 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.
- 95 Rannie, W.F. 1983. Breakup and freezeup of the Red River at Winnipeg, Manitoba Canada in the 19th century and some climatic implications. *Climatic Change* 5:283-296.
- 96 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.
- 97 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.
- 98 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.
- 99 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.

- 100 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.
- 101 Bates, B.C., Kundzewicz, Z.W., Wu, S. et Palutikof, J.P. 2008. Le changement climatique et l'eau. Document technique publié par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. Secrétariat du GIEC. Genève. 210 p.
- 102 Turetsky, M., Wieder, L.Halsey et D.Vitt. 2002. Current disturbance and the diminishing peatland carbon sink. *Geophysical Research Letters* 29.
- 103 Beilman, D.W. 2001. Plant community and diversity change due to localized permafrost dynamics in bogs of western Canada. *Canadian Journal of Botany-Revue Canadienne De Botanique* 79:983-993.
- 104 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 no 9. Conseils canadiens des ministres des ressources. Ottawa, ON. iii + 23 p.
<http://www.biodivcanada.ca/default.asp?lang=Fr&n=137E1147-1>.
- 105 Jorgenson, M.T., Racine, C.H., Walters, J.C. et Osterkamp, T.E. 2001. Permafrost degradation and ecological changes associated with a warming climate in central Alaska. *Climatic Change* 48:551-579.
- 106 Jorgenson, M.T. et Osterkamp, T.E. 2005. Response of boreal ecosystems to varying modes of permafrost degradation. *Canadian Journal of Forest Research/Revue canadienne de recherche forestière* 35:2100-2111.
- 107 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).
- 108 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).
- 109 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.
- 110 Soverel, N.O., Coops, N.C., White, J.C. et Wulder, M.A. 2010. Characterizing the forest fragmentation of Canada's national parks. *164:481-499*.

- 111 Fraser, R.H., Olthof, I. et Pouliot, D. 2009. Monitoring land cover change and ecological integrity in Canada's national parks. *Remote Sensing of Environment* 113:1397-1409.
- 112 Dyer, S., Grant, J., Lesack, T. et Weber, M. 2008. Catching up: conservation and biodiversity offsets in Alberta's boreal forest. Canadian Boreal Forest Initiative. Ottawa, ON. 34 p.
- 113 Canadian Model Forest Network. 2014. Canadian Model Forest Network [en ligne]. <http://www.modelforest.net/> (consulté le 1 Mar. 2014).
- 114 Prince Albert Model Forest. 2010. Forest communities program annual report. 46 p.
- 115 Weberville Community Forest Association. 2012. Phase IV final report. 18 p.
- 116 Eigenraam, M., Strappazon, L., Lansdell, N., Beverly, C. et Stoneham, G. 2007. Designing frameworks to deliver unknown information to support market based instruments. *Agricultural Economics* 37 - Supplement 1:261-269.
- 117 Province of Alberta. 2009. Alberta Land Stewardship Act. Alberta Queen's Printer. Edmonton, AB. 58 p.
- 118 Croft, C.D., Zimmerling, T. et Zimmer, K. 2011. Conservation offsets: a working framework for Alberta. Alberta Conservation Association. Sherwood Park, AB. 18 p.
- 119 Environnement Canada. 2009. Les espèces exotiques envahissantes au Canada [en ligne]. <http://www.ec.gc.ca/eee-ias/Default.asp?lang=Fr> (consulté le 15 Dec. 2009).
- 120 Wilcove, D.S., Rothstein, D., Dubow, J., Phillips, A. et Losos, E. 1998. Quantifying threats to imperiled species in the United States -- assessing the relative importance of habitat destruction, alien species, pollution, overexploitation and disease. *Bioscience* 48:607-615.
- 121 Smith, A.S., Hewitt, N., Klenk, N., Bazely, D.R., Yan, N., Wood, S., Henriques, I., MacLellan, J.I. et Lipsig-Mummé, C. 2012. Effects of climate change on the distribution of alien species in Canada: a knowledge synthesis of range change projections in a warming world. *Environmental Reviews* 20:1-16.
- 122 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.
- 123 B.C. Ministry of Environment. 2007. Environmental Trends in British Columbia: 2007. State of Environment Reporting. Victoria, B.C. 352 p.
- 124 Agence canadienne d'inspection des aliments. 2008. Plantes exotiques envahissantes au Canada - Rapport sommaire [en ligne]. Canadian Food Inspection Agency. <http://www.inspection.gc.ca/francais/plaveg/invenv/techrpt/summresf.shtml> (consulté le 13 Sept. 2010).

- 125 Alberta Sustainable Resource Development. 2006. 2006 Annual Report: forest health in Alberta. Government of Alberta. Edmonton, AB. 58 p.
- 126 Alberta Biodiversity Monitoring Institute. 2011. Data [en ligne]. Alberta Biodiversity Monitoring Institute. <http://www.abmi.ca/abmi/rawdata/rawdataselection.jsp>
- 127 Alberta Biodiversity Monitoring Institute. 2009. Non-native invasive plant species. Biodiversity Notes. Alberta Biodiversity Monitoring Institute. Edmonton, AB. 3 p.
- 128 Hatfield, T. et Pollard, S. 2009. Non-native freshwater fish species in British Columbia. Biology, biotic effects, and potential management actions no 121. Ministry of Environment, Biodiversity Branch. Victoria, B.C. 206 p.
- 129 COSEWIC. 2003. Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur cisco à mâchoires égales (*Coregonus zenithicus*) au Canada . Le Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa, ON. 19 p.
- 130 Cameron, E.K. et Bayne, E.M. 2009. Road age and its importance in earthworm invasion of northern boreal forests. *Journal of Applied Ecology* 46:28-36.
- 131 Addison, J. 2009. Distribution and impacts of invasive earthworms in Canadian forest ecosystems. *Biological Invasions* 11:59-79.
- 132 Kelly, E.N., Short, J.W., Schindler, D.W., Hodson, P.V., Ma, M.S., Kwan, A.K. et Fortin, B.L. 2010. Oil sands development contributes polycyclic aromatic compounds to the Athabasca River and its tributaries. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 106:22346-22351.
- 133 Government of Alberta et Government of Canada. 2012. Joint Canada Alberta implementation plan for oil sands monitoring. 32 p.
- 134 Timoney, K.P. et Lee, p. 2011. Polycyclic aromatic hydrocarbons increase in Athabasca River Delta sediment: temporal trends and environmental correlates. *Environmental Science & Technology* 45:4278-4284.
- 135 Kurek, J., Kirk, J.L., Muir, D.C., Wang, X., Evans, M.S. et Smol, J.P. 2013. Legacy of a half century of Athabasca oil sands development recorded by lake ecosystems. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 110:1761-1766.
- 136 Myers, M.S., Johnson, L.L. et Collier, T.K. 2003. Establishing the causal relationship between polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) exposure and hepatic neoplasms and neoplasia-related liver lesions in English sole (*Pleuronectes vetulus*). *Human and Ecological Risk Assessment* 9:67-94.
- 137 Tetreault, G.R., McMaster, M.E., Dixon, D.G. et Parrott, J.L. 2003. Physiological and biochemical responses of Ontario slimy sculpin (*Cottus cognatus*) to sediment from the Athabasca oil sands area. *Water Quality Research Journal Of Canada* 38:361-377.

- 138 Colavecchia, M.V., Backus, S.M., Hodson, P.V. et Parrott, J.L. 2004. Toxicity of oil sands to early life stages of fathead minnows (*Pimephales promelas*). *Environmental Toxicology and Chemistry* 23:1709-1718.
- 139 Colavecchia, M.V., Hodson, P.V. et Parrott, J.L. 2006. CYP1A induction and blue sac disease in early life stages of white suckers (*Catostomus commersoni*) exposed to oil sands. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A* 69:967-994.
- 140 Rogers, V.V., Wickstrom, M., Liber, K. et MacKinnon, M.D. 2002. Acute and subchronic mammalian toxicity of naphthenic acids from oil sands tailings. *Toxicology Sciences* 66:347-355.
- 141 Garcia-Garcia, E., Pun, J., Perez-Estrada, L.A., Din, M.G.E., Smith, D.W., Martin, J.W. et Belosevic, M. 2011. Commercial naphthenic acids and the organic fraction of oil sands process water downregulate pro-inflammatory gene expression and macrophage antimicrobial responses. *Toxicology Letters* 203:62-73.
- 142 Peters, L.E., MacKinnon, M., Van Meer, T., van den Heuvel, M.R. et Dixon, D.G. 2007. Effects of oil sands process-affected waters and naphthenic acids on yellow perch (*Perca flavescens*) and Japanese medaka (*Orizias latipes*) embryonic development. *Chemosphere* 67:2177-2183.
- 143 Gentes, M.L., Waldner, C., Papp, Z. et Smits, J.E.G. 2006. Effects of oil sands tailings compounds and harsh weather on mortality rates, growth and detoxification efforts in nestling tree swallows (*Tachycineta bicolor*). *Environmental Pollution* 142:24-33.
- 144 Gurney, K.E., Williams, T.D., Smits, J.E., Wayland, M., Trudeau, S. et Bendell-Young, L.I. 2005. Impact of oil-sands based wetlands on the growth of mallard (*Anas platyrhynchos*) ducklings. *Environmental Toxicology and Chemistry* 24:457-463.
- 145 Pollet, I. et Bendell-Young, L.I. 2000. Amphibians as indicators of wetland quality in wetlands forme from oil sands effluent. *Environmental Toxicology and Chemistry* 19:2589-2597.
- 146 Colavecchia, M.V., Hodson, P.V. et Parrott, J.L. 2007. The relationships among CYP1A induction, toxicity, and eye pathology in early life stages of fish exposed to oil sands. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A* 70:1542-1555.
- 147 Environnement Canada. 2009. Guide pour la déclaration de résidus miniers et de stériles à l'Inventaire national des rejets de polluants [en ligne]. <http://www.ec.gc.ca/inrp-npri/default.asp?lang=Fr&n=C115DEB3-1> (consulté le 30 Jan. 2012).
- 148 Alberta Environmental Protection. 1996. Naphthenic acids background information discussion report. Environmental regulatory service, Environmental Assessment Division, Standards and Guidelines Branch. Edmonton, AB. 65 p.

- 149 Oil Sands Wetlands Working Group. 2000. Guideline for wetland establishment on reclaimed oil sands leases. Report no ESD/LM/00-1. Chymko, N. (éd.). Alberta Environment. Edmonton, AB. xii+137p.+appendices p.
- 150 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.
- 151 Basu, N., Scheuhammer, A., Grochowina, N., Klenavic, K., Evans, D., O'Brien, M. et Chan, H.M. 2005. Effects of mercury on neurochemical receptors in wild river otters (*Lontra canadensis*). *Environmental Science & Technology* 39:3585-3591.
- 152 Scheuhammer, 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.
- 153 Choi, A.L. et Grandjean, P. 2008. Methylmercury exposure and health effects in humans. *Environmental Chemistry* 5:112-120.
- 154 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.
- 155 Hebert, C.E., Weseloh, C., MacMillan, S., Campbell, D. et Nordstrom, W. 2011. Metals and polycyclic aromatic hydrocarbons in colonial waterbird eggs from Lake Athabasca and the Peace Athabasca Delta, Canada. *Environmental Toxicology and Chemistry* 30:1178-1183.
- 156 Donahue, W.F., Allen, E.W. et Schindler, D.W. 2006. Impacts of coal-fired power plants on trace metals and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in lake sediments in central Alberta, Canada. *Journal of Paleolimnology* 35:111-128.
- 157 Schindler, D.W. et Smol, J.P. 2006. Cumulative effects of climate warming and other human activities on freshwaters of Arctic and subarctic North America. *Ambio* 35:160-168.
- 158 Seitz, N.E., Westbrook, C.J. et Noble, B.F. 2011. Bringing science into river systems cumulative effects assessment practice. 31:172-179.
- 159 Bayley, S.E., Creed, I.F., Sass, G.Z. et Wong, A.S. 2007. Frequent regime shifts in trophic states in shallow lakes on the Boreal Plain: alternative "unstable" states? *Limnology and Oceanography* 52:2002-2012.
- 160 Environnement Canada. 2011. États et tendances de la qualité de l'eau pour les nutriments dans les bassins versants importants du Canada. *Water Science and Technology Directorate, Environment Canada*. 56 p.

- 161 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 no 15. Conseils canadiens des ministres des ressources. Ottawa, ON. iii + 17 p.
<http://www.biodivcanada.ca/default.asp?lang=Fr&n=137E1147-1>.
- 162 Brunskill, G.J., Schindler, D.W., Holmgren, S.K., Kling, H.J., Campbell, P., Graham, B.W., Stainton, M.P. et Armstrong, F.A.J. 1969. Nutrients, chlorophyll, phytoplankton and primary production in Lake Winnipeg. Données non publiées.
- 163 Manitoba Water Stewardship. 2008. Water Quality Management Section. Données non publiées.
- 164 Shipley, E. et Kling, H. 2010. Analyse non publiée en : Lake Winnipeg and its watershed, un rapport préparée pour Biodiversité canadienne: état et tendances des écosystèmes en 2010. Manitoba Water Stewardship. Rapport non publié.
- 165 Rollason, K. 8 Nov. 2010. Green slime can be toxic, experts say: warnings posted at beaches. Winnipeg Free Press.
- 166 Environnement Canada. 2005. Évaluation scientifique 2004 des dépôts acides au Canada. Service météorologique du Canada, Gouvernement du Canada. Ottawa, ON. 478 p.
- 167 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.
- 168 L'Atlas national du Canada. 1991. La capacité des sols [de réduire les précipitations acides]. 5e édition, 1978 à 1995. Ressources naturelles Canada. Ottawa, ON.
- 169 Jeffries, D., Wong, I., Dennis, I. et Sloboda, M. 2010. Carte des charges critiques terrestres et aquatiques. Direction générale de la science et de la technologie, Environnement Canada. Non publiées.
- 170 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.
- 171 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.

- 172 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.
- 173 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.
- 174 Gardner, T. 2001. Declining amphibian populations: a global phenomenon in conservation biology. *Animal Biodiversity and Conservation* 24:25-44.
- 175 Wiener, J.G., Krabbenhoft, D.P., Heinz, G.H. et Scheuhammer, W.M. 2003. Ecotoxicology of mercury. *Dans Handbook of ecotoxicology*. Hoffman, D.J., Rattner, B.A., Burton, G.A. et Cairns, J. (éd.). Lewis Publishers. Boca Raton, FL. Chapitre 16. pp. 409-463.
- 176 Drysdale, C., Burgess, N.M., d'Entremont, A., Carter, J. et Brun, G. 2005. Mercury in brook trout, white perch and yellow perch in Kejimikujik National Park and National Historic Site. *Dans Mercury cycling in a wetland dominated ecosystem: a multidisciplinary study*. O'Driscoll, N.J., Rencz, A.N. et Lean, D.R.S. (éd.). SETAC Press. Pensacola, FL. pp. 321-346.
- 177 Kamman, N.C., Burgess, N.M., Driscoll, C.T., Simonin, H.A., Goodale, W., Linehan, J., Estabrook, R., Hutcheson, M., Major, A., Scheuhammer, A.M. et Scruton, D.A. 2005. Mercury in freshwater fish of northeast North America - a geographic perspective based on fish tissue monitoring databases. *Ecotoxicology* 14:163-180.
- 178 Burgess, N.M. et Meyer, M.W. 2008. Methylmercury exposure associated with reduced productivity in common loons. *Ecotoxicology* 17:83-91.
- 179 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.
- 180 Pelley, J. 2006. Acid rain worries in western Canada. *Environmental Science & Technology* 40:5830.
- 181 Environment Canada. 2007. Annual Temperature Trend, Extremes and Current Season Ranking, 1948 - 2007 (60 Years). *Climate Trends and Variations Bulletin*.
- 182 Mbogga, M.S., Hamann, A. et Wang, T.L. 2009. Historical and projected climate data for natural resource management in western Canada. *Agricultural And Forest Meteorology* 149:881-890.

- 183 Schneider, R.R., Hamann, A., Farr, D., Wang, X.L. et Boutin, S. 2009. Potential effects of climate change on ecosystem distribution in Alberta. *Canadian Journal of Forest Research - Revue Canadienne De Recherche Forestiere* 39:1001-1010.
- 184 Alo, C.A. et Wang, G.L. 2008. Potential future changes of the terrestrial ecosystem based on climate projections by eight general circulation models. *Journal Of Geophysical Research-Biogeosciences* 113:GDI004.
- 185 Hogg, E.H., Brandt, J.P. et Kochtubajda, B. 2002. Growth and dieback of aspen forests in northwestern Alberta, Canada, in relation to climate and insects. *Canadian Journal Of Forest Research-Revue Canadienne De Recherche Forestiere* 32:823-832.
- 186 Hogg, E.H. et Hurdle, P.A. 1995. The aspen parkland In western Canada - a dry-climate analog for the future boreal forest. *Water Air And Soil Pollution* 82:391-400.
- 187 Michaelian, M., Hogg, E.H., Hall, R.J. et Arsenault, E. 2011. Massive mortality of aspen following severe drought along the southern edge of the Canadian boreal forest. *Global Change Biology* 17:2084-2094.
- 188 Peng, C., Ma, Z., Lei, X., Zhu, Q., Chen, H., Wang, W., Liu, S., Li, W., Fang, X. et Zhou, X. 2011. A drought-induced pervasive increase in tree mortality across Canada's boreal forests. *Nature Climate Change* 1:467-471.
- 189 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.*
- 190 Smith, S.L., Burgess, M.M., Riseborough, D. et Nixon, F.M. 2005. Recent trends from Canadian permafrost thermal monitoring network sites. *Permafrost and Periglacial Processes* 16:19-30.
- 191 Robinson, S.D. et Moore, T.R. 2000. The influence of permafrost and fire upon carbon accumulation in high boreal peatlands, Northwest Territories, Canada. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research* 32:155-166.
- 192 Lloyd, A.H., Yoshikawa, K., Fastie, C.L., Hinzman, L. et Fraver, M. 2003. Effects of permafrost degradation on woody vegetation at arctic treeline on the Seward Peninsula, Alaska. *Permafrost and Periglacial Processes* 14:93-101.
- 193 Racine, C.H., Jorgenson, M.T. et Walters, J.C. 1998. Thermokarst vegetation in lowland birch forests on the Tanana Flats, interior Alaska, U.S.A. *Dans Proceedings of the 7th International Conference on Permafrost. Yellowknife, NT, 23 au 27 juin 1998. Lewkowicz, A.G. et Allard, M. (éds.). Centre d'études nordiques, Université Laval, Collection Nordicana no 55. pp. 927-933.*

- 194 Beaubien, E. et Hamann, A. 2011. Spring flowering response to climate change between 1936 and 2006 in Alberta, Canada. *Bioscience* 61:514-524.
- 195 Hitch, A.T. et Leberg, P.L. 2007. Breeding distributions of North American bird species moving north as a result of climate change. *Conservation Biology* 21:534-539.
- 196 Schindler, D.W. et Lee, P.G. 2010. Comprehensive conservation planning to protect biodiversity and ecosystem services in Canadian boreal regions under a warming climate and increasing exploitation. *Biological Conservation* 143:1571-1586.
- 197 Peterson, E.B. et Peterson, N.M. 1992. Ecology, management and use of aspen and balsam poplar in the prairie provinces, Canada. Special Report no 1. Northwest Region, Northern Forestry Research Centre, Forestry Canada. Edmonton, AB. 252 p.
- 198 Schnerider, R.R. 2002. History of industrial development: 1900-2000. *Dans* Alternative futures: Alberta's boreal forest at a crossroads. The Federation of Alberta Naturalists and The Alberta Centre for Boreal Research. Edmonton, AB. pp. 9-27.
- 199 Ministry of Environment. 2008. Saskatchewan game report 2007-08.
- 200 ASRD. 2008. Alberta grizzly bear recovery plan 2008-2013. Alberta Species at Risk Recovery Plan No. 15. Alberta Sustainable Resource Development, Fish and Wildlife Division. Edmonton, AB. 68 p.
- 201 Petersen, S. 1997. Status of the wolverine (*Gulo gulo*) in Alberta. Wildlife Status Report No. 2. Alberta Environmental Protection, Wildlife Management Division, Status and Surveys Branch. Edmonton, AB. v + 17p.+ appendix p.
- 202 Mullen, S. 2005. Does price really matter? Données non publiées.
- 203 British Columbia Ministry of Environment. 2008. Hunting and angling licences, hunting effort, and furbearer trapping returns from Wildlife Management Units within the Boreal Plains Ecozone. Données non publiées.
- 204 Saskatchewan Environment. 2008. Saskatchewan Fur Statistics Information System 1999-2000: Wild Fur Harvest & Cash Value in Northern Conservation Block (adult only). Données non publiées.
- 205 Saskatchewan Environment. 2008. Saskatchewan Fur Statistics Information System 2000-2001: Wild Fur Harvest & Cash Value in Northern Conservation Block (adult only). Données non publiées.
- 206 Saskatchewan Environment. 2008. Saskatchewan Fur Statistics Information System 2001-2002: wild fur harvest & cash value in Northern Conservation Block (including youth). Données non publiées.

- 207 Saskatchewan Environment. 2008. Saskatchewan Fur Statistics Information System 2002-2003: wild fur harvest & cash value in Northern Conservation Block (including youth). Données non publiées.
- 208 Saskatchewan Environment. 2008. Saskatchewan Fur Statistics Information System 2003-2004: wild fur harvest & cash value in Northern Conservation Block (including youth). Données non publiées.
- 209 Saskatchewan Environment. 2008. Saskatchewan Fur Statistics Information System 2004-2005: wild fur harvest & cash value in Northern Conservation Block (including youth). Données non publiées.
- 210 Saskatchewan Environment. 2008. Saskatchewan Fur Statistics Information System 2005-2006: wild fur harvest & cash value in Northern Conservation Block (including youth). Données non publiées.
- 211 Saskatchewan Environment. 2008. Saskatchewan Fur Statistics Information System 2006-2007: wild fur harvest & cash value in Northern Conservation Block (including youth). Données non publiées.
- 212 Haughland, D. 2008. Furbearer Returns and Prices for Saskatchewan and British Columbia's Boreal Plains Ecozone, 1983-2007. Données non publiées.
- 213 Donald, D.B. et Aitken, W. 2005. Stock-yield model for a fish with variable annual recruitment. *North American Journal of Fisheries Management* 25:1226-1238.
- 214 Alberta Recreation Parks and Wildlife. 1976. Commercial Fisheries Catch Statistics for Alberta 1942-1975. Fisheries Management Report no 22. Government of Alberta, Fish and Wildlife Division. Edmonton, AB. 211 p.
- 215 Sullivan, M.G. 2003. Active management of walleye fisheries in Alberta: dilemmas of managing recovering fisheries. *North American Journal of Fisheries Management* 23:1343-1358.
- 216 Lake Winnipeg Quota Review Task Force. 2011. Technical assessment of the status, health and sustainable harvest levels of the Lake Winnipeg fisheries resource. Government of Manitoba, Minister of Water Stewardship. Winnipeg, MB. xiv + 182p. p.
- 217 Haughland, D. 2008. Commercial fisheries harvests in the Boreal Plains ecozone of Alberta and Manitoba. Données non publiées.
- 218 Bodden, K. 2008. Commercial fisheries harvest data for Alberta, 1987-2007. Données non publiées.
- 219 Department of Justice Government of Canada. 2007. Under the Manitoba Fishery Regulations, 1987 : Commercial Fishing Season Variance CFSV. 59 p.

- 220 Manitoba Water Stewardship. 2006. A profile of Manitoba's commercial fishery. Government of Manitoba, Manitoba Conservation and Water Stewardship, Fisheries Branch. Winnipeg, MB. 16 p.
- 221 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.
- 222 Wieder, R.K. Past, present, and future peatland carbon balance: an empirical model based on Pb-210-dated cores. *Ecological Applications* 11:327-342.
- 223 Kurz, W.A., Stinson, G., Rampley, G.J., Dymond, C.C. et Neilson, E.T. 2008. Risk of natural disturbances makes future contribution of Canada's forests to the global carbon cycle highly uncertain. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 105:1551-1555.
- 224 Turetsky, M.R., Wieder, R.K., Vitt, D.H., Evans, R.J. et Scott, K.D. 2007. The disappearance of relict permafrost in boreal North America: effects on peatland carbon storage and fluxes. *Global Change Biology* 13:1922-1934.
- 225 Environnement Canada. 2009. Le rapport d'inventaire national: 1990-2007, sources et puits de gaz à effet de serre au Canada. Gouvernement du Canada. Ottawa, ON. 705 p.
- 226 Gutsell, R., Feser, S., Cotterill, S. et Platt, C. 2005. Status of Alberta wildlife 2005. Preliminary status evaluation of the birds: non-passerines. Alberta Sustainable Resource Development, Fish and Wildlife Division. Edmonton, AB. 5 p.
- 227 COSEWIC. 2006. COSEWIC assessment and update status report on the lake sturgeon (*Acipenser fulvescens*) in Canada. Committee on the Status of Endangered Wildlife in Canada. Ottawa, ON. xi + 107 p.
- 228 Naiman, R.J., Melillo, J.M. et Hobbie, J.E. 1986. Ecosystem alteration of boreal forest streams by beaver (*Castor canadensis*). *Ecology* 67:1254-1269.
- 229 Naiman, R.J., Manning, T. et Johnston, C.A. 1991. Beaver population fluctuations and tropospheric methane emissions in boreal wetlands. *Biogeochemistry* 12:1-15.
- 230 Rosell, F., Bozser, O., Collen, P. et Parker, H. 2005. Ecological impact of beavers *Castor fiber* and *Castor canadensis* and their ability to modify ecosystems. *Mammal Review* 35:248-276.
- 231 Cunningham, J.M., Calhoun, A.J.K. et Glanz, W.E. 2007. Pond-breeding amphibian species richness and habitat selection in a beaver-modified landscape. *Journal of Wildlife Management* 71:2517-2526.
- 232 Corrigan, C. 2008. Prince Albert National Park visitorship from 1984 to 2007. Données non publiées.

- 233 Voora, V. et Venema, H.D. 2008. An ecosystem assessment of the Lake Winnipeg watershed. Phase 1 report - southern Manitoba analysis. International Institute for Sustainable Development. Winnipeg, MB.
- 234 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.
- 235 Integrated Environments. 2007. Ecosystem goods and services assessment - southern Alberta no 2. Alberta Environment. Calgary, AB. 145 p.
- 236 Manitoba Ministry of Agriculture, Food and Rural Development. 2014. Growing Assurance - Ecological Goods and Services [en ligne].
<http://www.gov.mb.ca/agriculture/environment/ecological-goods-and-services/growing-assurance-egs.html>
- 237 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>.
- 238 Statistique Canada. 2008. Recensement de l'agriculture de 2006.
- 239 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 no 12. Conseils canadiens des ministres des ressources. Ottawa, ON. xi + 118 p.
<http://www.biodivcanada.ca/default.asp?lang=Fr&n=137E1147-1>.
- 240 Alberta Biodiversity Monitoring Institute. 2013. Alberta biodiversity monitoring program [en ligne]. <http://www.abmi.ca/abmi/home/home.jsp> (consulté le 8 Aug. 2013).
- 241 Alberta Biodiversity Monitoring Institute. 2013. The status of biodiversity in the Athabasca oil sands area. Alberta Biodiversity Monitoring Institute. Edmonton, AB. 39 p.
- 242 Behan-Pelletier, V.M. 1999. Oribatid mite biodiversity in agroecosystems: role for bioindication. Agriculture, ecosystems & environment 74:411-423.
- 243 Manitoba Conservation Data Centre. 2001. List of species of conservation concern: mid-boreal lowlands, mid-boreal uplands, and interlake plain. <http://web2.gov.mb.ca/conservation/cdc/species/areasearch.php>,
- 244 Alberta Environment, Alberta Sustainable Resource Development, Alberta Community Development et Agri-Food Canada. 2005. 2005 Natural Regions and Subregions of Alberta

- (Arc/INFO) [en ligne].
<http://www.tprc.alberta.ca/parks/heritageinfocentre/naturalregions/downloaddata.aspx>
- 245 Gouvernement du Canada. 2010. Registre public des espèces en péril [en ligne].
Gouvernement du Canada. <http://www.registrelep.gc.ca> (consulté le 7 July 2010).
- 246 Saskatchewan Conservation Data Centre. 2006. Expected occurrence of plants and animals by ecoregion - May 2006. 427 p.
- 247 Alberta Natural Heritage Information Centre. 2007. Tracked elements listed by natural subregion [en ligne]. Alberta Tourism Parks Recreation and Culture.
<http://tprc.alberta.ca/parks/heritageinfocentre/animals/default.aspx> (consulté le 18 Feb. 2008).
- 248 B.C. Conservation Data Centre. 2007. BC species and ecosystems explorer: red and blue listed species in the Peace Forest district [en ligne]. B.C. Ministry of the Environment.
<http://srmapps.gov.bc.ca/apps/eswp/> (consulté le 17 Feb. 2008).
- 249 Moss, E.H. 1983. Flora of Alberta. Édition 2nd. Packer, J.G. (éd.). University of Toronto Press. Toronto, ON. 687 p.
- 250 Schieck, J. 2005. Vertebrate Guilds. Données non publiées.
- 251 Haughland, D. 2008. Percentage of known taxa ranked as "At risk" and "May be at risk" within the Boreal Plains Ecozone. Données non publiées.
- 252 COSEWIC. 2003. Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur cisco à mâchoires égales (*Coregonus zenithicus*) au Canada . Le Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa, ON. 19 p.
- 253 Sullivan, M.G. 2008. Communication personnelle.
- 254 Smith, A.R. 1993. Ecological profiles of birds in the boreal forest of western Canada. *Dans* Birds in the boreal forest. Kuhnke, D.H. (éd.). Northern Forestry Centre, Forestry Canada, Northwest Region. Edmonton, AB. 5.
- 255 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.
- 256 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.

- 257 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/>
- 258 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>
- 259 Brown, S.C., Hickey, C., Harrington, B.A. et Gill, R.E. 2001. United States shorebird conservation plan. Édition 2nd. Manomet Centre for Conservation Sciences. Manomet, MA. 64 p.
- 260 Morrison, R.I.G. 2001. Tendances et enjeux relatifs aux populations d'oiseaux de rivage au Canada : un aperçu. Tendances chez les oiseaux 8:1-5.
- 261 Kushlan, J.A. 1993. Colonial waterbirds as bioindicators of environmental change. Colonial Waterbirds 16:223-251.
- 262 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>.
- 263 Kemper, C., Wollis, H., Found, C., Prescott, D. et Heckbert, M. 2008. Western grebes (*Aechmophorus occidentalis*) in Alberta: 2006 field summary. Alberta Species at Risk Report no 121. Alberta Sustainable Resource Development, Fish and Wildlife Division. Edmonton, AB. 17 p.
- 264 Centre for Indigenous Environmental Resources. 2006. Climate change impacts on ice, winter roads, access trails, and Manitoba First Nations. CIER. Winnipeg, MB. 210 p.
- 265 Plan nord-américain de gestion de la sauvagine. 2004. Plan nord-américain de gestion de la sauvagine 2004. Orientation stratégique : renforcer les fondements biologiques. Service canadien de la faune, U.S. Fish and Wildlife Service et Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 32 p.
- 266 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>.
- 267 Environment Canada. 2014. North American breeding bird survey - Canadian trends website, data-version 2012. [en ligne]. Environment Canada. <http://www.ec.gc.ca/ron-bbs/>
- 268 Parcs Canada. 2006. Espèces en péril: Bison des bois [en ligne]. <http://www.pc.gc.ca/fra/nature/eep-sar/itm3/eep-sar3u/1.aspx> (consulté le 13 Mar. 2008).

- 269 Bradley, M. et Wilmshurst, J. 2005. The fall and rise of bison populations in Wood Buffalo National Park: 1971 to 2003. *Canadian Journal Of Zoology-Revue Canadienne De Zoologie* 83:1195-1205.
- 270 Joly, D.O. et Messier, F. 2004. Testing hypotheses of bison population decline (1970-1999) in Wood Buffalo National Park: synergism between exotic disease and predation. *Canadian Journal Of Zoology-Revue Canadienne De Zoologie* 82:1165-1176.
- 271 Joly, D.O. et Messier, F. 2005. The effect of Bovine tuberculosis and brucellosis on reproduction and survival of wood bison in Wood Buffalo National Park. *Journal Of Animal Ecology* 74:543-551.
- 272 Joly, D.O. et Messier, F. 2000. A numerical response of wolves to bison abundance in Wood Buffalo National Park, Canada. *Canadian Journal Of Zoology-Revue Canadienne De Zoologie* 78:1101-1104.
- 273 Carbyn, L.N., Oosenbrug, S.M. et Anions, D.W. 1993. Wolves, bison and the dynamics related to the Peace-Athabasca Delta in Canada's Wood Buffalo National Park. *Circumpolar Research Series no 4*. Canadian Circumpolar Institute, University of Alberta. Edmonton, AB. 5 p.
- 274 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.
- 275 Environnement Canada. 2011. Évaluation scientifique aux fins de la désignation de l'habitat essentiel de la population boréale du caribou des bois (*Rangifer tarandus caribou*) au Canada : mise à jour 2011. Environnement Canada. Ottawa, ON. xvi + 116 p.
- 276 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.
- 277 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 no 11. Conseils canadiens des ministres des ressources. Ottawa, ON. v + 41 p. <http://www.biodivcanada.ca/default.asp?lang=Fr&n=137E1147-1>.
- 278 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.
- 279 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 no 11. Conseils canadiens des ministres des ressources. Ottawa, ON. v + 41 p. <http://www.biodivcanada.ca/default.asp?lang=Fr&n=137E1147-1>.

- 280 Dyer, S.J. 1999. Movement and distribution of woodland caribou (*Rangifer tarandus caribou*) in response to industrial development in northeastern Alberta. Thèse (M.Sc.). University of Alberta, Biological Sciences. Edmonton, AB.
- 281 Edmonds, E.J. 1988. Population status, distribution and movements of woodland caribou in west central Alberta. *Canadian Journal of Zoology* 66:817-826.
- 282 James, A.R.C. 1999. Effects of industrial development on the predator-prey relationship between wolves and caribou in north-eastern Alberta. Thèse (Ph.D.). University of Alberta, Biological Sciences. Edmonton, AB. 70 p.
- 283 Neufeld, L.M. 2006. Spatial dynamics of wolves and woodland caribou in an industrial forest landscape in west-central Alberta. Thèse (M.Sc.). University of Alberta, Renewable Resources. Edmonton, AB.
- 284 Smith, S.L., Burgess, M.M., Riseborough, D. et Mark Nixon, F. 2005. Recent trends from Canadian permafrost thermal monitoring network sites. *Permafrost and Periglacial Processes* 16:19-30.
- 285 Environnement Canada. 2007. Programme de rétablissement de l'ours grizzli (*Ursos arctos*), population des Prairies, au Canada [Proposition]. Environment Canada. Species at Risk Act Recovery Strategy Series.
- 286 Hummel, M. et Ray, J.C. 2008. *Caribou and the North: a shared future*. Dundurn Press. Toronto, ON. 320 p.
- 287 Coops, N.C., Wulder, M.A., Duro, D.C., Han, T. et Berry, S. 2008. The development of a Canadian dynamic habitat index using multi-temporal satellite estimates of canopy light absorbance. *Ecological Indicators* 8:754-766.
- 288 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.
- 289 Alcaraz-Segura, D., Chuvieco, E., Epstein, H.E., Kasischke, E.S. et Trishchenko, A. 2010. Debating the greening vs. browning of the North American boreal forest: differences between satellite datasets. *Global Change Biology* 16:760-770.
- 290 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 no 6. Conseils canadiens des ministres des ressources. Ottawa, ON. vi + 56 p. <http://www.biodivcanada.ca/default.asp?lang=Fr&n=137E1147-1>.

- 291 Parisien, M.A., Peters, V.S., Wang, Y., Little, J.M., Bosch, E.M. et Stocks, B.J. 2006. Spatial patterns of forest fires in Canada, 1980-1999. *International Journal of Wildland Fire* 15:361-374.
- 292 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.
- 293 Burton, P.J., Parisien, M.-A., Hicke, J.A., Hall, R.J. et Freeburn, J.T. 2008. Large fires as agents of ecological diversity in the North American boreal forest. *International Journal of Wildland Fire* 17:754-767.
- 294 Amiro, B.D., Logan, K.A., Wotton, B.M., Flannigan, M.D., Todd, J.B., Stocks, B.J. et Martell, D.L. 2004. Fire weather index system components for large fires in the Canadian boreal forest. *International Journal of Wildland Fire* 13:391-400.
- 295 Girardin, M.P., Tardif, J., Flannigan, M.D. et Bergeron, Y. 2006. Synoptic-scale atmospheric circulation and boreal Canada summer drought variability of the past three centuries. *Journal of Climate* 19:1922-1947.
- 296 Skinner, W.R., Flannigan, M.D., Stocks, B.J., Martell, D.L., Wotton, B.M., Todd, J.B., Mason, J.A., Logan, K.A. et Bosch, E.M. 2002. A 500 hPa synoptic wildland fire climatology for large Canadian forest fires, 1959-1996. *Theoretical and Applied Climatology* 71:157-169.
- 297 Cumming, S.G. 2005. Effective fire suppression in boreal forests. *Canadian Journal of Forest Research/Revue canadienne de recherche forestière* 35:772-786.
- 298 Flannigan, M.D. et Wotton, B.M. 2001. Climate, weather and area burned. *Dans* Forest fires: behaviour and ecological effects. Johnson, E.A. et Miyanishi, K. (éd.). Academic Press. San Diego, CA. pp. 335-357.
- 299 National Forest Database Program. 2007. Table 4.1 Area (ha) within which moderate to severe defoliation occurs including area of beetle-killed trees by Insects and province/territory, 1975-2006 [en ligne]. Canadian Council of Forest Ministers. http://nfdp.ccfm.org/compendium/insects/tables_index_e.php (consulté le 4 Mar. 2008).
- 300 McIntosh, R. 2008. Communication personnelle.
- 301 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).
- 302 Volney, W.J.A. et Fleming, R.A. 2007. Spruce budworm (*Choristoneura spp.*) biotype reactions to forest and climate characteristics. *Global Change Biology* 13:1630-1643.

- 303 Safranyik, L., Carroll, A.L., Régnière, J., Langor, D.W., Riel, W.G., Shore, T.L., Peter, B., Cooke, B.J., Nealis, V.G. et Taylor, S.W. 2010. Potential for range expansion of mountain pine beetle into the boreal forest of North America. *The Canadian Entomologist* 142:415-442.
- 304 Rice, A.V., Thormann, M.N. et Langor, D.W. 2007. Mountain pine beetle associated blue-stain fungi cause lesions on jack pine, lodgepole pine, and lodgepole x jack pine hybrids in Alberta. *Canadian Journal of Botany-Revue Canadienne De Botanique* 85:307-315.
- 305 Alberta Sustainable Resource Development. 2009. 2008 Annual Report: forest health in Alberta. Government of Alberta. Edmonton, AB. iv + 44 p.
- 306 Tyssen, B. 2009. Mountain pine beetle aerial survey 2009. Map. Government of Alberta.
- 307 Alberta Sustainable Resource Development. 2010. Alberta forest health program.
- 308 BC Ministry of Forests and Range. 2010. Mountain pine beetle infestation projection: year six results.
- 309 Bergerud, A.T. 1974. Decline of caribou in North America following settlement. *Journal of Wildlife Management* 38:757-770.
- 310 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.
- 311 Schaefer, J.A. 2003. Long-term range recession and the persistence of caribou in the Taiga. *Conservation Biology* 17:1435-1439.
- 312 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.
- 313 Latham, A.D.M., Latham, M.C., McCutchen, N.A. et Boutin, S. 2011. Invading white-tailed deer change wolf-caribou dynamics in northeastern Alberta. *Journal of Wildlife Management* 75:204-212.
- 314 Platt, T., Fuentes-Yaco, C. et Frank, K.T. 2003. Spring algal bloom and larval fish survival. *Nature* 423:398-399.
- 315 Beaudoin, C.P., Prepas, E.E., Tonn, W.M., Wassenaar, L.I. et Kotak, B.G. 2001. A stable carbon and nitrogen isotope study of lake food webs in Canada's boreal plain. *Freshwater Biology* 46:465-477.
- 316 Tonn, W.M., Paszkowski, C.A., Scrimgeour, G.J., Aku, P.K.M., Lange, M., Prepas, E.E. et Westcott, K. 2003. Effects of forest harvesting and fire on fish assemblages in boreal plains

lakes: a reference condition approach. *Transactions of the American Fisheries Society* 132:514-523.

- 317 Schindler, D.W., Bayley, S.E., Parker, B.R., Beaty, K.G., Cruikshank, D.R., Fee, E.J., Schindler, E.U. et Stainton, M.P. 1996. The effects of climatic warming on the properties of boreal lakes and streams at the Experimental Lakes Area, northwestern Ontario. *Limnology and Oceanography* 41:1004-1017. doi:Article; Proceedings Paper.
- 318 Winder, M. et Schindler, D.E. 2004. Climate change uncouples trophic interactions in an aquatic ecosystem. *Ecology* 85:2100-2106.
- 319 Schindler, D.E. et Scheuerell, M.D. 2002. Habitat coupling in lake ecosystems. *Oikos* 98:177-189.
- 320 Winder, M. et Schindler, D.E. 2004. Climatic effects on the phenology of lake processes. *Global Change Biology* 10:1844-1856.
- 321 Stenseth, N.C., Chan, K.S., Tong, H., Boonstra, R., Boutin, S., Krebs, C.J., Post, E., O'Donoghue, M., Yoccoz, N.G., Forchhammer, M.C. et Hurrell, J.W. 1999. Common dynamic structure of Canada lynx populations within three climatic regions. *Science* 285:1071-1073.
- 322 Stenseth, N.C., Falck, W., Chan, K.S., Bjornstad, O.N., O'Donoghue, M., Tong, H., Boonstra, R., Boutin, S., Krebs, C.J. et Yoccoz, N.G. 1998. From patterns to processes: phase and density dependencies in the Canadian lynx cycle. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 95:15430-15435.
- 323 Northern River Basins Study. 1996. Northern River Basins Study: the legacy. Volume 1: collective findings. Alberta Department of the Environment, Environment Canada, and Northwest Territories Department of Renewable Resources. Edmonton, AB. CD-Rom.
- 324 Boreal Avian Modelling Project. 2014. Boreal Avian Modelling Project [en ligne]. <http://www.borealbirds.ca/> (consulté le Oct. 32014).
- 325 U.S. Fish and Wildlife Service. 2007. Waterfowl breeding population and habitat survey [en ligne]. U.S. Fish and Wildlife Service, Division of Migratory Bird Management and U.S. Geological Survey, Patuxent Wildlife Research Center. <https://migbirdapps.fws.gov/> (consulté le 20 July 2010).
- 326 Cote, S.D., Rooney, T.P., Tremblay, J.P., Dussault, C. et Waller, D.M. 2004. Ecological impacts of deer overabundance. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 35:113-147.
- 327 Rompre, G., Boucher, Y., Belanger, L., Cote, S. et Robinson, W.D. 2010. Conserving biodiversity in managed forest landscapes: the use of critical thresholds for habitat. *Forestry Chronicles* 86:589-596.

- 328 Webb, S.M. et Boyce, M.S. 2009. Marten fur harvests and landscape change in west-central Alberta. *Journal of Wildlife Management* 73:894-903.
- 329 Mahon, C.L., Bayne, E.M., Sólymos, P., Matsuoka, S.M., Carlson, M., Dzus, E., Schmiegelow, F.K. et Song, S.J. 2014. Does expected future landscape condition support proposed population objectives for boreal birds? *Forest Ecology And Management* 312:28-39.
- 330 Lodge, D.M., Williams, S., MacIsaac, H.J., Hayes, K.R., Leung, B., Reichard, S., Mack, R.N., Moyle, P.B., Smith, M., Andow, D.A., Carlton, J.T. et McMichael, A. 2006. Biological invasions: recommendations for US policy and management. *Ecological Applications* 16:2035-2054.
- 331 Denslow, J.S. 2007. Managing dominance of invasive plants in wildlands. *Current Science* 93:1579-1586.