

Biodiversité canadienne : état et tendances des écosystèmes en 2010



Préparé par les gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux

Catalogage avant publication de Bibliothèque et Archives Canada

Biodiversité canadienne : état et tendances des écosystèmes en 2010 [ressource électronique].

Publ. aussi en anglais sous le titre :

Canadian Biodiversity: Ecosystem Status and Trends 2010.

Également disponible sur l'Internet.

ISBN 978-1-100-95807-1

N° de cat.: En14-26/2010F-PDF

I. Écosystèmes--Aspect de l'environnement--Canada. 2. Biocénoses--Aspect de l'environnement--Canada. 3. Biodiversité--Surveillance--Canada. 4. Environnement--Études d'impact--Canada. 5. Écologie humaine--Canada. 6. Homme--Influence sur la nature--Canada. I. Canada. Environnement Canada II. Titre: État et tendances des écosystèmes en 2010.

GEI60 C3 C3314 2010

363.7'0630971

C2010-980235-7

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

On demande seulement :

- de faire preuve de diligence raisonnable en assurant l'exactitude du matériel reproduit;
- d'indiquer le titre complet du matériel reproduit et l'organisation qui en est l'auteur;
- d'indiquer que la reproduction est une copie d'un document officiel publié par le gouvernement du Canada et que la reproduction n'a pas été faite en association avec le gouvernement du Canada ni avec l'appui de celui-ci.

La reproduction et la distribution à des fins commerciales est interdite, sauf avec la permission écrite de l'administrateur des droits d'auteur de la Couronne du gouvernement du Canada, Travaux publics et Services gouvernementaux (TPSGC). Pour de plus amples renseignements, veuillez communiquer avec TPSGC au 613-996-6886 ou à droitdauteur.copyright@tpsgc-pwgsc.gc.ca.

La provenance des photos est indiquée sur les photos. Des informations additionnelles sur les clichés de photothèques sont présentées à la page 114.

Aussi disponible sur Internet

www.biodivcanada.ca/ecosystemes

Ce rapport devrait être cité comme :

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, (Ont.) vi + 148 p.

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2010

Also available in English



Biodiversité canadienne : état et tendances des écosystèmes en 2010



Préparé par les gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux
www.biodivcanada.ca/ecosystemes

Biodiversité canadienne : état et tendances des écosystèmes en 2010

est le fruit des travaux effectués en collaboration par les gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux. Ce rapport a été préparé par Joan Eamer, Trish Hayes, et Risa Smith sous la supervision d'un comité de direction et deux secrétariats. L'information a été tirée de rapports techniques établis pour chaque écozone⁺ et pour des thèmes transversaux nationaux. Une liste de ces rapports et de leurs auteurs est fournie à la page 112 de ce document.

Coresponsables du projet

Environnement Canada : Risa Smith

Nouvelle-Écosse : Sherman Boates

Colombie-Britannique : Matt Austin

Comité de direction

Terre-Neuve-et-Labrador : Shelley Pardy Moores

Nouvelle-Écosse : Sherman Boates

Île-du-Prince-Édouard : Dan McAskill, Rosemary Curley

Nouveau-Brunswick : Steve Gordon, Vince Zelazny

Ontario : Bill Dalton

Manitoba : Veronika Kanya

Nunavut : Mathieu Dumond, Hillary Robison, Drikus Gissing

Territoires du Nord-Ouest : Suzanne Carrière

Saskatchewan : Ben Sawa, Randy Seguin, Doug Campbell,

Sara James, Ann Riemer

Alberta : Ted Nason

Colombie-Britannique : Angeline Tillmanns, Rowena Rae

Yukon : Tom Jung, Wendy Nixon, Michael White, Mike Connor

Pêches et Océans Canada : Henry Lear, Vanessa Sutton, Jake Rice

Environnement Canada : Courtney Price, Julie Suzanne Pollock, Stephen Virc

Service canadien des forêts, Ressources naturelles Canada : John Hall,

Mike Fullerton, Christian Malouin, Brenda McAfee

Agriculture et Agroalimentaire Canada : Melanie Dubois, Pat MacGregor,

Sarah Kalf, Robin Mackay

Québec (observateur) : Benoît Limoges

Secrétariat (Environnement Canada)

Trish Hayes (présidente), Joan Eamer, Risa Smith, Jodi Frisk,

Isabelle Turcotte

Support technique : Kelly Badger, Cristina Spalvieri, Roxanne Koczowski,

Jennifer Elliot, Cynthia Johnston, Rob Rankin

Support de conception graphique : Kelly Badger

Secrétariat (Pêches et Océans Canada, composante milieu aquatique)

Andrea White, Patrice Simon, Robin Brown, Andrea Niemi,

Réjean Dufour, Tana Worcester, Nadine Templeman



Aperçu

v

Au sujet de l'évaluation	vi
Résumé	1
Coup d'oeil sur les constatations clés	2
Résumé des constatations clés	10



Biomes

13

1. Forêts	14
2. Prairies	18
3. Milieux humides	20
4. Lacs et cours d'eau	26
5. Zones côtières	30
6. Zones marines	34
7. La glace dans l'ensemble des biomes	40



Interactions humains-écosystèmes

47

8. Aires protégées	48
9. Intendance	52
10. Espèces non indigènes envahissantes	56
11. Contaminants	60
12. Charge en éléments nutritifs et efflorescences algales	64
13. Dépôts acides	68
14. Changements climatiques	70
15. Services écosystémiques	74



Habitats, espèces sauvages et processus écosystémiques

79

16. Paysages agricoles servant d'habitat	80
17. Espèces présentant un intérêt économique, culturel ou écologique particulier	82
18. Productivité primaire	94
19. Perturbations naturelles	96
20. Réseaux trophiques	100



Interface science-politique

103

21. Surveillance de la biodiversité, recherche, gestion de l'information et communication des résultats	104
22. Changements rapides et seuils	108

Collaborateurs et références

Collaborateurs	112
Références	115

aperçu



AU SUJET DE L'ÉVALUATION

Les Conseils canadiens des ministres des ressources ont élaboré un Cadre axé sur les résultats en matière de biodiversité en 2006¹ pour mettre l'accent sur les mesures de conservation et de restauration, dans le cadre de la *Stratégie canadienne de la biodiversité*². Le rapport *Biodiversité canadienne : état et tendances des écosystèmes en 2010* est le premier rapport rédigé en vertu de ce cadre. Il permet d'évaluer les progrès réalisés pour atteindre l'objectif de ce cadre, à savoir des « écosystèmes sains et diversifiés » et les deux résultats souhaités en matière de conservation : i) des écosystèmes productifs, résilients et diversifiés capables de se rétablir et de s'adapter et ii) la restauration des écosystèmes endommagés. Les résultats de cette évaluation seront utilisés pour orienter le programme national de la biodiversité, pour apporter un complément à l'accent historique mis sur les espèces et pour faciliter l'établissement de priorités en matière de biodiversité.

Ce rapport a été préparé sous la supervision d'un comité de direction composé de représentants des gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux. Plus de 500 experts ont participé à la préparation des rapports techniques de base (voir les collaborateurs). Vingt-deux constatations clés récurrentes sont ressorties des renseignements techniques et sont présentées dans le présent rapport organisé en quatre thèmes interdépendants : biomes; interactions humains-écosystèmes; habitat, faune et processus écosystémiques; et interface science-politique.

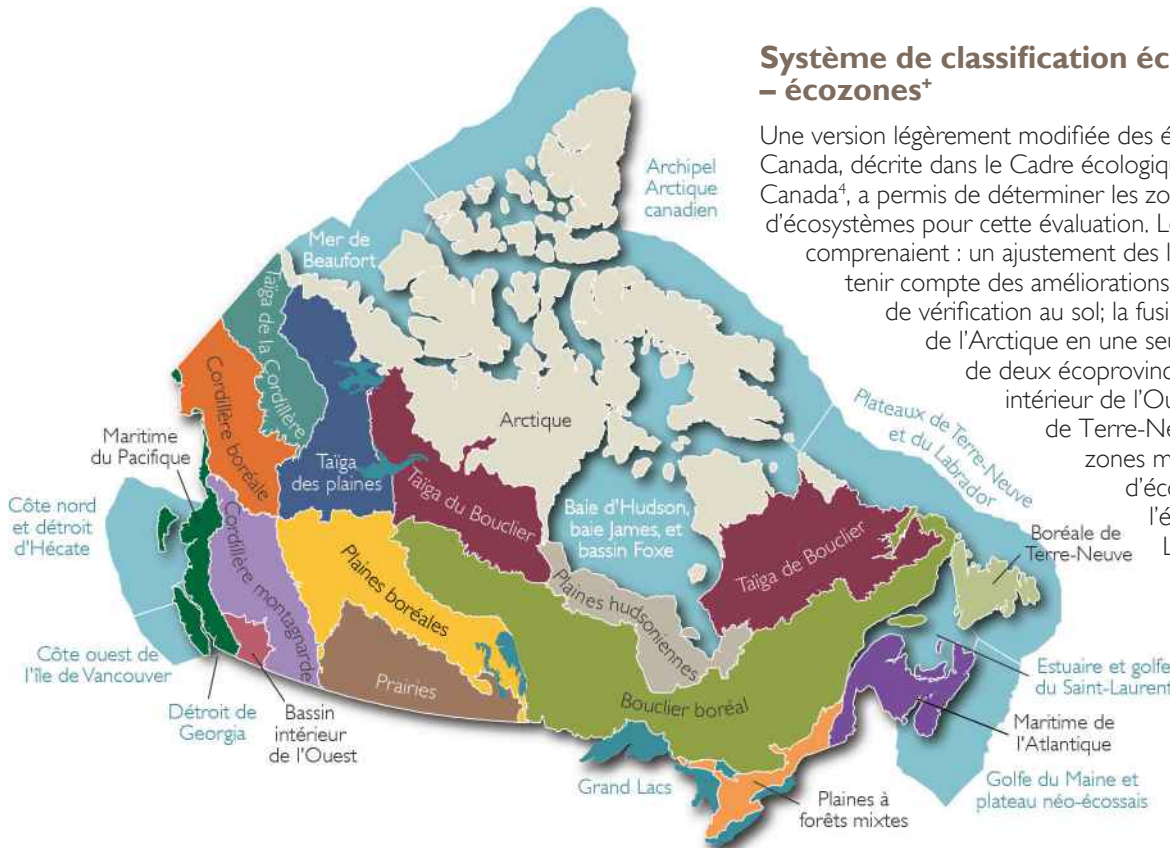
L'année 2010 est l'Année internationale de la biodiversité. Les Conseils canadiens des ministres des ressources ont l'intention d'utiliser ce rapport comme évaluation partielle des progrès réalisés par le Canada pour atteindre l'objectif fixé par les Nations Unies en matière de biodiversité « en vue d'assurer d'ici à 2010 une forte réduction du rythme actuel de perte de diversité biologique aux niveaux mondial, régional et national à titre de contribution à l'atténuation de la pauvreté et au profit de toutes les formes de vie sur la planète »³.

Système de classification écologique – écozones⁺

Une version légèrement modifiée des écozones terrestres du Canada, décrite dans le Cadre écologique national pour le Canada⁴, a permis de déterminer les zones représentatives d'écosystèmes pour cette évaluation. Les modifications

comprenaient : 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 écozones, 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 l'évaluation pour éviter toute confusion avec les « écozones » plus connues du cadre initial⁵.



RÉSUMÉ

La *Biodiversité canadienne : état et tendances des écosystèmes en 2010* constitue la première évaluation de la biodiversité du Canada dans une perspective écosystémique. Ce document présente 22 constatations clés provenant de rapports techniques de référence. Certaines constatations révèlent qu'une grande partie des richesses naturelles du Canada demeurent saines, y compris des régions sauvages intactes, des milieux humides d'importance internationale et des estuaires prospères, particulièrement dans les régions plus éloignées ou peu densément peuplées. La zone forestière est relativement stable. Plus de la moitié du paysage canadien demeure intacte et relativement libre de toute infrastructure humaine. Bien que la majeure partie de ce territoire se situe dans les régions nordiques éloignées, il comprend de vastes parcelles de forêts boréales et de forêts pluviales tempérées côtières. Le Canada gère des pêches commerciales et récréatives en eau douce et en eau salée d'une importance culturelle et économique considérable.

Plusieurs facteurs de stress ayant nui aux écosystèmes par le passé ont été soit éliminés, soit atténués. Certaines populations de mammifères marins récupèrent de la surexploitation. On observe chez les espèces sauvages une diminution des concentrations de contaminants ayant progressivement été bannis, comme le dichlorodiphényltrichloroéthane (DDT) et les biphenyles polychlorés (BPC). Au cours des 15 dernières années, les aires terrestres protégées fédérales, provinciales et territoriales ont augmenté en nombre, en superficie et en diversité d'écosystèmes. Le nombre croissant d'individus, de groupes et d'entreprises qui participent aux initiatives d'intendance montrent l'engagement de la population canadienne dans la conservation de la biodiversité.

Certaines constatations clés mettent en lumière des secteurs préoccupants, où des signaux révèlent que des mesures sont requises pour maintenir des écosystèmes fonctionnels, y compris la perte de forêts matures, des changements dans le débit des rivières pendant des périodes critiques de l'année, la perte d'habitats fauniques dans les paysages agricoles, le déclin de certaines populations d'oiseaux, l'augmentation du nombre d'incendies de forêt et d'importants changements dans les réseaux trophiques marins, d'eau douce et terrestres. Il est connu que certains contaminants récemment détectés dans l'environnement sont en train d'augmenter chez les espèces sauvages. Les communautés végétales et les populations animales réagissent aux changements climatiques. L'interaction des températures plus chaudes, des saisons décalées et des changements dans les précipitations, la couverture de glace, l'accumulation annuelle de neige et le gelisol altère les écosystèmes, et ce, parfois de façon imprévisible.

Certaines constatations clés ont permis de déterminer les écosystèmes où les processus naturels sont compromis ou dans lesquels les stress accrus atteignent des seuils critiques, pour ne nommer que les populations de poissons qui n'ont pas récupéré, malgré le retrait des pressions exercées par la pêche; les déclinés de la superficie et de l'état des prairies, où les populations d'oiseaux des prairies chutent



considérablement; et les forêts fragmentées qui mettent en péril les populations de caribous forestiers. La perte considérable de glace marine dans l'Arctique a de nombreuses répercussions sur l'écosystème présentement, et ces répercussions pourraient constituer l'élément déclencheur du déclin d'espèces associées à la glace, comme les ours blancs. La charge en éléments nutritifs est à la hausse dans plus de 20 % des plans d'eau où des échantillons ont été prélevés, y compris dans certains des Grands Lacs où, il y a 20 ans, la mise en application des lois avait permis de réduire l'apport en éléments nutritifs. Cette fois, les causes sont plus complexes, et il sera probablement plus difficile de trouver des solutions. Les lacs touchés par les dépôts acides prennent du temps à récupérer, même si les émissions atmosphériques acidogènes ont été réduites. Les populations d'espèces envahissantes non indigènes ont atteint des niveaux critiques dans les Grands Lacs et ailleurs.

La stratégie axée sur la détection des changements dans l'écosystème et sur l'adoption de mesures avant que des seuils ne soient franchis présente la meilleure option pour prévenir la perte de biodiversité. Les exemples qui parsèment l'évaluation montrent l'excellent rendement d'une intervention rapide et de la prévention. La restauration, bien que plus coûteuse que la prévention, a également donné de bons résultats.

Des leçons ont été tirées de la préparation de cette évaluation. Les programmes canadiens de surveillance hydrologique et climatique à long terme permettent de veiller à la fiabilité et à la pertinence des données sur les tendances du climat et de l'eau dans des régions où la couverture des stations d'observation est bonne. Il est plus rare de voir une surveillance équivalente de la biodiversité et des écosystèmes. Les données sur les tendances locales et régionales sont utiles, mais elles ne peuvent habituellement pas être appliquées à une échelle plus vaste. Les renseignements recueillis à d'autres fins ne sont souvent pas utiles pour comprendre les changements liés à la biodiversité et aux écosystèmes. Les renseignements pertinents concernant les écosystèmes sont moins accessibles que ne le croient les décideurs. Enfin, cette évaluation n'aurait pas été possible sans les efforts concertés des gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux pour le partage de données, de connaissances et de perspectives.

COUP D'OEIL SUR LES CONSTATATIONS CLÉS

THÈME : BIOMES

Un biome est une vaste communauté de plantes et d'animaux qui occupent un type distinct d'environnement. Cette section décrit six biomes et aborde une septième catégorie particulièrement importante des écosystèmes canadiens : la glace dans l'ensemble des biomes.



1. FORÊTS

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

Les forêts couvrent une superficie de 3,5 millions de km² (60 %) du paysage terrestre du Canada. De cette superficie, la forêt boréale occupe environ 70 %. La forêt boréale nordique subit relativement peu l'influence humaine, mais la forêt boréale méridionale est fragmentée par les perturbations humaines. Annuellement, seulement entre 0,01 % et 0,02 % de la forêt canadienne fait place à d'autres types de couverture terrestre. Bien que les vieilles forêts se soient renouvelées dans certaines régions, celles-ci occupent encore 40 % de la forêt boréale à Terre-Neuve-et-Labrador et de la forêt pluviale côtière en Colombie-Britannique. On note un changement des écosystèmes près des limites forestières nordique et en montagne. Par exemple, les arbres s'étendent vers le nord le long de la côte du Labrador et on note une augmentation de la croissance et de la densité des arbres près des limites forestières au Yukon et dans le Nord du Québec.



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.

La disparition des prairies dépasse celle des autres principaux biomes en Amérique du Nord. La plupart des pertes au Canada se sont produites avant les années 1930 à la suite de la conversion des prairies en terres cultivables. On estime que les pertes totales subies avant les années 90 comptent 97 % d'herbes hautes-savane dans le sud de l'Ontario, 70 % de terres herbeuses des prairies (de loin la plus grande étendue de prairies au Canada) et 19 % de graminées cespiteuses-armoises en Colombie-Britannique. Dans certaines régions, les pertes se poursuivent à des petites parcelles restantes. La santé des prairies est également touchée. À long terme, les changements au régime de perturbations naturelles causés par des facteurs tels que l'extinction des incendies et les pâturages clos pour bestiaux ont eu des répercussions négatives sur les prairies. Des pratiques de saine gestion dans certaines régions contribuent à résoudre le problème. Parmi les autres facteurs de stress, on retrouve les espèces envahissantes non indigènes, l'empiètement des forêts, la fragmentation et l'intensification de l'agriculture.



Caroline Savage,
Environnement Canada

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.

Environ 16 % du territoire canadien est couvert par des milieux humides d'eau douce, ce qui rend le pays responsable de près du quart des milieux humides restants à l'échelle mondiale. La conversion des milieux humides a été rapide suivant la période de colonisation dans le sud du Canada avec une perte de territoire estimée à 200 000 km² avant 1990. Malgré les efforts importants déployés pour conserver et restaurer les milieux humides dans certaines régions, la disparition et la dégradation globales et la dégradation de ceux-ci se poursuivent. Les milieux humides près des zones urbaines sont particulièrement menacés, étant donné qu'on a converti entre 80 % et 98 % de ces milieux originaux afin de les utiliser autrement près ou dans les grands centres urbains du Canada. Parmi les menaces actuelles, on retrouve la conversion de ces milieux pour d'autres utilisations, la réglementation des eaux, la pollution et les espèces envahissantes non indigènes. Les changements climatiques représentent également une importante menace pour les milieux humides. Dans le nord, les changements des milieux humides sont déjà apparents; ils sont causés par le dégel du pergélisol et l'importante évaporation des eaux pendant les étés plus chauds.



Environnement Canada

4. LACS ET COURS D'EAU

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

Les débits minimaux annuels des cours d'eau naturels ont diminué dans de nombreux sites du sud du Canada et ils ont augmenté dans des sites des régions de l'Ouest et du Nord-Ouest. Les débits de pointe annuels ont diminué dans de nombreux sites dans l'ensemble du Canada, mais ils ont augmenté dans la région maritime de l'Atlantique. D'autres tendances, telles que les changements des débits moyens saisonniers, étaient également propres aux régions et aux types de courants. Les changements de débit des cours d'eau touchent la vie aquatique. Par exemple, une diminution du débit d'étiage peut causer des problèmes aux poissons frayant tardivement et augmenter le stress thermique et la prédation pour tous les poissons. Parmi les variations dans les lacs, on retrouve la diminution des fluctuations du niveau de l'eau au fil des saisons et d'année en année pour certains des Grands Lacs. Depuis 1960, on a remarqué une réduction de la diversité végétale et une altération des habitats des animaux vivants le long des rives en raison de la régulation du niveau de l'eau du Lac Ontario.



iStock.com

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.

Sur la côte de l'Atlantique, les milieux humides, les dunes et les plages sont à risque en raison de l'aménagement du littoral et de l'érosion accrue. Ils connaissent déjà un déclin dans certaines régions. L'érosion est issue de plusieurs facteurs interdépendants : les changements causés par l'aménagement rendent le rivage encore plus vulnérable, il en est de même pour l'augmentation du niveau de la mer combinée avec les vagues de tempête encore plus intenses. Au début du 20^e siècle, l'aménagement sur la côte du Pacifique a eu pour effet de créer une perte au niveau des milieux humides intertidaux, des vasières et des habitats estuariens. Les pertes se poursuivent encore aujourd'hui avec une population humaine grandissante. Les prés de zostères marines sont reconnus à l'échelle internationale comme des écosystèmes côtiers productifs et à risque. On a constaté un récent déclin rapide des zostères dans les régions de la baie James, de la côte de l'Atlantique et du golfe du Saint-Laurent.



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.

Les efforts de gestion déployés pour renverser le déclin de la pêche à long terme n'ont pas connu le succès escompté. Ils ont été retardés par le revirement des régimes océaniques et la disparition des frayères et des nurseries des poissons. Les réseaux alimentaires des eaux des trois côtes canadiennes sont en pleine évolution. L'exemple le plus saisissant est l'augmentation des invertébrés, notamment les crevettes, à la suite du déclin du poisson de fond de l'Atlantique. Depuis les dernières décennies, on constate, parmi les changements observés du système océanique, un changement par rapport au réchauffement de l'eau de mer et une diminution de la salinité. Tout cela est probablement dû à des oscillations naturelles du climat et possiblement aux changements climatiques. L'acidification des océans, provoquée par l'absorption du gaz carbonique atmosphérique accru par les océans, se produit déjà dans les océans canadiens. On prédit de graves conséquences pour la biodiversité marine d'ici la fin du siècle.



7. LA GLACE DANS L'ENSEMBLE DES BIOMES

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

La glace est un élément déterminant d'une grande partie du paysage canadien et de nombreuses espèces de plantes et d'animaux sont adaptées aux environnements gelés en permanence ou selon les saisons. La fonte des glaces altère des biomes entiers. Dans certaines régions, le dégel du pergélisol transforme déjà les écosystèmes des tourbières gelées en milieux humides. À long terme, le dégel du pergélisol mènera à des revirements au sein de la communauté animale et végétale dans l'ensemble de la zone de pergélisol actuelle. Les glaces de mer ont déjà subi le plus important déclin à grande échelle, plus particulièrement au cours des dernières années. Il existe des répercussions directes sur certaines espèces comme les phoques, les ours blancs, les morues polaires et les renards arctiques. Parmi les effets indirects, on retrouve les changements du climat côtier et les répercussions sur les réseaux alimentaires arctiques, dont l'expansion de l'aire de répartition des épaulards dans les zones sans glace.

THÈME : INTERACTIONS HUMAINS-ÉCOSYSTÈMES

Les humains dominent maintenant la plupart des écosystèmes sur terre. Au Canada, où le milieu sauvage est plus important que dans la plupart des pays, cette dominance n'est pas toujours évidente, mais même dans les régions éloignées, l'influence des humains est de plus en plus apparente. Dans cette section, on examine la situation et les tendances de certaines des mesures que les Canadiens prennent pour préserver les écosystèmes, certains facteurs de stress écosystémiques qui sont des sous-produits de l'activité humaine ainsi que les tendances en matière de services fournis par les écosystèmes sains et diversifiés.



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.

Depuis mai 2009, 9,4 % du territoire canadien et 0,64 % de sa zone océanique ont reçu le titre d'aire protégée par le gouvernement fédéral et les gouvernements provinciaux et territoriaux. Les aires protégées, petites ou grandes, ont un rôle à jouer dans la conservation de la biodiversité. La superficie de 36 aires protégées au Canada dépasse 5000 km², ce qui représente 59 % des aires protégées totales. À de nombreux endroits, les aires protégées adjacentes créent de vastes complexes d'aires protégées. De l'autre côté, 3464 aires protégées de moins de 10 km², représentant moins de 1 % de toutes les aires protégées, jouent un rôle important dans la protection des espèces rares et des habitats. On a observé des progrès en matière de détermination des sites potentiels pour des aires marines protégées, bien que la désignation des aires marines soit lente.



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.

Plus d'un million de personnes et un millier de groupes d'intendance ont participé à des activités au Canada, allant des projets communautaires aux initiatives du gouvernement. Les incitatifs fiscaux, les servitudes de conservation et la croissance des fiducies foncières ont permis de faciliter l'intendance sur les terres privées. Les grandes initiatives au niveau du paysage sont également importantes. Par exemple, le Plan nord-américain de gestion de la sauvagine a permis d'influencer l'intendance de plus de 70 000 km² de milieux humides, de prairies et d'habitats agricoles dans l'ensemble du Canada et cela uniquement dans les années 2000. Les normes et les codes de pratique, comme les certificats forestier et maritime, représentent des outils importants dans l'intendance des terres et des eaux publiques et privées. On a observé une forte augmentation de la participation dans toutes les formes d'intendance depuis les années 1980.



10. ESPÈCES NON INDIGÈNES ENVAHISSANTES

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

Les espèces non indigènes envahissantes sont considérées comme la deuxième plus grande menace pour la biodiversité à l'échelle mondiale, après la destruction des habitats. Les écosystèmes qui se trouvent déjà altérés ou dégradés sont encore plus vulnérables à la colonisation par des espèces envahissantes non indigènes agressives. Les espèces non indigènes détruisent des habitats précieux des milieux humides et des prairies. Elles envahissent les zones intertidales marines et dominent les Grands Lacs. On estime que les pertes économiques et écologiques causées par les espèces non indigènes envahissantes s'élèvent à 5,7 milliards de dollars annuellement dans la région des Grands Lacs seulement. Les maladies des espèces sauvages causées par des pathogènes non indigènes, tels que le virus du Nil occidental, ont provoqué la mort de milliers d'oiseaux et représentent une menace potentielle pour de nombreuses espèces sauvages différentes.



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 concentrations d'anciens contaminants, des produits chimiques bannis ou restreints, tels que les biphényles polychlorés (BPC), ont chuté au sein de la faune dans le détroit de Georgia, l'estuaire du Saint-Laurent, les Grands Lacs, la baie de Fundy et l'Arctique depuis les années 1970, malgré le fait que le taux de déclin dans certaines régions ait diminué au cours des dernières années. Le rétablissement des faucons pèlerins après l'interdiction des dichlorodiphényltrichloroéthanes (DDT) démontre que certaines espèces peuvent refaire surface après l'élimination du stress lié aux contaminants. Les ignifugeants polybromodiphényléthers (PBDE) sont des exemples de nouveaux contaminants. On a découvert récemment que ceux-ci se répandent et s'accumulent dans les écosystèmes. Les concentrations de PBDE chez les poissons, les oiseaux, les baleines et les ours blancs ont augmenté depuis les années 1980. Les contaminants peuvent toucher directement la santé et la reproduction de la faune et peuvent accroître la vulnérabilité aux autres facteurs de stress.



Greg McCullough

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 engrais provenant de l'agriculture, les phosphates provenant des détergents et des usines ainsi que les eaux usées des villages et des villes ajoutent des éléments nutritifs aux systèmes aquatiques causant parfois une prolifération d'algues. Au cours des dernières années, on a signalé des proliférations d'algues dans les lacs, les réservoirs, les étangs, les rivières, les marécages et les estuaires dans l'ensemble du sud du pays. On constate maintenant que certains succès passés en matière de réductions des éléments nutritifs, plus particulièrement dans la région des Grands Lacs, sont compromis. Au cours des 16 dernières années, on a observé une augmentation de l'azote dans 28 % des plans d'eau échantillonnés et une diminution dans 12 %, tandis qu'on observait une augmentation du phosphore dans 21 % des plans d'eau et une diminution dans 29 %. Bien que la prolifération d'algues marines nuisibles se produise de façon naturelle, on remarque une augmentation dans les océans des côtes du Canada.



iStock.com

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.

Les dépôts acides se produisent lorsque les polluants atmosphériques à base de soufre et d'azote réagissent au contact de l'eau et se déposent sur terre. Dans les systèmes aquatiques, la survie de nombreuses espèces est menacée par l'acidification de leur habitat. Depuis les années 1980, on a observé une diminution des émissions, mais les améliorations en matière d'acidité dans les lacs sont longues à venir. Certaines régions, comme une partie du Bouclier boréal, affichent des taux de dépôts acides au-delà de la capacité d'élimination de l'écosystème. La région maritime de l'Atlantique possède certains des plans d'eau les plus acides et des habitats de poissons les plus grandement touchés en Amérique du Nord. Bien que l'on considère souvent l'acidification comme un problème de l'Est, elle devient une préoccupation de plus en plus grande pour certaines régions de l'Ouest. Par exemple, dans le nord-ouest de la Saskatchewan, de nombreux lacs dans la direction des émissions qui proviennent de l'exploitation du gaz et du pétrole sont sensibles aux dépôts acides.



iStock.com

14. CHANGEMENTS CLIMATIQUES

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

Le climat du Canada a changé de façon importante depuis les années 1950. Les températures ont augmenté dans l'ensemble du pays, particulièrement pendant les mois d'hiver et de printemps. Le printemps arrive maintenant plus tôt, ce qui signifie que la neige fond également plus tôt et que la saison de végétation est plus longue. Les précipitations ont généralement augmenté, notamment dans le Nord. La température moyenne annuelle a augmenté de 1,4 °C. On ne remarque aucun changement important en matière de tendance de refroidissement au pays, et ce, peu importe la saison. Les changements climatiques ont mené à des changements environnementaux généralisés, tels que la disparition de la glace de mer. Certains changements localisés sont susceptibles de s'accroître et de devenir encore plus généralisés avec le réchauffement continu. Ces changements occasionneront des élévations du niveau de la mer, des augmentations de la température de l'eau de mer et des augmentations des incendies de forêt. Les écosystèmes et les espèces sont touchés par tous ces changements, souvent de façon complexe et inattendue, lesquels interagissent avec les autres facteurs de stress comme la fragmentation des habitats.



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.

Un bon nombre des vastes milieux humides, des écosystèmes côtiers et des forêts au Canada sont en santé et rapportent chaque année des milliards de dollars en services écosystémiques. On compte parmi ces services la cueillette de nourriture commerciale, récréative et de subsistance, la lutte contre les inondations et la sécheresse, la filtration des sédiments, le cycle des éléments nutritifs, le contrôle de l'érosion et la régulation du climat. Il existe également des signes de disparition des services écosystémiques. On a documenté l'augmentation de l'érosion, la propagation des maladies des espèces sauvages et les débits fluviaux moins prévisibles. On remarque un déclin de nombreuses pêches commerciales. Les occasions de subsistance sont retardées par le déclin des populations des espèces sauvages, les contaminants dans les espèces culturellement importantes et, au Nord, par l'accès altéré à l'exploitation en raison des changements à la glace et au pergélisol. Les occasions récréatives sont également touchées par la fermeture des plages, l'équipement de pêche souillé et les espèces envahissantes non indigènes.

THÈME : HABITATS, ESPÈCES SAUVAGES ET PROCESSUS ÉCOSYSTÉMIQUES

Les principales constatations de cette section sont liées aux aspects de l'abondance et de la diversité des espèces sauvages. En premier lieu, on prend en considération la capacité des terres agricoles à soutenir la faune. On évalue par la suite les tendances pour les groupes d'espèces sélectionnés ayant une importante signification économique, culturelle ou écologique. On examine trois aspects des processus d'écosystème : la production primaire, les relations entre les prédateurs et les proies au moyen des réseaux alimentaires et les cycles de population, ainsi que le rôle des perturbations naturelles dans les écosystèmes forestiers.



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.

Les paysages agricoles couvrent 7 % du territoire canadien et offrent un habitat important pour plus de 550 espèces de vertébrés terrestres, dont environ la moitié de celles jugées en péril à l'échelle nationale. Les espaces naturels, dont les milieux humides, les régions boisées et le pâturage en friche, offrent les plus grandes valeurs de biodiversité, tandis que les terres cultivées offrent les moins grandes. Entre 1986 et 2006, la capacité des paysages agricoles à offrir un habitat aux espèces sauvages a chuté de façon importante dans l'ensemble du Canada. La conversion des aires naturelles en terres cultivées et l'utilisation accrue des terres agricoles sont les principales causes. La proportion de terres agricoles classées comme terres cultivées a augmenté de 46 % à 53 % au cours de cette période.

17. ESPÈCES PRÉSENTANT UN INTÉRÊT ÉCONOMIQUE, CULTUREL OU ÉCOLOGIQUE PARTICULIER

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



Amphibiens On considère que 20 % de la population des amphibiens indigènes, dont les grenouilles, les crapauds et les salamandres, sont à risque d'extinction au Canada. On a documenté le déclin de nombreuses populations d'amphibiens depuis le milieu des années 1990 dans le bassin des Grands Lacs et le corridor du fleuve Saint-Laurent. Les tendances pour l'ouest du Canada ne sont pas bien documentées. La dégradation et la disparition de l'habitat sont les principales causes du déclin des amphibiens au Canada.



Poissons utilisant des habitats d'eau douce Les espèces d'eau douce connaissent un risque élevé d'extinction à l'échelle internationale. Au Canada, 18 % des poissons d'eau douce et diadromes sont en voie de disparition ou menacés dans toutes les parties de leur aire de répartition. Le nombre de poissons en voie de disparition ou menacés augmente depuis les années 1980. Les causes de ce déclin peuvent varier d'un bout à l'autre du pays et sont principalement attribuables aux espèces envahissantes non indigènes, à la perte d'habitats, à la dégradation et à la fragmentation, à la pêche excessive, à la pollution et aux changements climatiques.



Oiseaux Depuis les années 1970, le déclin global de la population a touché tous les groupes d'oiseaux terrestres à l'exception des oiseaux forestiers. Les oiseaux des prairies et des autres habitats ouverts affichent le déclin le plus important, avec une perte de plus de 40 % de leur population. On observe également un déclin chez certaines espèces d'oiseaux terrestres communs. Près de la moitié des 35 espèces d'oiseaux de rivage évaluées en 2000 affichent un déclin dans leur aire de répartition. Les tendances pour les oiseaux marins sont mixtes, mais le nombre de populations en déclin a augmenté depuis les années 1980. Les sauvagines sont généralement en santé, bien que certaines espèces soient en déclin.



Caribou L'aire de répartition du caribou a diminué. La population de la plupart des hardes du Nord a chuté, dont certaines abruptement. On ne comprend pas très bien les causes et celles-ci peuvent comprendre les cycles naturels de population, les changements climatiques, les répercussions accrues issues de l'activité humaine, les changements sur le plan des prédateurs et la surexploitation. Les caribous forestiers des bois sont menacés dans la forêt boréale, dont de nombreuses hardes sont en déclin. On ne comprend pas très bien le statut de la plupart des hardes dans les populations des montagnes du Nord, tandis que les populations des montagnes du Sud connaissent un déclin. Le déclin de la population du caribou des bois est principalement causé par la disparition et la fragmentation de son habitat.



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.

Le Nord, où la hausse de la température est la plus importante, a connu la plus grande augmentation de production de la végétation riche. L'augmentation de la productivité dans le sud du Canada est probablement plus liée aux changements de l'utilisation du sol qu'aux changements climatiques. Les changements de végétation qui correspondent aux tendances écologiques du nord du Canada comprennent un déplacement vers des arbustes et des herbages graminés aux endroits où dominaient les lichens et la mousse. Dans les lacs et les étangs de l'Arctique, on considère que la saison de croissance plus longue pour les algues, en raison de la glace des lacs qui fond plus tôt au printemps, est le principal facteur menant à l'augmentation observée de la productivité. Cependant, la productivité primaire affiche des diminutions à long terme dans la plupart des régions océaniques du monde, y compris l'Arctique et les océans du Pacifique Nord et de l'Atlantique Nord.



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.

La dynamique des perturbations naturelles, telles que les incendies et les vagues d'insectes indigènes, est un important facteur de biodiversité dans les écosystèmes des forêts et des prairies. Les grands incendies, c'est-à-dire plus de 2 km², représentent plus de 95 % de la surface brûlée et plus de 90 % de ces incendies se produisent dans la forêt boréale. Bien que les données annuelles sur les surfaces brûlées soient très variables, elles ont augmenté depuis les années 1960. En même temps, les incendies ne représentent plus un agent de perturbation important dans certaines régions du pays comme le sud de l'Ontario et les Prairies. Il n'y a aucune tendance marquée dans les vagues d'insectes indigènes, bien qu'on observe d'importants changements chez certains insectes comme le dendroctone du pin ponderosa. L'infestation du dendroctone du pin ponderosa au cours de la dernière décennie était d'une intensité sans précédent, endommageant plus de 163 000 km² de forêt. Les incendies et les insectes ont des répercussions sur l'un et l'autre et les deux sont influencés par le climat et les pratiques de gestion.



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.

Un exemple des répercussions issues d'une réduction importante dans l'un des composants du réseau trophique est le déclin de la *Diporeia*, un petit membre de la famille des crevettes et invertébré dominant dans la plupart des Grands Lacs. Ce déclin a d'importantes conséquences pour les populations de poissons des Grands Lacs et la pêche commerciale. La réduction des prédateurs touche également tout le réseau trophique. On a observé un important déclin de la plupart des populations de grands carnivores indigènes dans le sud et l'est du Canada, touchant l'abondance et la diversité des espèces proies et des petits prédateurs. Les cycles de population représentent des éléments importants des écosystèmes de la forêt boréale et de la toundra. Les herbivores, plus particulièrement le lièvre d'Amérique dans les forêts et les petits rongeurs dans la toundra, se trouvent au cœur de ces cycles. Il existe de nouvelles preuves que ces cycles de population sont fragiles à de nombreux endroits au nord du Canada.

THÈME : INTERFACE SCIENCE-POLITIQUE

Bien que l'interface entre la science et la politique ne soit pas le centre d'intérêt de la présente évaluation, on a soulevé des thèmes et des idées pendant tout le processus de rédaction et d'examen et on les a regroupés en deux catégories. La première catégorie décrit la nature et la qualité des renseignements disponibles pour évaluer l'état de l'écosystème et les tendances au Canada. La deuxième catégorie décrit les répercussions des politiques issues de changements rapides et imprévus et du dépassement des seuils écologiques, plus particulièrement dans le contexte des changements climatiques.



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.

Relier des renseignements provenant de sources disparates est actuellement la seule façon d'évaluer l'état et les tendances des écosystèmes au Canada. Dans certains cas, nous avons de bons ensembles de données justifiés par des programmes de surveillance à long terme. Les renseignements sont parfois disponibles pour l'état et non pour les tendances, ou les renseignements sur les tendances sont limités à une petite superficie pendant un court intervalle de temps. Il arrive souvent que les renseignements essentiels à l'évaluation de la santé des écosystèmes soient manquants. L'établissement de rapports sur l'état et les tendances exige plus d'un résultat de surveillance. Le contexte, les liens de cause à effet et la connaissance du fonctionnement de l'écosystème permettront de tirer des histoires cohérentes de la recherche écologique. Une meilleure collaboration entre la recherche écologique, la surveillance et les communautés et institutions de politique au Canada, axée sur la détermination et le traitement des questions relatives à la politique, permettraient d'améliorer les éventuelles évaluations de l'état et des tendances.



22. CHANGEMENTS RAPIDES ET SEUILS

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

Lorsque des seuils sont dépassés, les écosystèmes passent de façon irrévocable d'un état à l'autre. Les options de mesure sont habituellement limitées, dispendieuses et ont une faible probabilité de réussite. Des mesures promptes, prises au moment de la détection des changements au niveau de l'écosystème sans que l'on ait encore dépassé les seuils, permettent de créer plus d'options et d'avoir une plus grande probabilité de renverser ou de stabiliser ces répercussions. Dans certains cas, les premiers signes d'avertissement apparaissent à quelques endroits ou chez quelques individus au sein d'une population. Lorsqu'il est possible de prendre des mesures préventives à la suite des premiers signes, la probabilité de réussite est plus élevée et les coûts à long terme sont habituellement moins élevés.

RÉSUMÉ DES CONSTATATIONS CLÉS

Ce diagramme présente l'état et les tendances des constatations clés, ainsi que la fiabilité des conclusions tirées. Les constatations clés sont regroupées par thème, chaque thème occupant un quart du diagramme. Elles sont présentées en tant que portions de cercle de manière à mettre en valeur la nature globale des écosystèmes; ces constatations clés sont étroitement liées et sont axées sur la santé et la diversité des écosystèmes.



Les sujets de la moitié gauche du cercle sont des éléments propres aux écosystèmes : les biomes, l'habitat, les espèces sauvages et les processus des écosystèmes.



Les sujets de la moitié droite du cercle sont des activités humaines : l'altération des écosystèmes et les mesures adoptées pour comprendre et préserver les écosystèmes.

Par nécessité, les périodes sur lesquelles sont basées les évaluations de l'état et des tendances varient parce que, d'une part, les intervalles de temps pertinents pour les divers éléments des écosystèmes varient et parce que, d'autre part, l'évaluation est fondée sur les meilleurs renseignements existants qui proviennent de diverses époques.



À côté de chaque sujet, un cercle coloré indique l'état associé à la constatation clé. À l'intérieur de chaque cercle, se trouve une flèche qui signale à la fois le sens du changement et son ampleur. Certains sujets sont dotés de deux combinaisons de cercles et de flèches pour révéler l'existence de plusieurs états et tendances ou une dichotomie.



La hauteur de la pile de papiers à côté de chaque constatation clé représente la fiabilité attribuée à la constatation, d'après l'évaluation de l'exactitude des données à l'appui. La fiabilité baisse lorsque l'élément de l'écosystème n'est pas bien compris ou lorsque des données spatiales ou temporelles sont insuffisantes.

Dans le rapport, ces symboles apparaissent plusieurs fois au début de chaque section portant sur une constatation clé, accompagnés de courtes phrases résumant le fondement des évaluations.



Les drapeaux rouges dans certaines sections sur les constatations clés servent à souligner des aspects des constatations qui pourraient être des signes avant-coureurs de changements écologiques importants.

LÉGENDE

ÉTAT



ÉLÉMENTS DES
ÉCOSYSTÈMES



ACTIVITÉS
HUMAINES



SAIN

susceptible de persister et de se remettre des perturbations

mesures appropriées pour la conservation ou bons progrès visibles, ou le facteur de stress n'a pas d'incidence majeure



PRÉOCCUPANT

montre des signes de stress

signes indiquant l'insuffisance des mesures ou signes d'incidences majeures du facteur de stress



ALTÉRÉ

hors de l'échelle de variation naturelle, instable ou susceptible de ne pas se remettre

progrès faibles ou mesures insuffisantes, ou facteurs de stress ayant des incidences majeures

TENDANCE



S'AMÉLIORE RAPIDEMENT



S'AMÉLIORE LENTEMENT OU MODÉRÉMENT



FAIBLE CHANGEMENT



EMPIRE LENTEMENT OU MODÉRÉMENT



EMPIRE RAPIDEMENT



VITESSE DU CHANGEMENT INCONNUE

FIABILITÉ DE LA CONSTATATION



FAIBLE

limites dans l'étendue temporelle ou spatiale des données ou lacunes dans la compréhension du sujet, ce qui rend l'interprétation difficile



MOYENNE

couverture des données seulement modérée et/ou faible compréhension du sujet



ÉLEVÉE

données suffisantes et compréhension adéquate du sujet

Biomes

	Forêts
	Prairies
	Milieux humides
	Lacs et cours d'eau
	Zones côtières
	Zones marines
	La glace dans l'ensemble des biomes

Interactions humains-écosystèmes

Aires protégées	
Intendance	
Espèces non indigènes envahissantes	
Contaminants	
Charge en éléments nutritifs et efflorescences algales	
Dépôts acides	
Changements climatiques	
Services écosystémiques	

ÉCOSYSTÈMES SAINS ET DIVERSIFIÉS

Habitats, espèces sauvages et processus écosystémiques

	Paysages agricoles servant d'habitat
	Espèces présentant un intérêt économique, culturel, ou écologique particulier
	Productivité primaire
	Perturbations naturelles
	Réseaux trophiques

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

Interface science-politique

biomes

CONSTATATIONS CLÉS

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

FORÊTS

CONSTATATION CLÉ 1. 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 sont des écosystèmes dynamiques et diversifiés où se produisent des interactions complexes entre les espèces et les processus environnementaux, en partant des structures souterraines jusqu'au-dessus de la voûte forestière. **Les forêts sont importantes** pour la biodiversité, car elles fournissent un habitat à un vaste éventail de plantes et d'espèces animales, des micro-organismes aux grands mammifères, et elles constituent un réservoir de diversité génétique. On estime qu'environ deux tiers des espèces au Canada sont associées aux forêts pendant au moins une partie de leur cycle de vie^{1,2}. Les forêts offrent également des services écosystémiques, notamment la régularisation du débit d'eau dans le paysage, le contrôle de l'érosion, la purification de l'eau, la stabilisation du climat et d'immenses bénéfices économiques.

Types de forêts

Il existe deux zones forestières bioclimatiques au Canada – la zone boréale et la zone tempérée. Chaque zone possède une géographie, une végétation, un climat, un sol et des espèces sauvages uniques. Le Canada possède respectivement 24 % et 15 % des forêts boréales et tempérées mondiales^{3,4,5}, et 9 % du couvert forestier total mondial⁴. La forêt boréale s'étend sur huit écozones⁺ (voir la carte). C'est le plus grand écosystème forestier contigu de la planète et le plus grand biome du Canada, couvrant 25 % de la superficie terrestre totale du Canada et 72 % de sa superficie forestière totale¹.

Les forêts d'épinettes dominent toutes les écozones⁺ forestières boréales⁵. Les forêts d'épinettes noires ont une importance écologique particulière, en raison de leur couverture végétale presque continue de lichens, de mousses hypnacées, et de sphaigne. Les lichens constituent un fourrage essentiel pour les hardes de caribous migrateurs en hivernage, et les mousses offrent un habitat à un certain nombre d'espèces. Dans le nord du Québec, 9 % des forêts denses d'épinettes noires sont devenues des systèmes de forêts à lichens ces cinquante dernières années⁶. La proportion de forêt boréale dominée par l'épinette a diminué dans la portion des forêts gérées du Bouclier boréal de l'Ontario⁷, ainsi que dans la partie sud du Bouclier boréal du Manitoba⁸. L'épinette est également en déclin à l'extérieur de la forêt boréale^{9,10}.

La forêt tempérée s'étend sur six écozones⁺ et les espèces d'arbres sont plus variées. Dans l'écozone⁺ maritime de l'Atlantique, les espèces dominantes sont l'épinette et l'érable, dans la forêt carolinienne des plaines à forêts mixtes, ce sont les espèces décidues, dans la Cordillère montagnarde, ce sont l'épinette et le pin, et dans l'écozone⁺ maritime du Pacifique, c'est la pruche qui domine⁵.

Tendances mondiales

Durant la dernière décennie, environ 130 000 km² de forêts sont perdus annuellement, en comparaison des 160 000 km² perdus dans les années 1990⁴. De 1990 à 2005, 3,1 % des forêts du monde ont disparu¹².

État et tendances

superficie inchangée dans la plupart des endroits



qualité des forêts, comme l'intégrité et la distribution des classes d'âge, en déclin



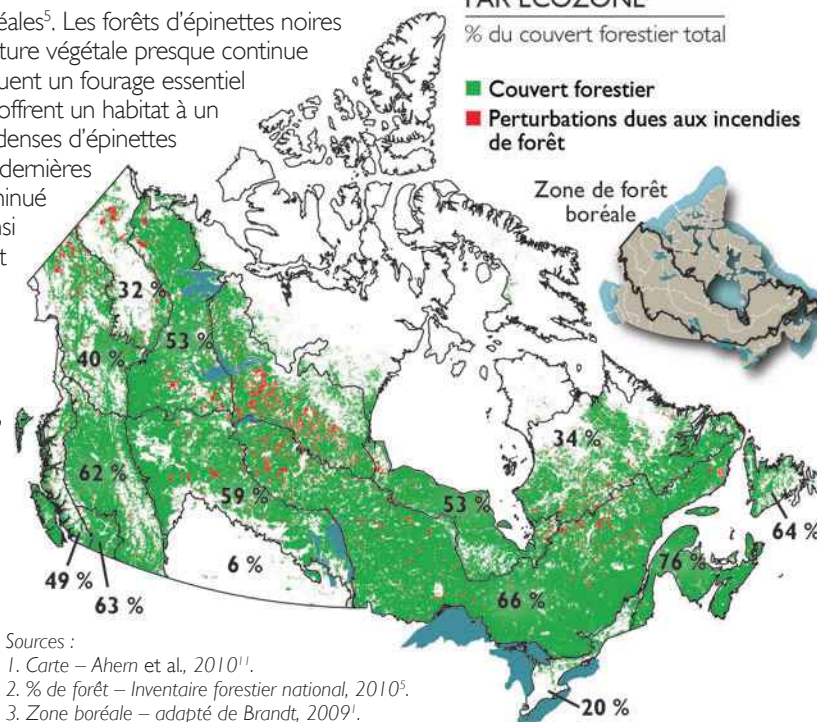
amélioration de la couverture temporelle requise



COUVERT FORESTIER PAR ÉCOZONE⁺

% du couvert forestier total

■ Couvert forestier
■ Perturbations dues aux incendies de forêt



Sources :

1. Carte – Ahem et al., 2010¹¹.

2. % de forêt – Inventaire forestier national, 2010⁵.

3. Zone boréale – adapté de Brandt, 2009¹.

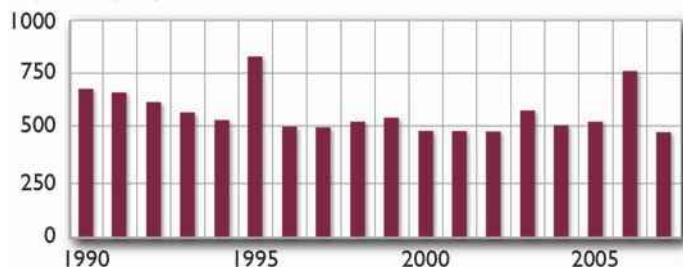


Service canadien des forêts

Forêt boréale

DÉFORESTATION

Superficie (km²)



Remarque : Ce graphique montre la déforestation (superficie forestière convertie en d'autres types d'occupation du sol). Comme il n'inclut pas la superficie convertie en forêt à partir d'autres types de couverture terrestre, il ne représente pas un changement net dans la superficie forestière.

Sources : Adapté d'Environnement Canada, 2009¹³; Ressources naturelles Canada, 2008¹⁴.

La superficie forestière totale au Canada¹⁵ s'élève à environ 3,48 millions de km². De 1990 à 2007, la superficie déboisée annuellement (c'est-à-dire affectée de façon permanente à d'autres utilisations du sol) s'établissait à 482 à 760 km², un taux annuel de déforestation de 0,01 à 0,02 %. Ce pourcentage est très faible par rapport au taux mondial de déforestation et à la superficie forestière totale du Canada^{12, 16}. Les tendances dans la superficie forestière totale, incluant l'afforestation (boisement d'autres types de couverture terrestre), sont impossibles à calculer à partir des données disponibles.

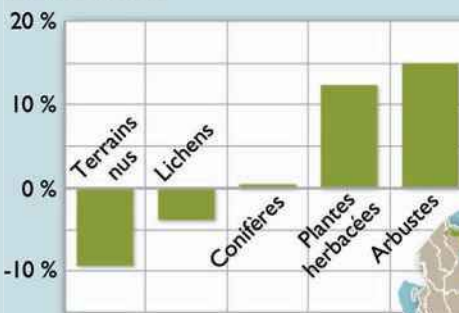
La conversion de terres forestières pour l'agriculture, les routes d'accès aux ressources naturelles, les lignes de transmission, le développement de l'exploitation du pétrole et du gaz, le développement urbain et leur inondation pour de nouveaux réservoirs hydroélectriques contribuent à la déforestation¹³. Le taux de déforestation est faible à l'échelle nationale, mais il peut être élevé dans certaines régions. Par exemple, 45 % des forêts côtières denses de pins de Douglas en Colombie-Britannique ont été converties en d'autres types d'occupations du sol¹⁷. Par ailleurs, la portion de l'écozone⁺ des plaines à forêts mixtes de l'Ontario connaît une faible afforestation, en passant d'un couvert forestier de 11 % dans les années 1920 à 22 % de nos jours¹⁸.

CHANGEMENTS DANS LA ZONE DES LIMITES FORESTIÈRES

L'expression « limite forestière » est trompeuse – il n'y a pas de ligne nette là où la limite des arbres se termine, mais plutôt une transition d'arbres de plus en plus épars jusqu'à la toundra. Les zones des limites forestières au Canada sont à la fois latitudinales, dans le nord du pays, et altitudinales, sur les flancs de collines et de montagnes. L'image qui s'impose est celle du changement, mais pas une expansion uniforme des limites forestières. Dans le nord du Québec, les arbres de la zone forestière de la toundra grandissent plus rapidement, et leur taille est plus importante depuis les années 1970¹⁹, mais la distribution des arbres n'a pas énormément changé²⁰. Au Labrador, les limites forestières se sont étendues vers le nord et le haut des collines ces 50 dernières années le long de la côte, mais pas à l'intérieur des terres²¹. Dans les montagnes du nord-ouest du Canada, la croissance et la densité des arbres ont changé davantage par rapport à la position des limites forestières alpines²².

CHANGEMENTS DE VÉGÉTATION DANS LA ZONE DES LIMITES FORESTIÈRES DU CANADA OCCIDENTAL

De 1985 à 2006



Changements moyens survenus dans la zone sur 22 ans, d'après l'analyse d'images satellitaires au début du printemps et en été
Source : Données tirées de Olthof et Pouliot, 2010²³.



Une étude réalisée sur les limites forestières dans l'ouest du Canada n'a révélé qu'une petite augmentation nette du couvert arboré, mais des changements majeurs dans la végétation au sein de la zone de limite forestière. Le couvert arboré augmentait dans la moitié nord de la zone, mais ce phénomène était essentiellement compensé par des diminutions dans la partie sud, surtout à l'ouest du delta du Mackenzie – probablement en raison des conditions plus sèches causées par des températures plus élevées²⁴. Les plus grands changements étaient une augmentation des arbustes et, au nord-ouest de la zone de la limite forestière, un remplacement de la couverture de lichens et de terrains nus par de petites plantes non graminoides (plantes herbacées).

Depuis 1900, la limite forestière a progressé à 52 % parmi les 166 sites examinés dans le monde et elle a diminué sur seulement 1 % des sites²⁵.

FORÊTS

Le Canada est l'un des rares pays qui possède encore de vastes parcelles de forêts relativement non touchées par l'activité humaine, et on estime qu'elles contiennent la plupart de leur biodiversité naturelle. Le degré d'intégrité des forêts canadiennes dépend de la façon dont les évaluations sont réalisées et, comme le soulignent Long *et al.*²⁶, l'évaluation de l'intégrité, ou son corollaire, la fragmentation, peut être complexe. L'Observatoire mondial des forêts a caractérisé des paysages intacts comme des régions non détériorées, n'ayant pas subi d'impact anthropique, d'au moins 50 km² pour les forêts des écozones boréales et de la taïga, et d'au moins 10 km² pour les forêts tempérées²⁷. La Colombie-Britannique a défini les forêts ombrophiles côtières intactes¹⁷ comme des paysages non détériorés de plus de 500 km². L'Alberta Biodiversity Monitoring Institute a adopté cependant une approche différente, en mesurant l'intégrité comme un pourcentage de ce qu'on attendrait d'un habitat vierge²⁸.

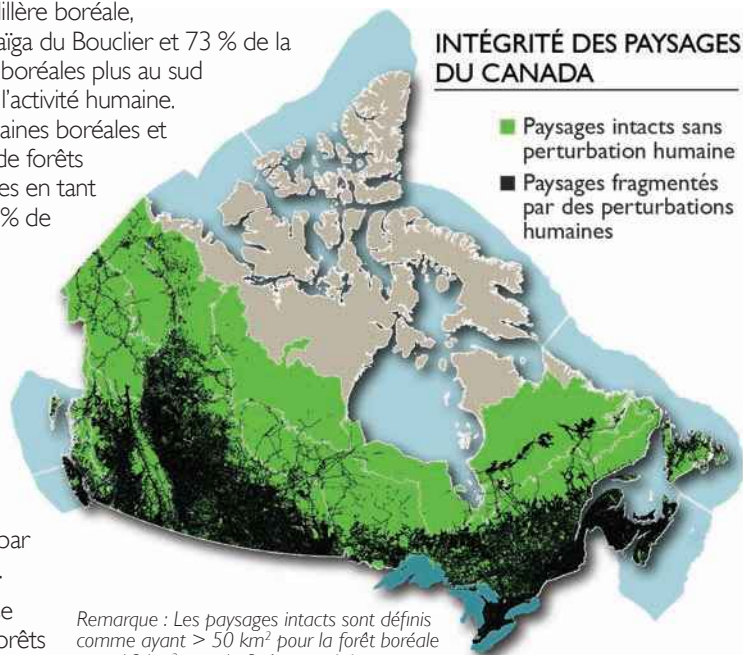
L'Observatoire mondial des forêts a publié la seule perspective nationale sur l'intégrité (voir la carte) et il en a conclu que plus de 50 % du paysage total du Canada et plus de 50 % de la superficie des écozones boisées consistent en paysages forestiers intacts. Ceci inclut 94 % des écozones boréales septentrionales (à partir du système de classification des écozones terrestres du Canada)²⁹

– taïga de la Cordillère, Cordillère boréale, plaines hudsoniennes, de la taïga du Bouclier et 73 % de la taïga des plaines. Les régions boréales plus au sud subissent plus les impacts de l'activité humaine.

Trente-sept pour cent des plaines boréales et environ 42 % des écozones de forêts tempérées demeurent intactes en tant que paysages forestiers – 90 % de ces dernières se trouvent en Colombie-Britannique, et le reste, en Alberta²⁷. En Amérique du Nord, la seule forêt ombrophile tempérée côtière intacte qui reste se trouve en Colombie-Britannique et en Alaska. Environ le tiers de la forêt tempérée ombrophile côtière qui reste est intact¹⁷, par parcelles de plus de 500 km².

La fragmentation des forêts se produit lorsque de grandes forêts continues sont fractionnées en parcelles de plus petite taille. Elle

peut être le résultat d'activités humaines comme la déforestation pour l'agriculture, l'urbanisation, les activités d'exploitation pétrolière et gazière, et les routes³⁰, ainsi que de processus naturels tels que les incendies et les infestations d'insectes^{31, 32}. Les perturbations naturelles font l'objet d'une autre section; la présente section ne porte que sur la fragmentation causée par les activités humaines. Les répercussions de la fragmentation des forêts par les activités humaines dépendent de l'espèce et de l'échelle spatiale. Ces répercussions peuvent être les suivantes : diminution des oiseaux migrateurs et résidents néotropicaux nécessitant un habitat forestier à l'intérieur des terres³³; déclin des espèces requérant de grands habitats, par exemple le grizzli et le caribou; augmentation des espèces préférant brouter à la lisière des forêts, notamment l'orignal; augmentation de l'exposition des espèces de l'intérieur des forêts aux prédateurs et aux parasites; bouleversement de la structure sociale de certaines espèces³⁴ et obstacles à la dispersion³⁰. Foresterie durable peuvent être conçus pour atténuer les effets de la fragmentation.



INTÉGRITÉ DES PAYSAGES DU CANADA

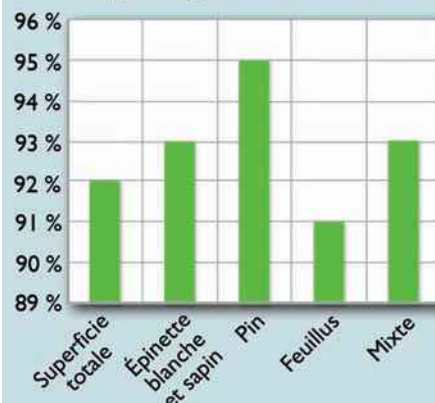
- Paysages intacts sans perturbation humaine
- Paysages fragmentés par des perturbations humaines

Remarque : Les paysages intacts sont définis comme ayant > 50 km² pour la forêt boréale et > 10 km² pour la forêt tempérée.

Source : Adapté de Lee *et al.*, 2010²⁷.

INTÉGRITÉ D'UNE FORÊT ANCIENNE DANS LA ZONE DE GESTION FORESTIÈRE DE L'ALBERTA-PACIFIC

Pourcentage d'intégrité



Source : Alberta Biodiversity Monitoring Institute, 2009²⁸.

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-Pacific (Al-Pac). Cette zone s'étend sur 57 331 km²²⁸, et constitue jusqu'à 9,5 % de l'écozone⁺ des plaines boréales⁵.

La forêt ancienne dans la zone de gestion forestière de l'Al-Pac est intacte à 92 %, c'est-à-dire qu'elle occupe 92 % de la superficie qu'elle serait supposée occuper s'il n'y avait pas d'impacts d'origine humaine. 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 due à l'exploitation forestière, aux infrastructures énergétiques et au transport. La moitié de l'empreinte écologique de l'homme sur la forêt a été créée durant les dix dernières années²⁸.



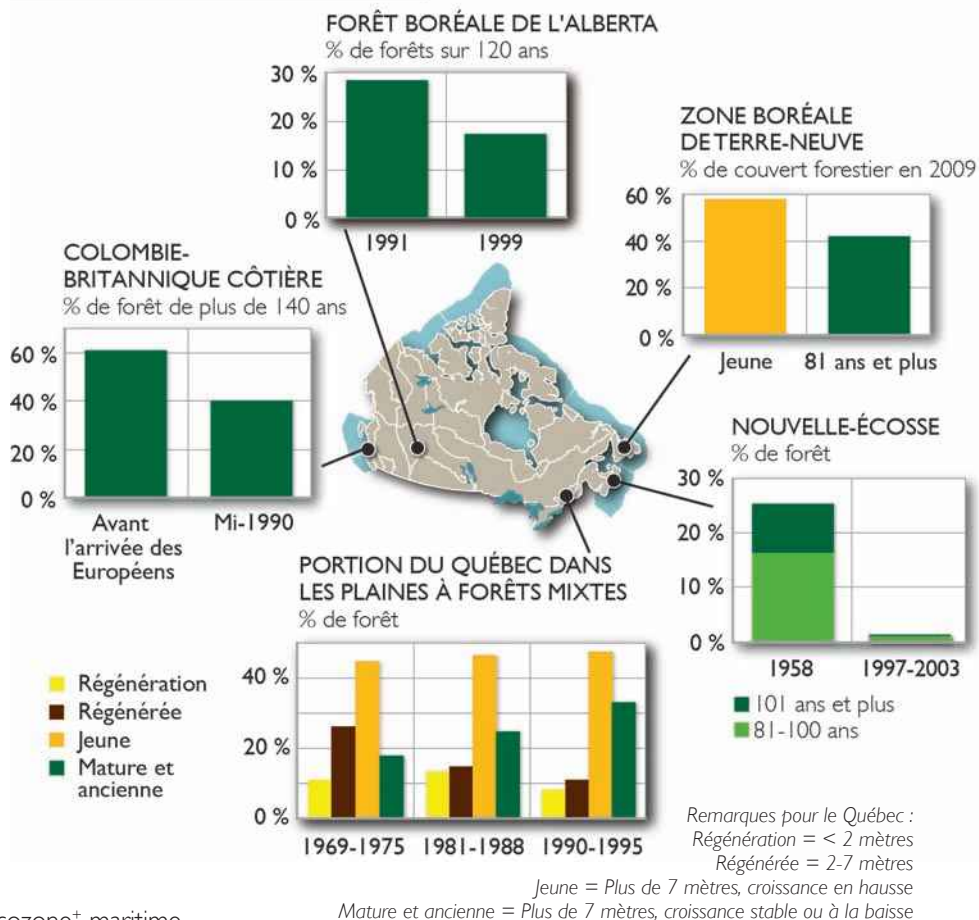
Parc national du Canada du Gros-Morne, Terre-Neuve-et-Labrador

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

Le paysage canadien était dominé par des forêts anciennes lorsque la colonisation européenne a commencé, même si les perturbations naturelles causées par les incendies et les insectes assuraient un éventail des catégories d'âge dans le paysage. En général, les forêts anciennes ont une diversité, une complexité et une biodiversité structurelles accrues par rapport aux forêts jeunes, mais les caractéristiques des forêts plus âgées dépendent de l'espèce et de l'historique du site^{17, 35}. De même, l'âge au début des caractéristiques d'une forêt ancienne varie en fonction du type de forêt et du site³⁵. Par exemple, dans la forêt boréale, l'âge des peuplements anciens va d'environ 80 à plus de 300 ans³⁶. En Nouvelle-Écosse, le gouvernement définit les forêts anciennes comme ayant plus de 125 ans³⁵. En Colombie-Britannique, les forêts anciennes de l'intérieur sont définies comme ayant 120 à 140 ans, et sur la côte, les définitions varient entre 140 ans et plus de 250 ans^{17, 37, 38}. Un glissement des forêts anciennes en faveur de jeunes forêts a été observé dans tout le pays, comme dans l'écozone⁺ maritime de l'Atlantique³⁹ et dans celle des plaines boréales³⁶.

Dans la zone boréale de Terre-Neuve⁴⁰ et l'écozone⁺ maritime du Pacifique³⁸, les forêts anciennes couvrent encore 40 % de la superficie forestière, et on présume que les forêts anciennes dominent encore les plaines hudsoniennes, où les perturbations anthropiques sont minimales et où les régimes de perturbations naturelles ne semblent pas avoir changé.

ÉTENDUE DES FORÊTS ANCIENNES



Remarque : Les distributions des classes d'âge et de taille sont touchées à la fois par les perturbations d'origine naturelle et anthropique.

Sources (dans le sens des aiguilles d'une montre, en commençant par l'Alberta) : Timoney, 2003³⁶; Newfoundland Labrador Department of Natural Resources, 2009⁴⁰; Pannoza et Coleman, 2008³⁹; Ministère des Ressources Naturelles et de la Faune de Québec, 2010⁴¹; Ministère de l'Environnement, 2006³⁸.

PRAIRIES

CONSTATATION CLÉ 2. 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.

taux de perte freiné;
superficie amoindrie
et santé compromise à
de nombreux endroits



données incomplètes,
mais tendances claires



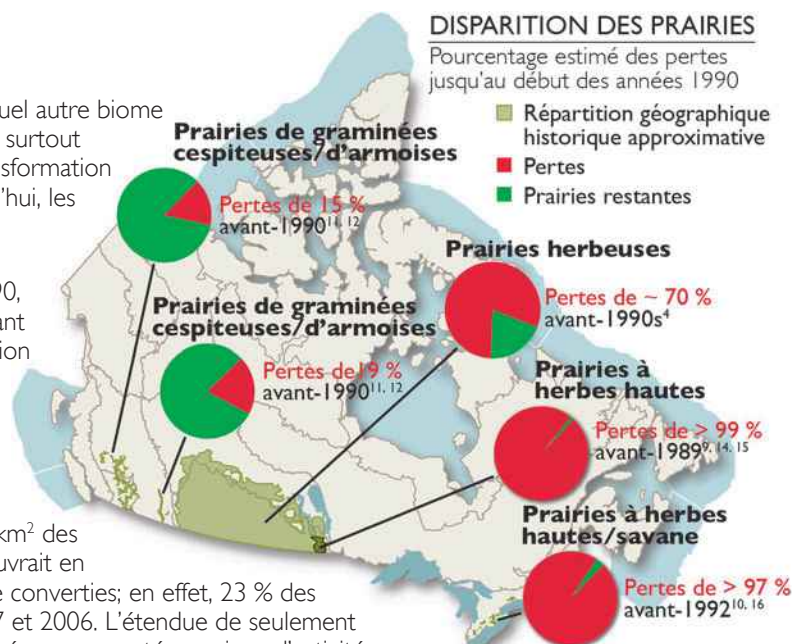
Les prairies sont des écosystèmes ouverts, constitués principalement d'une végétation herbacée (non ligneuse). On trouve les prairies tempérées types, comme celles du Canada, dans les zones plutôt sèches, où les hivers sont froids, et les sols, riches et profonds. Ayant historiquement subsisté grâce aux sécheresses, aux feux et au broutage, les prairies tempérées sont les écosystèmes les plus transformés de la planète et un des écosystèmes les plus menacés, présentant le risque le plus élevé d'une perte de biodiversité à l'échelle du biome^{1,2}. Quoique d'autres types d'écosystèmes tels que les savanes de chênes, les alvars et les dunes puissent assurer la survie des prairies, parce qu'ils en contiennent, cette constatation traite uniquement des prairies et des steppes.

Les prairies sont importantes en tant qu'habitat pour de nombreuses espèces, y compris bon nombre d'espèces en péril du pays. Elles contribuent également à la conservation du sol et de l'eau, au recyclage des éléments nutritifs, à la pollinisation et à la régulation du climat; elles offrent de grands pâturages pour le bétail, du matériel génétique pour les cultures, une aire pour les loisirs et un réservoir pour environ 34 % des stocks mondiaux de carbone terrestre^{1,3}.

Modifications de l'étendue

Les prairies indigènes disparaissent plus rapidement que n'importe quel autre biome important de l'Amérique du Nord². Au Canada, cette disparition est surtout survenue avant les années 1930⁴, en grande partie à cause de la transformation des terres pour la culture². Cette transformation se poursuit aujourd'hui, les prairies restantes accusant souvent les plus grandes pertes^{5,6}.

- **La prairie mixte et de fétuques** couvre à l'heure actuelle plus de 110 000 km² (25 %) des provinces des Prairies. On estime en 1990, d'après la télédétection, que 70 % de la végétation originale, incluant les prairies, a été convertie en d'autres utilisations⁴. La transformation des prairies indigènes se poursuit^{6,7}, mais à un taux inférieur. De 1971 à 1986, la perte globale a été estimée à 3 %⁷. Les pertes varient entre les régions; par exemple, une perte de 10 % a été remarquée dans certaines d'entre elles entre 1985 et 2001⁶.
- **La prairie à herbes hautes**, soit la prairie la plus menacée de l'Amérique du Nord⁸, couvre maintenant seulement environ 100 km² des 6000 km² qu'elle couvrait au Manitoba⁹ et des 820 km² qu'elle couvrait en Ontario¹⁰. Les petites parcelles qui restent risquent toujours d'être converties; en effet, 23 % des parcelles qui restaient au Manitoba ont été aménagées entre 1987 et 2006. L'étendue de seulement quelques parcelles plus importantes, dont la conservation est assurée, a augmenté en raison d'activités soutenues de restauration⁵.
- En Colombie-Britannique, de 15 % à 19 % des **prairies de graminées cespiteuses et d'armoises** ont disparu avant 1990^{11,12}. Entre 1990 et 2005, c'est un autre 1 % des prairies originales qui a disparu¹². Les pertes dans certaines régions ont été plus importantes; par exemple, les pertes au sein des communautés de prairie du sud de l'Okanagan étaient de l'ordre de 33 à 75 % entre 1800 et 2005¹³. Il ne reste que de petits vestiges des anciennes vastes prairies du nord de la Colombie-Britannique¹².



Sources : Carte de la Colombie-Britannique adaptée du Grasslands Conservation Council of British Columbia, 2009¹⁷; carte des Prairies adaptée d'Ostlie et Hafeman, 1999, cités dans White et al., 2000²; carte du Manitoba adaptée de Joyce et Morgan, 1989⁹; carte de l'Ontario adaptée du Centre d'information sur le patrimoine naturel, cité dans l'Ontario Tallgrass Prairie and Savanna Association¹⁸.



Parcs Canada, M. Finkelstein, 2005

Prairies mixte, Parc National des Prairies, Saskatchewan

Santé des prairies

En plus d'avoir subi des pertes directes, les prairies qui restent au Canada subissent aussi des perturbations. Les régimes de perturbations naturelles qui, historiquement, ont assuré le maintien des prairies ont été modifiés. En particulier, la suppression des feux et le remplacement des bisons en liberté par des bovins en enclos ont changé la structure et la composition des prairies indigènes. Beaucoup de sols riches ont été cultivés^{2, 19}, laissant des sols moins productifs pour les prairies restantes. Les prairies sont en outre menacées par les espèces non indigènes, le surpâturage, l'empiétement de la forêt et le morcellement continu causé par le développement et l'intensification de l'agriculture. Les résultats globaux de deux études sur la santé des grands pâturages libres de l'Alberta et de la Saskatchewan, menées en 2008, ont révélé que 49 % des pâturages étaient en santé, que 8 % ne l'étaient pas et que 43 % étaient en santé, mais éprouvaient des problèmes^{20, 21}. Dans la vallée de l'Okanagan, entre 19 et 69 % des grands pâturages libres étaient en mauvais état dans les années 1990¹³. Au Manitoba, 14 % des parcelles de prairie à herbes hautes qui restent ont été si gravement modifiées par des espèces non indigènes entre 1987 et 2006 qu'il était impossible de dire s'il s'agissait de parcelles de prairie à herbes hautes. La qualité des parcelles s'est détériorée de façon importante au fil du temps, et peu sont probablement encore autosuffisantes⁵.



Tendances mondiales

En 1950, les prairies tempérées, qui couvrent 8 % de la Terre³¹, avaient perdu 70 % de leur couverture indigène, et 15 % supplémentaires ont été perdues depuis³². En Amérique du Nord, plus de 97 % de la prairie à herbes hautes^{8, 33, 34}, 71 % de la prairie mixte et 48 % de la prairie à herbes courtes avaient disparu en 2003⁸.

OISEAUX DES PRAIRIES CANADIENNES

Indice d'abondance des oiseaux nicheurs, de 1967 à 2006



Source : Adapté du Relevé des oiseaux nicheurs²² par Downes et al., 2010²³.



iStock.com

Diminution de 78 % des populations de Bruant sauterelle depuis les années 1970²³

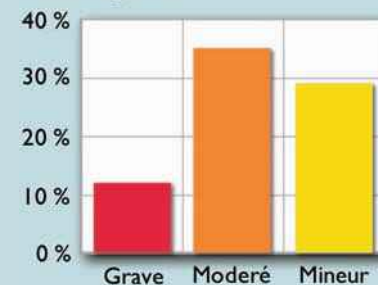
Les populations d'oiseaux des prairies diminuent rapidement et de façon généralisée en Amérique du Nord^{24, 25}. Au Canada, 44 % des populations d'espèces des prairies ont disparu depuis les années 1970, le déclin prononcé de la population de certaines espèces en particulier atteignant 87 %²³.

BROUTAGE ET SANTÉ DES PRAIRIES

De grandes étendues de prairies intactes sont utilisées comme grands pâturages libres pour le broutage du bétail. La relation entre le broutage et la santé des prairies est complexe. La majeure partie des prairies a évolué avec le broutage des herbivores. Il est important de maintenir une gamme d'intensités de broutage pour la biodiversité, car les habitats soumis à différentes intensités de broutage assurent la subsistance de différentes espèces. Malgré une amélioration des pratiques de gestion des terres dans certains secteurs (p. ex. pâturages communautaires et autres initiatives d'intendance dans les Prairies)^{4, 21, 26}, le broutage du bétail peut avoir un effet sur la santé des prairies. À l'aide de données sur la composition des espèces pour indiquer les changements, Thorpe²⁷ a découvert que presque 50 % des parcelles dans les régions de la forêt-parc à trembles et de la prairie mixte de la Saskatchewan avaient été moyennement ou gravement modifiées par le broutage du bétail en 2007. En Colombie-Britannique, environ 90 % des prairies servent maintenant aux animaux d'élevage¹, ce qui fait que beaucoup d'entre elles demeurent aux premiers stades de succession et sont colonisées par de nombreuses espèces envahissantes^{13, 28-30}.

DEGRÉ DE MODIFICATION DES PRAIRIES DE LA SASKATCHEWAN À CAUSE DU BROUORAGE

Pourcentage, 2007



Source : Thorpe, 2009²⁷.

MILIEUX HUMIDES

CONSTATATION CLÉ 3. La perte de milieux humides a été importante dans le sud du Canada; la destruction et la dégradation continuent sous l'influence d'une gamme étendue de facteurs de stress. Certains milieux humides ont été restaurés ou sont en cours de restauration.

Les milieux humides sont des terres dont le sol est saturé d'eau en permanence ou la plupart du temps, comme le montrent des sols mal drainés ainsi que la végétation et l'activité biologique adaptées aux environnements humides^{1,2}. Il existe deux types de milieux humides, les milieux humides organiques (tourbières) et les milieux humides minéraux, et ils sont classés en cinq catégories : les bogs et les fens, qui sont tous deux des tourbières; les marais et les eaux peu profondes, qui sont toutes les deux minérales; et les marécages, qui peuvent être d'un type ou de l'autre¹. Au Canada, approximativement 1,5 million de kilomètres carrés sont des milieux humides^{1,3}. Cette superficie représente environ 16 % de la masse terrestre du Canada et approximativement un quart des milieux humides de la planète¹. Parmi les milieux humides du Canada, 37 s'étendant sur près de 131 000 km² ont été désignés milieux humides ayant une importance à l'échelle internationale⁴. Cette constatation clé se limite aux milieux humides d'eau douce. Les estuaires, les marais salés et d'autres milieux humides marins côtiers font l'objet des Biomes côtiers.

Les milieux humides sont importants, car ils représentent l'un des écosystèmes les plus productifs de la Terre et ils assurent la subsistance d'un nombre excessivement élevé d'espèces⁵, incluant des espèces en péril ainsi qu'un nombre important d'oiseaux migrateurs, de poissons et d'amphibiens, une grande variété d'espèces végétales et beaucoup d'autres espèces. Les milieux humides fournissent des services essentiels comme le contrôle des crues, l'alimentation des nappes souterraines, le maintien des débits d'eau, la filtration des sédiments et des polluants, le recyclage des nutriments, la stabilisation des rives, la réduction de l'érosion et la séquestration du carbone.

État et tendances

Malgré l'importance des terres humides, aucun inventaire détaillé n'a été réalisé et il n'existe aucun programme de surveillance⁶. Les données les plus complètes portent sur les Prairies et le sud de l'Ontario. La plupart des études qui examinent la perte des terres humides sont petites, localisées, anciennes et elles ont été réalisées à différentes échelles. Même si les résultats reflètent une grande variation de pertes et de dégradations des milieux humides dans le paysage et au fil du temps, il existe des indications que la transformation des milieux humides s'est produite rapidement depuis la colonisation jusqu'au début des années 1900 dans de nombreux secteurs du sud du Canada, principalement en raison d'une conversion pour l'agriculture⁷. En 1991, la superficie totale de milieux humides perdus au Canada depuis les années 1800⁸ était estimée à 200 000 km².

Des études récentes indiquent que bien qu'il y ait une augmentation de milieux humides dans certaines régions, les pertes continuent dans de nombreuses parties du Canada en raison de la transformation des terres, du contrôle des niveaux d'eau, y compris les inondations causées par les projets d'aménagements hydroélectriques, et des changements climatiques⁹⁻¹³. En plus d'une perte directe, les milieux humides continuent de faire l'objet d'une dégradation et d'un morcellement et de perdre certaines de leurs fonctions en raison de modifications hydrologiques, de projets d'aménagement, de la pollution, d'espèces envahissantes, d'activités de loisir, de pâturage, de la gestion de terres adjacentes et de changements climatiques⁵.

Les milieux humides situés près de grands centres urbains sont particulièrement menacés et ont connu d'importantes pertes. On a estimé que moins de 0,2 % des milieux humides du Canada se trouvent maintenant à moins de 40 km des centres urbains¹⁴ et que de 80 à 98 % des milieux humides dans un grand centre urbain ou à proximité ont été perdus⁸.

État et tendances

l'état varie selon le type et l'emplacement des milieux humides; restauration à certains endroits



données fiables pour certaines régions seulement; tendances claires là où il y a des données



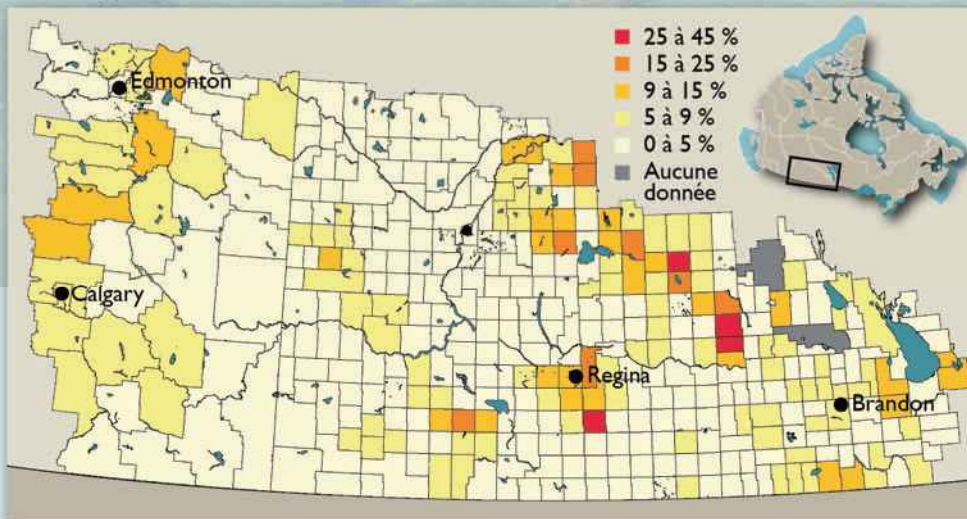
conséquences écosystémiques des changements climatiques sur les tourbières



John Brazner
Aménagement d'un lotissement résidentiel, Nouvelle-Écosse

PERTES DE MILIEUX HUMIDES DANS LES PRAIRIES

Pourcentage de pertes, de 1985 à 2001



Source : Plan conjoint des habitats des Prairies, 2008¹⁹, adapté de Watmough et Schmoll, 2007¹².

Les millions de petits milieux humides des prairies du Canada et des États-Unis représentent l'habitat le plus productif de la sauvagine au monde, abritant de 50 à 88 % de la population de plusieurs espèces d'oiseaux nicheurs en Amérique du Nord²⁰⁻²². La disponibilité et l'état des milieux humides sont les principaux facteurs qui déterminent le nombre et la diversité de cette sauvagine. Bien que ces facteurs soient grandement influencés par les variations du climat²², les changements d'utilisation des terres ont également de l'importance.

Au fur et à mesure de la colonisation et de la transformation des terres à des fins agricoles, de vastes superficies de milieux humides ont été asséchées. Il n'existe aucune donnée détaillée sur ces pertes historiques, mais l'analyse d'études locales dans les Prairies canadiennes révèle une grande variation^{12, 23-25}, avec des pertes estimées à 40 à 71 % entre le début de la colonisation et les années 1990^{12, 24, 26, 27}. Malgré des efforts de conservation depuis les dernières décennies, la perte et la dégradation de milieux humides se poursuivent, principalement à cause de l'intensification de l'agriculture^{25, 28}. Entre 1985 et 2001, 6 % des cuvettes de milieux humides ont été perdus, ce qui représente 5 % de la superficie totale estimée des milieux humides. En outre, on a estimé qu'il y avait annuellement une perte de fonctions d'environ 6 % de la superficie des milieux humides en raison de facteurs comme l'assèchement partiel¹². Une analyse des incidences de l'agriculture et du rétablissement de milieux humides, effectuée entre 1985 et 2005, a déterminé que les bordures des milieux humides étaient plus touchées que les cuvettes des milieux humides. Bien que l'ampleur des incidences sur les bordures ait diminué au cours de la période, le taux de rétablissement était plus lent, ce qui indique une hausse des effets globaux. Le pourcentage des bordures touchées variait entre 82 et 97 % en 1985, selon l'endroit, et s'est stabilisé au début des années 1990 entre 90 et 95 %²⁸.

On estime que jusqu'à 90 % des milieux humides des prairies ont une superficie inférieure à 1 ha¹². Des études indiquent que les plus petits milieux humides abritent en général un plus grand nombre de sauvagines que les plus grands milieux humides²⁹. Ces petits milieux humides subissent aussi les plus grandes pertes. Entre 1985 et 2001, la taille moyenne des bassins de milieux humides disparus était de 0,2 ha, 77 % étant de dimensions inférieures à 2,6 ha¹². Entre 1985 et 2005, les milieux humides saisonniers peu profonds dans les champs agricoles ont enregistré le plus haut taux d'incidences et le plus faible taux de rétablissement par rapport à d'autres types de milieux humides²⁸.



© Canards Illimités Canada

Cuvettes des prairies

Tendances mondiales

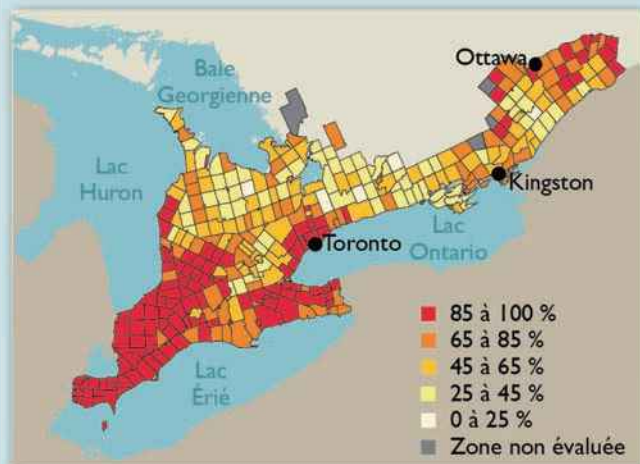
Les milieux humides couvrent entre 5 et 10 % du territoire terrestre¹⁵⁻¹⁷. On estime que plus de la moitié des milieux humides qui existaient à l'origine dans le monde ont disparu^{5, 15, 17, 18} et qu'ils sont détruits et dégradés plus rapidement que tout autre type d'écosystème^{15, 17}.



MILIEUX HUMIDES

PERTES DE MILIEUX HUMIDES DANS LE SUD DE L'ONTARIO

Pourcentages de pertes par canton, de 1800 à 2002



Remarque : Seuls les milieux humides de plus de 10 ha sont inclus.

Source : Canards Illimités Canada, 2010¹¹.

Avant l'arrivée des Européens, la superficie des milieux humides dans le sud de l'Ontario atteignait environ 20 266 km². En 2002, 72 % des milieux humides avaient été transformés à d'autres fins. Ce pourcentage représente une diminution dans la proportion de la couverture des milieux humides dans le paysage de 25 à 7 %¹¹. Autrefois, les plus fortes concentrations de milieux humides se trouvaient dans le sud-ouest et l'est de l'Ontario. C'est aussi dans ces secteurs que ce sont produites les pertes les plus importantes. Par exemple, avant la colonisation, 83 % du comté d'Essex, à l'extrémité sud-ouest de l'Ontario, étaient constitués de milieux humides, mais en 2002, cette superficie avait été réduite à moins de 2 %^{11,30}. Entre 1967 et 1982, la transformation des milieux humides à des fins agricoles représentait 85 % des pertes³⁰. Le développement urbain et les infrastructures de transport connexes ont été des facteurs importants des pertes dans les régions entourant le sud-est du lac Ontario¹¹.

Une bonne partie de la transformation des milieux humides s'est produite au cours du 19^e siècle et au début du 20^e siècle (68 % des milieux humides ont été transformés/perdus avant 1967)³⁰. Néanmoins, malgré le gain de milieux humides dans certaines régions, la perte nette se poursuit. Bien que le nombre estimé de milieux humides de plus de 10 ha soit demeuré relativement stable entre 1967 et 1982, de 1982 à 2002, un pourcentage additionnel de 3,5 % de milieux humides précoloniaux a été perdu – une moyenne de 3,5 km² par année¹¹. Il s'agit d'estimations prudentes, car les milieux humides riverains des Grands Lacs et les milieux humides de moins de 10 ha n'ont pas été inclus dans les analyses¹¹.

MILIEUX HUMIDES DES GRANDS LACS

Recouvrant plus de 700 km², les milieux humides le long des rives des Grands Lacs ainsi que de leurs voies interlacustres et de leurs cours d'eau tributaires fournissent un habitat essentiel aux espèces sauvages, incluant les oiseaux, les mammifères, les poissons, les amphibiens, les reptiles et une grande variété d'espèces végétales. Ils ont connu une perte et une dégradation importantes depuis les 200 dernières années^{30,31}, et plusieurs ont été fortement touchés par la pollution^{32,33}. On estime qu'en 1984, 35 % des milieux humides le long des rives canadiennes des lacs Érié, Ontario et Sainte-Claire avaient été perdus³⁴, avec les plus grandes pertes, de 73 à 100 % jusqu'en 1979, se produisant entre Toronto et la rivière Niagara³⁵. La plus grande partie de la transformation s'est produite à partir de la fin du 19^e siècle jusqu'au début du 20^e siècle, lorsque de vastes milieux humides ont été dragués pour la navigation et remplis aux fins du développement industriel et urbain³⁶. La perte et la dégradation se sont poursuivies en raison de la modification du littoral, du contrôle des niveaux d'eau, des charges en nutriments et des charges sédimentaires, des espèces non indigènes envahissantes, du dragage et du développement industriel, agricole et résidentiel³⁶⁻⁴¹. Les habitudes d'utilisation des terres en amont engendrent aussi des répercussions, en particulier par le ruissellement à partir des terres agricoles et des surfaces imperméables⁴²⁻⁴⁴.

De récentes études révèlent que la santé des milieux humides varie dans le bassin versant des Grands Lacs⁴⁰. L'indice de la qualité des eaux, une des méthodes de suivi de la santé des milieux humides, indique qu'au Canada, les Grands Lacs inférieurs, en particulier l'extrémité ouest des lacs Ontario et Érié, qui sont les plus lourdement touchés par l'urbanisation et l'agriculture, ont connu la plus grande dégradation. Au Canada, relativement peu de sites sont dégradés dans la baie Georgienne, le lac Huron et le lac Supérieur⁴⁵⁻⁴⁸.

RÉSULTATS DES GRANDS LACS AU CANADA FONDÉS SUR L'INDICE DE LA QUALITÉ DES EAUX



Source : Données mises à jour par Chow-Fraser, 2006⁴⁵ à l'aide de données non publiées de 2008 recueillies principalement dans la partie est de la baie Georgienne et le chenal du Nord par l'auteur, et de données non publiées de 2009 recueillies dans les lacs Érié et Ontario par le Service canadien de la faune, Environnement Canada, région de l'Ontario⁴⁸.

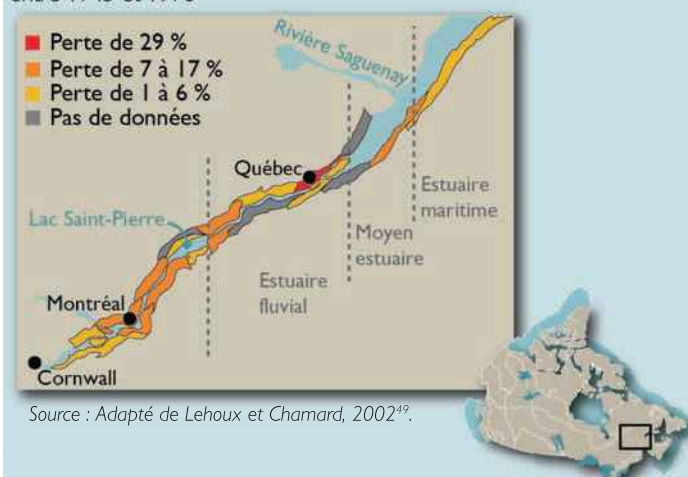


Caroline Savage, Environnement Canada

Milieu humide du fleuve Saint-Laurent

CHANGEMENTS DANS LES SUPERFICIES DE MILIEUX HUMIDES LE LONG DU FLEUVE SAINT-LAURENT

Pourcentages de changements par unité physiographique entre 1945 et 1978



Source : Adapté de Lehoux et Chamard, 2002⁴⁹.

Pourcentages de changements, de 1970-1978 et de 2001-2002



Source : Adapté de Jean et Létourneau, 2007⁵⁰.

Entre 1945 et 1984, plus de 60 km² d'habitats riverains ont été modifiés le long du fleuve Saint-Laurent⁵¹. La plupart des changements se sont produits avant le milieu des années 1970 en raison du drainage et du remplissage des eaux libres et des milieux humides au profit de l'aménagement de logements, de routes et de l'agriculture. Les pertes se sont surtout produites près des grands centres urbains^{49,51} – par exemple, en 1976, 83 % des milieux humides de Montréal avaient été perdus⁵². La construction d'installations de régularisation de l'eau, notamment les barrages et la Voie maritime du Saint-Laurent (de 1954 à 1958), a provoqué des changements à la fin des années 1950⁴⁹. L'urbanisation a été plus importante après cette période⁵².

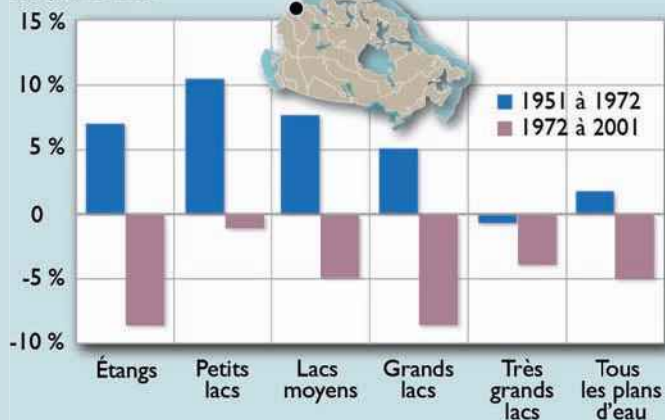
Depuis les années 1970, l'étendue globale des milieux humides a augmenté, bien qu'il y ait des variations selon le type et l'emplacement du milieu humide⁵¹. Malgré que la perte de milieux humides se poursuive en raison de l'urbanisation, particulièrement dans les régions de Montréal et du lac Saint-Pierre, les efforts de restauration et la baisse des niveaux d'eau ont entraîné un gain net des marais et des marécages de l'ordre de 2,7 % entre 1990 et 2002⁵¹. Les gains ont surtout été observés dans l'estuaire fluvial, le moyen estuaire et l'estuaire maritime, et se sont produits essentiellement au détriment de l'eau libre. La baisse des niveaux d'eau dans les années 1990 peut avoir accéléré la tendance à la sécheresse dans certaines régions^{51,53}, transformant les bas marais en hauts marais et en marécages, avec une prédominance de plantes envahissantes. Les niveaux d'eau sont influencés par un nombre de facteurs, y compris les ouvrages de régularisation des eaux, le débit des Grands Lacs et de la rivière des Outaouais et les changements climatiques, en particulier dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent^{49,51}.

Les plantes non indigènes de milieu humide constituent maintenant 14 % des plantes vasculaires des milieux humides du fleuve Saint-Laurent⁵⁴. Leur expansion peut être attribuée à la modification des rives, à l'excavation du chenal navigable et à la régularisation des niveaux d'eau, qui ont réduit l'ampleur des crues, ralenti la circulation de l'eau dans les zones littorales peu profondes et diminué l'efficacité du fleuve à purger les sédiments des nutriments et à déraciner la végétation émergente robuste⁵⁵.

MILIEUX HUMIDES

PLAINE OLD CROW

Modification de la superficie des plans d'eau



Source : Adapté de Labrecque et al., 2009⁵⁶.

Désigné milieu humide d'importance internationale⁴, la plaine Old Crow est un grand complexe non développé (plus de 6000 km²) de plus de 2000 lacs et milieux humides, formés à la suite de la fonte du pergélisol. Elle offre un habitat important à l'échelle continentale à près d'un demi-million d'oiseaux aquatiques en périodes de reproduction et de mue^{57,58}. La superficie totale d'eau a diminué de 13 km² (3,5 %) entre 1951 et 2001, et les diminutions totales les plus importantes ont été observées dans les grands et les très grands lacs. La superficie des étangs s'est agrandie de 7 % entre 1951 et 1972, mais a diminué de 8,5 % entre 1972 et 2001. Ces changements sont attribuables à différents processus interdépendants, certains lacs se formant ou s'agrandissant et certains autres s'asséchant soudainement en raison de l'effondrement du pergélisol ainsi qu'à la tendance générale à la sécheresse, qui s'explique par une augmentation de l'évaporation, elle-même causée par les étés chauds des dernières années⁵⁶.



D. Peters, Environnement Canada

Ruisseau Mamawi, delta des rivières de la Paix et Athabasca

DELTA DES RIVIÈRES DE LA PAIX ET ATHABASCA

Le delta des rivières de la Paix et Athabasca, qui fait plus de 5000 km², est l'un des plus grands deltas intérieurs d'eau douce au monde.

Formé de deux grands lacs centraux et de plus de 1000 petits lacs et milieux humides⁵⁹, ce delta est d'une importance internationale pour les oiseaux aquatiques, les bisons et les poissons⁴. La dynamique du delta est fortement influencée par les fluctuations à court et à long terme des niveaux d'eau, y compris les crues printanières occasionnelles provoquées par les embâcles^{60,61} et les débordements d'eaux libres en été, avec des intervalles de sécheresses entre les inondations⁶². Des études ont montré que la fréquence récente d'embâcles et d'inondations se situe dans la plage des variations et des intervalles historiques⁶³⁻⁶⁵. Néanmoins, bien que le delta ait connu d'importants épisodes d'embâcles et d'inondations depuis les années 1940⁶⁶, le plus récent épisode s'étant produit en 1997^{60,64}, des analyses du paysage ont découvert une importante tendance générale à la sécheresse entre la période de 1945 et 2001, au cours de laquelle les communautés des milieux humides ont diminué, alors que celles des milieux secs ont augmenté^{63,67}.



Il est difficile de déterminer la cause des modifications des paysages, car le delta change constamment en raison des changements climatiques, de l'hydrologie et des processus deltaïques, qui sont tous variables et influencés par des facteurs naturels et anthropiques^{63,65,66}. Les influences depuis les 45 dernières années comprennent^{60,62,66,68-72} :

- un climat plus chaud et sec;
- la prévention d'un changement naturel dans le cours de la rivière Athabasca, en 1972, et la présence naturelle d'une percée d'un canal en 1982;
- la régularisation de l'écoulement, notamment la construction du barrage Bennett sur la rivière Peace en 1968 et de déversoirs subséquents sur les voies d'évacuation en 1975-1976 en réponse aux préoccupations relatives aux changements de niveaux d'eau dans les lacs reliés;
- les modifications dans l'utilisation des terres et le développement, y compris la foresterie, l'agriculture et l'extraction du bitume;
- les utilisations croissantes de l'eau;
- les changements culturels.

La diminution prévue de la fréquence d'inondations dues aux embâcles au cours du prochain siècle en raison des changements climatiques pourrait aboutir à une plus grande sécheresse⁷³, et un aménagement supplémentaire en amont pourrait ajouter un stress supplémentaire sur l'écosystème du delta.

ÉTAT DES TOURBIÈRES

Au Canada, les tourbières s'étendent sur 1,1 million de kilomètres carrés, ce qui représente environ 12 % de la superficie du pays⁷⁴ et la majeure partie de la superficie totale des milieux humides⁷⁵. Les régions boréales et subarctiques se partagent 97 % des tourbières⁷⁴. En plus de leur importance pour la biodiversité, les tourbières du Canada, qui sont des milieux humides ayant accumulé plus de 40 cm de sol organique^{2,76}, sont d'importants puits de carbone à l'échelle mondiale⁷⁷⁻⁷⁹. Bien qu'on estime que 90 % de la superficie de tourbières du Canada est toujours intacte, il existe peu de données à cet effet¹³. Voici quelques exemples d'estimations de pertes de tourbières directement liées aux activités humaines :

- 9000 km² ont été inondés au Canada dans le cadre de projets d'aménagement hydroélectrique entre 1960 et 2000^{13,80};
- 250 km² ont été asséchés dans le cadre d'activités de foresterie dans le Bouclier boréal entre 1980 et 2000⁸⁰;
- 240 km² ont été asséchés pour de la tourbe horticole avant 2007, y compris une hausse de 56 % de la superficie touchée par les activités d'extraction active entre 1990 et 2007⁸¹;
- 237 km² ont été perturbés par l'exploitation des sables bitumineux en Alberta avant la première moitié de 2009⁸²;
- 110 km² ont été transformés en terres agricoles au Québec, avant 2001⁸³.

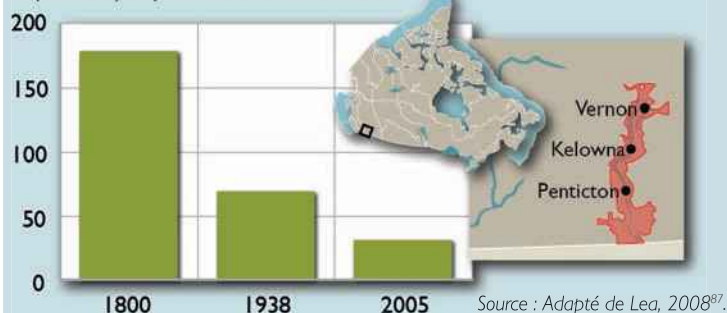
Environ 60 % des tourbières du Canada, particulièrement celles dans les basses-terres de la baie d'Hudson et de la baie James, le bassin du fleuve Mackenzie et certains secteurs du nord de l'Alberta et du Manitoba, se trouvent dans des régions qui devraient être gravement touchées par les changements climatiques^{74,84}. Les changements climatiques ont déjà des effets sur les tourbières nordiques, car ils contribuent à la fonte du pergélisol et à d'autres changements de l'hydrologie. On observe des changements rapides tels que l'expansion des lacs dans certaines régions et leur réduction ou leur disparition dans d'autres⁸⁵, notamment le remplacement des forêts par des prairies humides de carex, des tourbières, et des lacs et étangs⁸⁶ (voir La glace dans l'ensemble des biomes). Les changements climatiques ont aussi des répercussions sur l'équilibre du carbone des vastes tourbières du Canada⁷⁴.

Global Forest Watch

Tourbières boréales

CHANGEMENT DE LA SUPERFICIE DES MILIEUX HUMIDES DANS LES VALLÉES DE L'OKANAGAN-SUD ET DE LA BASSE SIMILKAMEEN, EN COLOMBIE-BRITANNIQUE

Superficie (km²) en 1800, 1938, et 2005



Les milieux humides occupent une petite partie de l'écozone⁺ du bassin intérieur de l'Ouest, en raison du climat, du sol et des caractéristiques topographiques de la région^{2,88}. Néanmoins, ils jouent un rôle écologique essentiel, en particulier parce qu'ils abritent dans les zones arides plus d'espèces que tout autre écosystème^{88,89}. Les milieux humides de la partie sud de l'intérieur de la Colombie-Britannique abritent de nombreuses espèces en péril. La plupart des milieux humides dans ce secteur se situent dans le fond de vallées où se concentre également le développement, et la perte de milieux humides a été énorme depuis la colonisation européenne, principalement en raison de leur conversion en terres agricoles et, plus récemment, du développement urbain^{87,90}. Entre 1800 et 2005, des communautés de milieux humides précises ont souffert différents degrés de pertes, dont 92 % de milieux humides riverains à comouillers stolonifères et à bouleaux fontinaux buissonnants, 63 % de milieux humides riverains à peupliers occidentaux et à comouillers stolonifères et 41 % de marais dominés par la massette dans les vallées de l'Okanagan-Sud et de la basse Similkameen⁸⁷. Les milieux humides continuent de subir des pertes et une dégradation en raison de l'urbanisation, de l'agriculture intensive et, dans certains secteurs, d'activités récréatives importantes^{87,91,92}. En outre, les espèces envahissantes et les changements climatiques présentent des menaces importantes.

LACS ET COURS D'EAU

État et tendances

CONSTATATION CLÉ 4. 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.

changements dans les débits des cours d'eau



brève couverture temporelle des nouvelles stations, en particulier dans le Nord



conséquences écosystémiques des changements climatiques



Plus de 8500 cours d'eau et deux millions de lacs couvrent près de 9 % de la superficie totale du Canada^{1,2}. L'hydrologie de ces cours d'eau et de ces lacs agit sur la structure des habitats aquatiques et sur la composition des communautés écologiques, y compris le plancton, les plantes, les macroinvertébrés benthiques et les vertébrés comme les poissons, les amphibiens et les reptiles, ainsi que les oiseaux². En Amérique du Nord, les espèces vivant dans les écosystèmes aquatiques risquent davantage une extinction que les espèces vivant dans d'autres écosystèmes³.

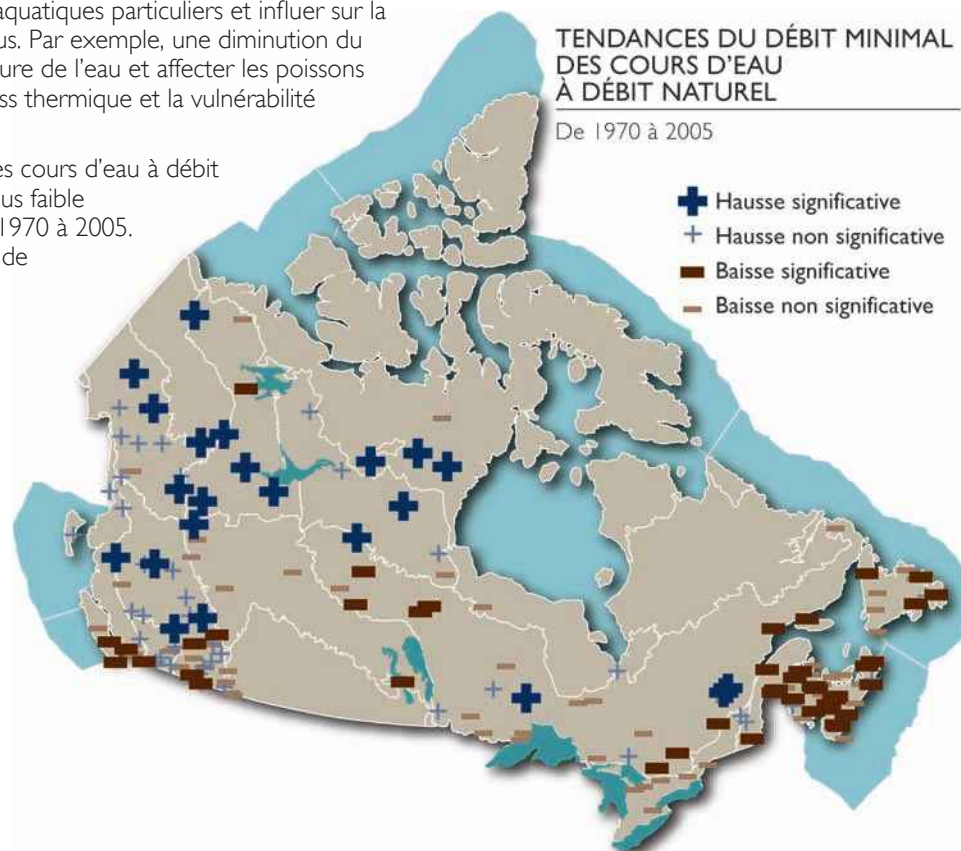
État et tendances des débits saisonniers

La plupart des cours d'eau canadiens présentent un débit saisonnier très variable. Le débit minimal annuel survient vers la fin de l'été, quand les précipitations sont moindres et que l'évaporation est élevée, et vers la fin de l'hiver, quand les précipitations tombent sous forme de glace ou de neige. Ces débits minimaux peuvent limiter la disponibilité d'habitats aquatiques particuliers et influencer sur la température de l'eau et la teneur en oxygène dissous. Par exemple, une diminution du débit minimal peut changer le niveau et la température de l'eau et affecter les poissons qui frayent tardivement, en plus d'augmenter le stress thermique et la vulnérabilité à la prédation pour tous les poissons.

Dans une étude portant sur 172 sites situés dans des cours d'eau à débit naturel, 13 % des sites ont vu leur débit annuel le plus faible augmenter significativement pendant la période de 1970 à 2005. Ces sites se trouvaient pour la plupart dans le nord de l'écozone⁺ de la Cordillère montagnarde, dans les écozones⁺ de la Cordillère boréale, de la taïga des plaines, de la taïga du Bouclier et de l'Arctique. Vingt-six pour cent des sites ont subi une réduction significative de leur débit minimal, plus particulièrement dans le sud de l'écozone⁺ maritime du Pacifique, dans le sud de l'écozone⁺ de la Cordillère montagnarde, ainsi que dans les écozones⁺ du Bouclier boréal, des plaines à forêts mixtes, maritime de l'Atlantique et du boréal à Terre-Neuve. Le débit minimal est survenu tardivement pour 16 % des sites, surtout ceux de l'est du Canada, de la région des Grands Lacs et du Nord. Il était hâtif pour 8 % des sites, notamment ceux du Sud et de la côte Ouest².

TENDANCES DU DÉBIT MINIMAL DES COURS D'EAU À DÉBIT NATUREL

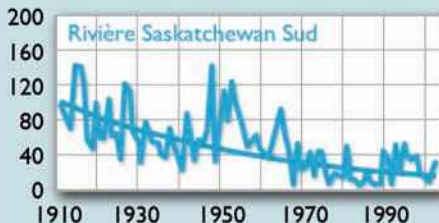
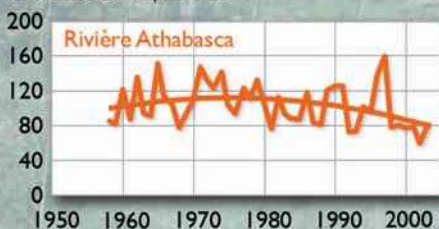
De 1970 à 2005



Source : Monk et al., 2010².

DÉBIT ESTIVAL DE QUATRE RIVIÈRES DES PROVINCES DES PRAIRIES

Pourcentage du débit enregistré au début de la période



Source : Schindler et Donahue, 2006⁴.

Le débit moyen des rivières des Prairies a diminué au cours des 50 à 100 dernières années, comme en témoignent les données suivantes :

- réduction de 20 % de 1958 à 2003 et de 33 % depuis 1970 pour la rivière Athabasca à Fort McMurray;
- réduction de 42 % de 1915 à 2003 pour la rivière de la Paix près de la ville de Peace River (Alberta);
- réduction de 57 % de 1912 à 2003 pour la rivière Oldman à Lethbridge (Alberta);
- réduction de 84 % de 1912 à 2003 pour la rivière Saskatchewan Sud à Saskatoon (Saskatchewan)⁴.

De telles réductions de débit peuvent affecter la biodiversité de multiples façons, notamment en réduisant la quantité d'habitats disponibles, en exposant les espèces aquatiques à des débits trop faibles pour elles, et en donnant lieu à un accroissement des températures de l'eau en été⁵.



dreamstime.com

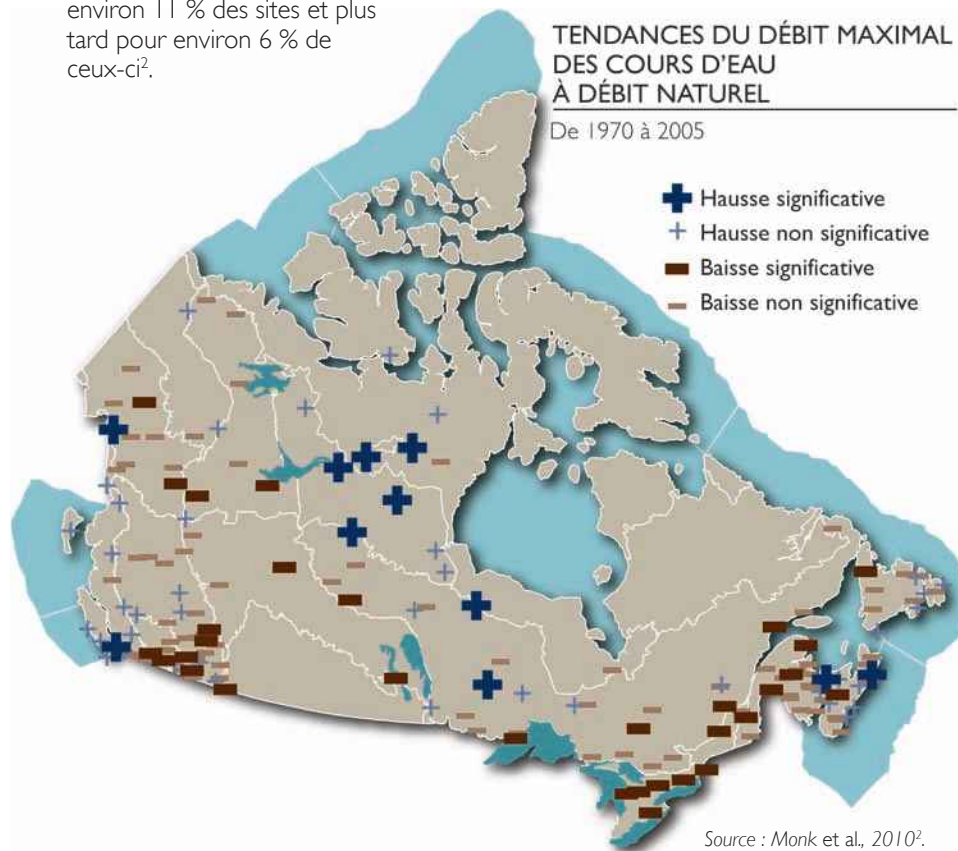
Rivière Oldman, Alberta

Le débit annuel maximal, ou crue printanière, survient généralement à la fin du printemps ou au début de l'été, et dépend de la fonte des neiges et des fortes pluies saisonnières. Une modification du débit maximal peut perturber les espèces dont le cycle de vie est synchronisé avec la crue printanière et l'apport d'aliments riches issus des plaines inondables.

Le débit maximal de 17 % des sites a chuté significativement. Ces sites couvrent la presque totalité des écozones⁺. Le débit maximal d'environ 6 % des sites a augmenté significativement, notamment dans l'écozone⁺ maritime de l'Atlantique. Le débit maximal est survenu plus tôt pour environ 11 % des sites et plus tard pour environ 6 % de ceux-ci².

TENDANCES DU DÉBIT MAXIMAL DES COURS D'EAU À DÉBIT NATUREL

De 1970 à 2005

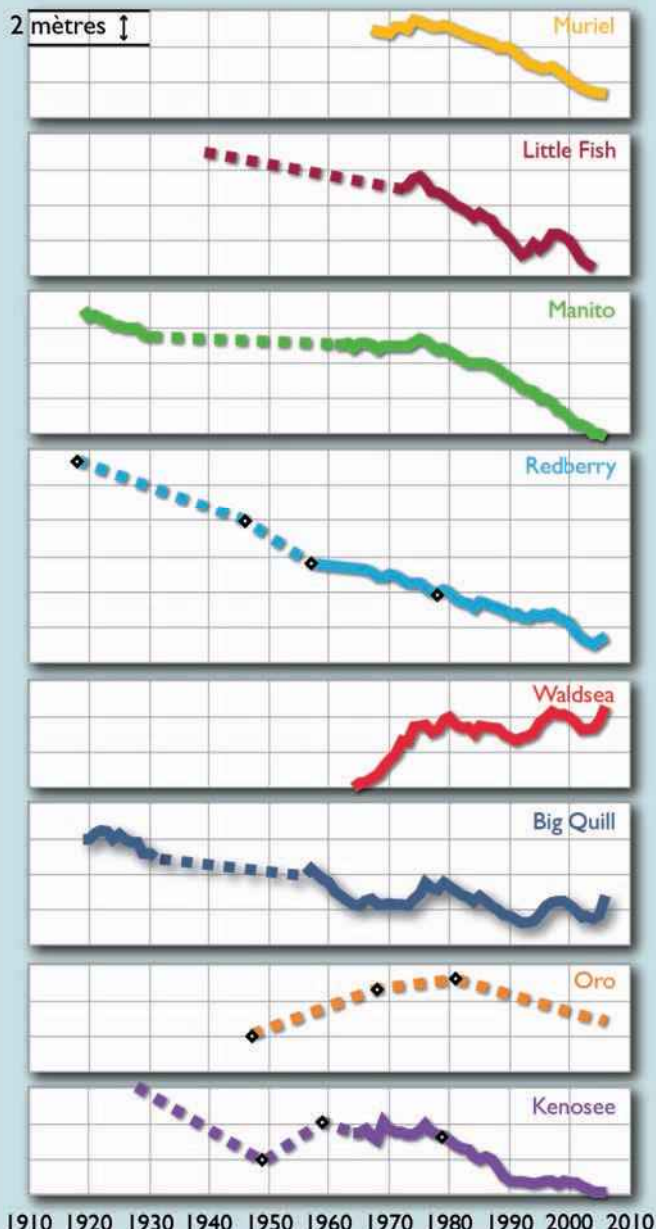


Source : Monk et al., 2010².

LACS ET COURS D'EAU

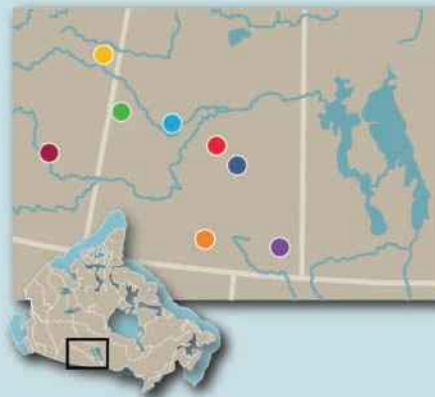
NIVEAU DE L'EAU DANS LES LACS EN BASSIN FERMÉ DES PRAIRIES

De 1910 à 2006



1910 1920 1930 1940 1950 1960 1970 1980 1990 2000 2010

◆ Données recueillies par photographies aériennes ou relevés



L'effet combiné de la glaciation et d'un climat aride a entraîné la formation de plusieurs lacs alcalins en bassin fermé dans les Prairies, dont le drainage de type endoréique occasionne très peu de ruissellement vers la mer. Ces lacs sont sensibles au climat : leur niveau d'eau et leur teneur en sel dépendent des précipitations directes, de l'apport du ruissellement local et de l'évaporation qu'ils subissent. Les communautés

aquatiques peuplant ces lacs en bassin fermé sont sensibles aux changements chimiques pouvant résulter du changement des niveaux d'eau. Par exemple, le niveau d'eau agit sur la salinité du lac, et la diversité des espèces aquatiques diminue lorsque la salinité augmente. Quand la salinité atteint des valeurs extrêmement élevées, la diversité des espèces chute considérablement⁷.

De 1910 à 2006, les niveaux d'eau de 16 lacs en bassin fermé représentatifs ont montré une tendance générale à la baisse de 4 à 10 mètres⁶. Les déclin peuvent s'expliquer en partie par les conditions climatiques, incluant une hausse des températures printanières entre 1950 et 2007⁸, entraînant vraisemblablement une évaporation accrue et une diminution du ruissellement⁹ vers les lacs. Toutefois, les conditions climatiques ne peuvent à elles seules expliquer ces déclin; par exemple, aucun changement significatif n'était évident dans les précipitations ou dans l'indice de sévérité de sécheresse pour la période de 1950 à 2007⁸. D'autres facteurs réduisent le ruissellement vers les lacs, entre autres, les changements d'utilisation des terres (barrages, fossés, drainage des milieux humides, mares artificielles) et les changements de pratiques ou d'utilisation agricoles (diminution de la jachère d'été¹⁰, augmentation du travail de conservation du sol et culture continue)⁶.



Exemple de lacs en bassin fermé dans le sud de la Saskatchewan

Source : Adapté de van der Kamp et al., 2008⁶.

MODIFICATION DE L'ÉCOULEMENT D'EAU DOUCE DANS L'OcéAN ARCTIQUE ET DANS L'ATLANTIQUE NORD

De 1964 à 2003



Remarque : Les triangles rouges indiquent une diminution du débit d'un cours d'eau. Les triangles verts indiquent une augmentation du débit. La dimension du triangle indique l'importance du changement.

Source : Adapté de Déry et Wood, 2005¹¹.



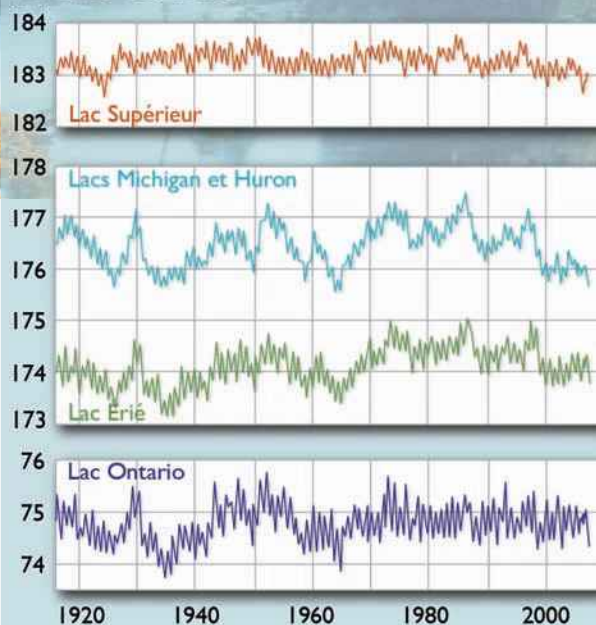
L'écoulement dans l'océan Arctique et dans l'Atlantique nord d'eau douce provenant des cours d'eau canadiens a diminué de 10 % au cours des 40 dernières années, ce qui a été attribué à une diminution des précipitations durant cette même période^{11, 12}. Malgré cela, il en ressort une augmentation de 5,3 % du débit fluvial vers l'océan Arctique. Cette hausse nette est attribuable à l'augmentation marquée du débit annuel des six premiers fleuves eurasiens en importance^{13, 14}. L'écoulement d'eau douce dans les mers du Nord peut influencer sur les processus océaniques, qui à leur tour influencent la dynamique des espèces marines.

Tendances mondiales

Plus de 99 % de l'eau douce de la planète est entreposée dans les glaciers, le pergélisol ou les neiges permanentes, ou est confinée dans des aquifères¹⁵. L'eau douce qui est accessible n'est pas distribuée également. On estime que, d'ici 2020, 40 % de la population mondiale vivra dans des régions pauvres en eau¹⁶.

PERTE DE VARIABILITÉ DES NIVEAUX D'EAU DANS LES GRANDS LACS

Mètres, de 1860 à 2005



Remarque : Le niveau des lacs en mètres est calculé en fonction du Système de référence international des Grands Lacs (SRIGL), 1985, qui est mis à jour tous les 25 à 30 ans pour tenir compte du mouvement de la croûte terrestre.

Source : Adapté de Environnement Canada et U.S. Environmental Protection Agency, 2009¹⁷.

Des communautés diverses et variées de plantes peuplant les zones humides côtières des Grands Lacs dépendent des grandes variations saisonnières et annuelles des niveaux d'eau survenant naturellement¹⁸ (par exemple, dans les lacs Huron et Michigan, qui ne sont pas régularisés). Les niveaux d'eau naturels dépendent des précipitations, de l'évaporation de surface du lac, du débit entrant provenant du lac d'amont et du débit sortant vers le lac d'aval.

Les niveaux d'eau dépendent aussi de la régularisation directe, ainsi que du dragage, des ouvrages de régularisation, des barrages, des canaux et des dérivations¹⁹. La régularisation des niveaux d'eau du lac Supérieur depuis 1914 et du lac Ontario depuis environ 1960 a réduit les variations de ces niveaux, ce qui s'est avéré néfaste pour les écosystèmes des milieux humides côtiers du lac Ontario, a réduit la diversité des espèces végétales et altéré la qualité des habitats de plusieurs animaux qui dépendent complètement ou partiellement de ces milieux humides pour se développer^{18, 20}. Tandis que les pénuries d'eau s'accroissent dans les régions du sud des États-Unis, les pressions exercées pour la dérivation des eaux des Grands Lacs entraîneront, si elles sont autorisées, des impacts supplémentaires sur la biodiversité.

ZONES CÔTIÈRES

CONSTATATION CLÉ 5. Les écosystèmes côtiers, par exemple les estuaires, les marais salés et les vasières, semblent sains dans les zones côtières moins développées, même s'il y a des exceptions. Dans les zones développées, l'étendue des écosystèmes côtiers diminue, et leur qualité se détériore en raison de la modification de l'habitat, de l'érosion et de l'élévation du niveau de la mer.

Les écosystèmes côtiers se situent à l'interface entre la terre et la mer. Ils englobent les zones intertidales, les estuaires, les marais salés, les vasières, les prés de zostères marines, les plages, les falaises, les rives et les dunes. Délimité à l'ouest, au nord et à l'est par l'océan, le Canada offre les plus grandes zones côtières maritimes mondiales, ce qui représente 29 % de l'ensemble des zones côtières de la planète¹. **Les écosystèmes côtiers jouent un rôle essentiel** en raison de la richesse de leur environnement. Au Canada, ils abritent une grande biodiversité marine et terrestre, y compris des membres de tous les groupes importants d'organismes marins, soit environ 1100 espèces de poissons et de nombreux mammifères marins, oiseaux, plantes et invertébrés².

Zones côtières aménagées Au Canada, comme dans d'autres régions du monde, la croissance démographique et l'aménagement des régions côtières entraînent une destruction et une dégradation continues des écosystèmes côtiers. Les infrastructures, les industries, les activités commerciales et l'installation des populations à proximité des côtes ont appauvri et dégradé les systèmes naturels, et les zones côtières sont devenues plus sensibles à l'érosion. Les milieux humides, y compris les marais salés et les habitats estuariens, ont souvent été gravement dégradés lors des premières phases d'aménagement des zones de population des côtes est et ouest du Canada. D'autres écosystèmes côtiers seront détruits à mesure que le niveau de la mer augmente, particulièrement dans les régions où les activités d'aménagement ne laissent qu'une étroite bordure d'habitat. Il existe des inventaires de l'étendue et de la sensibilité des écosystèmes côtiers³⁻⁵, mais peu de renseignements sur le rythme passé et actuel de destruction et de dégradation sont disponibles.

Zones côtières moins aménagées L'élévation du niveau de la mer et les modifications de la glace de mer sont des exemples de nouveaux facteurs de stress qui modifient les écosystèmes dans les zones côtières qui ne sont pas touchées de façon importante par l'aménagement. Par exemple, le long des côtes est, ouest et sud-ouest de Terre-Neuve, la combinaison de l'élévation du niveau de la mer et d'une modification des conditions de la glace d'hiver au large ainsi qu'une augmentation de l'utilisation des côtes pour la construction de résidences ou aux fins de tourisme ont accéléré de façon considérable l'érosion et la dégradation des dunes et des zones côtières⁶⁻⁹. Au Québec, les taux d'érosion mesurés dans l'estuaire moyen du golfe du Saint-Laurent entre 1990 et 2004 étaient supérieurs aux taux mesurés avant 1990. Ce phénomène a probablement été influencé par des processus liés au climat comme l'affouillement glaciaire et l'action des vagues¹⁰. L'érosion des zones sensibles des zones côtières de la mer de Beaufort pourrait également augmenter en raison du rétrécissement de la glace de mer, de la fonte de la glace souterraine et de la multiplication des tempêtes¹¹ comme ce phénomène est actuellement observé le long de la côte de la mer de Beaufort alaskienne¹².

Tendances mondiales

Environ 20 % de la surface terrestre mondiale est une zone côtière. D'après les estimations, près de 19 % des surfaces terrestres situées à 100 km des côtes (à l'exclusion de l'Antarctique) ont été converties en zones agricoles et urbaines. Les habitats côtiers importants, y compris les mangroves, les milieux humides, les prairies sous-marines et les récifs coralliens disparaissent rapidement^{13, 14}.

État et tendances

zones côtières les moins aménagées : en santé, mais sous pression



zones côtières aménagées : perte d'habitats et changements continus



données fiables pour certaines régions seulement

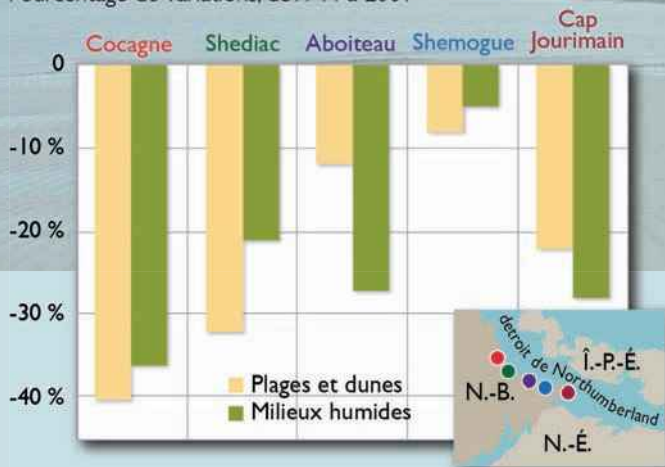


Milieux humides côtiers protégés du parc provincial Lord Selkirk, Île-du-Prince-Édouard

Il est estimé que jusqu'à 65 % des marais de la côte Atlantique ont été détruits depuis le 18^e siècle en raison de la construction de digues et du drainage pour l'agriculture, et plus récemment en raison de l'aménagement industriel et récréatif^{5, 16}.

DÉCLIN DES MILIEUX HUMIDES, DES PLAGES ET DES HABITATS DUNAIRES, CÔTE ATLANTIQUE

Pourcentage de variations, de 1944 à 2001

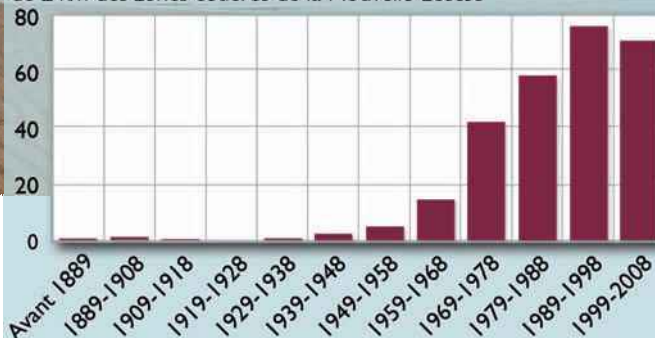


Source : Adapté de O'Carroll et al., 2006¹⁷ et Hanson et al., 2006¹⁸.

Les milieux humides côtiers, les plages et les habitats dunaires ont décliné dans cinq sites situés au sud-est du Nouveau-Brunswick entre 1944 et 2001. Les destructions totales sur chaque site s'étendaient sur une surface comprise entre 7 et 18 hectares pour les plages et les dunes, et entre 30 et 55 hectares pour les milieux humides. L'érosion, l'extraction de sable pour la production d'agrégats et le durcissement de l'estran à des fins d'aménagement ont contribué à ces destructions. Les plages et les dunes sont des habitats essentiels pour certaines espèces telles que les populations de Pluviers siffleurs de la côte Atlantique qui sont menacées de disparition. Leur nombre a diminué de 17 % entre 1991 et 2006, en raison, en partie, de la destruction et de la dégradation de leur habitat provoquées par l'accélération de l'aménagement côtier¹⁹⁻²¹.

AUGMENTATION DE L'AMÉNAGEMENT LE LONG DES CÔTES ATLANTIQUES

Nombre d'enregistrements fonciers (en milliers) à moins de 2 km des zones côtières de la Nouvelle-Écosse



Source : Adapté de CBCL Limited, 2009³, données de la base de données électronique des propriétés de la Nouvelle-Écosse (N.S. Property Online Database).

L'aménagement côtier, y compris la conversion des écosystèmes naturels en zones bâties, entraîne souvent une augmentation de la sensibilité à l'érosion et une détérioration de la qualité de l'eau côtière, et perturbe l'habitat faunique. En Nouvelle-Écosse, la population humaine le long des côtes a augmenté même si l'urbanisation grandissante a entraîné un déclin des populations dans de nombreuses régions rurales³. Dans les régions de Terre-Neuve où la densité de la population est plus élevée et où les zones côtières subissent des modifications depuis plus de 100 ans en raison de l'activité humaine²², différents types d'activités contribuent à faire augmenter le taux d'érosion⁹. Par exemple, le déferlement des vagues progresse à l'intérieur des terres en raison du compactage du sable par les véhicules tout terrain, ce qui entraîne une augmentation de l'érosion au-dessus de la ligne moyenne de marée haute²³.

ÉLÉVATION DU NIVEAU DE LA MER, TEMPÊTES ET ÉROSION CÔTIÈRE

Les répercussions de l'élévation du niveau de la mer et des tempêtes associées à ce phénomène sont susceptibles d'intensifier l'érosion le long de la côte de l'Atlantique^{3, 17, 24, 25}. Le niveau de l'eau par rapport à la surface terrestre dans six ports de la côte de l'Atlantique augmente actuellement de 22 à 32 cm par siècle, plus de la moitié de l'augmentation étant causée par des tassements de terrain³. (La surface terrestre de cette région est toujours touchée par la variation des charges de glace et d'eau découlant du recul des glaciers.) Le reste de l'augmentation, environ 12 cm par siècle à Charlottetown, reflète l'élévation mondiale et régionale du niveau de la mer. Ce taux devrait augmenter en raison des changements climatiques^{4, 26}. La côte Atlantique du Canada est particulièrement sensible aux dommages écologiques provoqués par l'élévation du niveau de la mer en raison de la prépondérance des basses terres telles que les marais salés, les cordons des zones côtières et les lagunes²⁷. Les répercussions de l'élévation du niveau de la mer sont aggravées par les effets des ondes de tempête qui sont plus nombreuses et plus intenses à cause de l'augmentation des tempêtes tropicales^{9, 28-31}.

ÉLÉVATION DU NIVEAU DE LA MER DANS LE PORT DE CHARLOTTETOWN

Hauteur en mètres au-dessus du niveau de référence sur la terre ferme, de 1911 à 2008

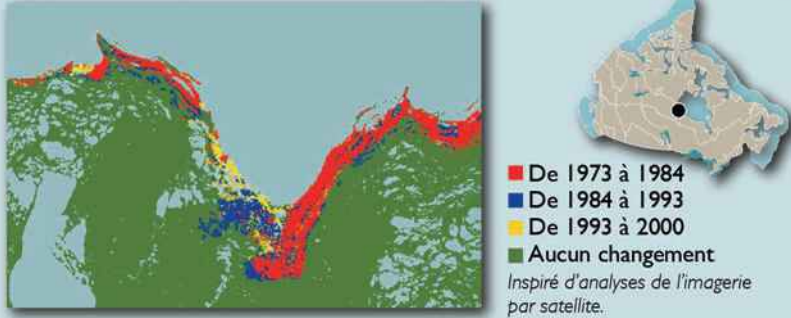


Source : Adapté du Service des données sur le milieu marin, 2008, dans CBCL Limited, 2009³.

ZONES CÔTIÈRES

DESTRUCTION DE LA VÉGÉTATION DES MARAIS SALÉS EN RAISON DU COMPORTEMENT ALIMENTAIRE DE L'OIE DES NEIGES, PLAINES HUDSONIENNES

Régions touchées par la destruction de la végétation, baie La Pérouse, Manitoba



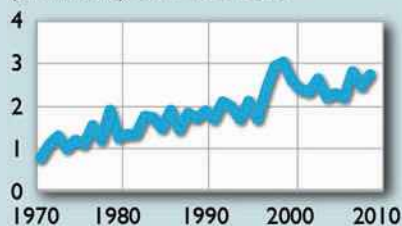
Source : Adapté de Jefferies et al., 2006³⁷.

Les marais salés des plaines hudsoniennes sont une exception en comparaison avec les conclusions générales mettant en évidence que les habitats côtiers sont sains dans les régions moins développées. Ces marais salés sont soumis aux facteurs de stress découlant de l'augmentation de la population des Petites Oies des neiges du centre du continent. La population d'oies augmente principalement en raison de l'influence des activités humaines à l'extérieur de la région, notamment l'augmentation des sources d'alimentation provenant des activités agricoles dans les aires d'hivernage aux États-Unis et le long des voies de migration, la diminution des prises et la création de refuges^{33, 34}.

L'alimentation intensive des Oies des neiges a entraîné la destruction de la végétation, des changements de composition des communautés végétales et l'exposition des sédiments (parfois même une érosion)^{32, 34, 35}. Par conséquent, de vastes surfaces de sédiments sont exposées et ne permettent plus le rétablissement des colonies puisque peu de plantes peuvent y germer ou s'établir dans les sédiments salins. Environ le tiers de la végétation des marais salés côtiers de l'écozone⁺ des plaines hudsoniennes a été détruit par les oies et une zone encore plus grande risque d'être fortement endommagée si ce comportement ravageur intense continue³⁶.

POPULATION DE PETITES OIES DES NEIGES DU CENTRE DU CONTINENT

(En millions) de 1970 à 2008



Source : Adapté du Comité sur la sauvagine du Service canadien de la faune, 2009³⁷.

32

DESTRUCTION DES MILIEUX HUMIDES INTERTIDIAUX DANS LE SUD-OUEST DE LA COLOMBIE-BRITANNIQUE

La destruction des milieux humides intertidaux en raison de l'aménagement urbain, agricole et industriel a connu un pic au début du 20^e siècle, mais ce phénomène persiste encore aujourd'hui en raison des pressions démographiques^{38, 39}. Environ 76 % de la population de la Colombie-Britannique vit dans les collectivités côtières, principalement dans le Lower Mainland et au sud-est de l'île de Vancouver⁴⁰. On s'attend à ce que la population des zones côtières de la Colombie-Britannique augmente de près d'un million de personnes d'ici 2025⁵.

On estime que 70 % des milieux humides intertidaux dans l'estuaire du fleuve Fraser et 32 % des principaux estuaires le long de la côte est de l'île de Vancouver ont disparu, principalement en raison de la construction de digues pour l'agriculture au début du 20^e siècle³⁹.

On compte plus de 440 estuaires dans l'écozone⁺ maritime du Pacifique, la plupart offrant une zone intertidale plutôt petite variant entre 1 et 10 hectares⁴¹. Le fleuve Fraser est le plus grand estuaire avec une réserve d'environ 21 000 hectares de milieux humides intertidaux. Bien que les estuaires représentent moins de 3 % de la côte⁴¹, environ 80 % de la faune côtière, y compris les oiseaux, les poissons, les mammifères et les invertébrés, utilise un habitat estuarien à une période de son cycle vital⁵. Les estuaires sont également essentiels aux écosystèmes terrestres et aquatiques en raison de leur rôle de filtration de l'eau et de leur intervention dans le cycle des nutriments⁴¹.



John Hayes
Bécasseaux d'Alaska, baie Boundary, C.-B.

La baie Boundary fait partie de l'estuaire du fleuve Fraser. Les grandes vasières (5000 ha)⁴² abritent les plus vastes populations migratrices connues de Bécasseaux d'Alaska et les plus vastes populations canadiennes en hivernage de Bécasseaux variables, de Pluviers argentés et de Grands Hérons⁴³.

Zone du Pacifique Sur la côte du Pacifique où les herbiers de zostères constituent des frayères pour le hareng et des aires de croissance pour le saumon, une partie du déclin peut être imputée à l'huître creuse du Pacifique, qui a été introduite pour l'ostréiculture et qui s'est répandue dans la nature. Les huîtres dégradent physiquement l'habitat et peuvent également être à l'origine d'accumulations de sulfures dans les sédiments. Le résultat net est qu'on ne trouve généralement pas de zostères du côté mer dans les bancs d'huîtres^{51, 52}. D'autres déclinés sont liés à l'aménagement des zones côtières, par exemple les zones d'entreposage de rondins et les ports⁴¹. Une espèce non indigène naine de zostère, qui pousse bien dans une couche plus élevée de la zone intertidale que la zostère indigène, s'est implantée dans certaines régions du sud de la Colombie-Britannique, ce qui a des conséquences écologiques variables. La colonisation des vasières par la zostère naine à Roberts Bank, dans l'estuaire du fleuve Fraser⁵³⁻⁵⁵, a forcé le déplacement des oiseaux de rivage migrateurs qui s'alimentent sur la fine couche de matières organiques recouvrant la vase⁵⁵.

Gabriolan.ca

Prés de zostères marines : un écosystème côtier en péril

Les prés de zostères marines sont parmi les écosystèmes les plus riches au monde⁴⁴ et les plus menacés de disparition⁴⁵. Cette végétation disparaît progressivement dans le monde et son statut est mixte et souvent incertain le long des côtes canadiennes. Les herbiers dont font partie les zostères marines ont décliné à un taux moyen annuel de 7 % dans le monde depuis 1990 alors que leur déclin annuel était inférieur à 1 % avant 1940⁴⁵. Les déclinés sont le plus souvent liés à des facteurs de stress comme l'eutrophisation et l'augmentation de la turbidité des eaux côtières, qui sont causées principalement par la croissance démographique sur les côtes. Cette analyse à l'échelle mondiale à partir de laquelle ces taux de déclin sont basés⁴⁵ n'inclut pas le Canada en raison du manque de données adéquates liées aux tendances.

Des déclinés régionaux très importants se sont produits dans le passé. Au début des années 1930, des milliers d'hectares de zostères ont disparu dans la partie est de l'Amérique du Nord⁴⁶, une disparition qui a été attribuée à une maladie débilitante de la zostère même si les conditions climatiques peuvent avoir eu un rôle à jouer⁴⁷.

La zostère marine, une plante marine à fleurs qui forme de grands lits subtidiaux sur le sable et la vase le long des zones côtières, emprisonne les matières particulaires et le plancton, et constitue un habitat pour les invertébrés, les poissons et les mammifères marins. La zostère marine est une ressource alimentaire essentielle pour les populations de sauvagines qui migrent et qui hibernent. Elle constitue également une zone d'alimentation pour les autres oiseaux⁴⁸⁻⁵⁰.

Baie James Les lits de zostères marines le long de la côte est de la baie James étaient parmi les plus grands d'Amérique du Nord et s'étendaient sur 250 km² avant leur rapide déclin vers 1998⁵⁶. Depuis ce déclin, les zostères marines ont manifesté des signes de rétablissement⁵⁷, mais ni la cause du déclin ni leur état actuel ne sont bien compris⁴⁸. Des explications relatives à leur déclin dans la baie James ont été émises, parmi lesquelles :

- une épidémie de la maladie débilitante de la zostère provoquée par une année de températures exceptionnellement élevées en été et en hiver ainsi que des modifications de l'habitat liées au soulèvement côtier et aux changements climatiques⁵⁷ ;
- un taux de croissance et de survie plus faible lié à la diminution de la salinité dans la baie

James provoquée par des déversements d'eau douce plus importants et plus fréquents provenant de la rivière La Grande (en raison des détournements)⁵⁰.

DÉCLIN DES ZOSTÈRES MARINES DANS LA BAIE JAMES



Remarque : Les échantillons ont été prélevés à six sites et à plusieurs profondeurs. Le graphique montre des résultats représentatifs à toutes les profondeurs pour cinq des six sites. Le sixième site n'affiche aucun changement. Aucune donnée pour 1992 et 1996-1998. Source : Adapté de Lalumière et Lemieux, 2005⁵⁷.

Côte de l'Atlantique et golfe du Saint-Laurent La compilation des résultats de plusieurs études menées principalement pendant une courte durée permet de dresser un constat de déclin général des zostères marines et d'identifier certains phénomènes de mortalité subite ainsi que des zones avec des tendances stables et en progression^{44, 49}. Un des facteurs de déclin sur la côte de l'Atlantique est la propagation des crabes européens envahissants qui peuvent déraciner les plantes de zostères marines⁵³. Voici certains résultats des études :

LIEU	ANNÉES	TENDANCES DES ZOSTÈRES MARINES
Baie Lobster, N.-É.	De 1978 à 2000	Pertes estimées à 30 % et 44 % dans deux zones ⁵⁸ .
4 passages de la Nouvelle-Écosse	De 1992 à 2002	Destruction de 80 % de la zone intertidale totale occupée par les zostères marines ⁵⁹ .
13 estuaires dans le sud du golfe du Saint-Laurent	De 2001 à 2002	Déclin de la biomasse de 40 % ⁶⁰ .
Port d'Antigonish, N.-É.	De 2000 à 2001	Déclin de la biomasse de 95 % suivi par un déclin de 50 % des oies et des canards se nourrissant des zostères marines ⁶¹ .
Terre-Neuve	Décennie précédente	Augmentation de l'abondance, d'après les connaissances locales, probablement en raison des températures plus douces et des changements de la glace de mer ⁴⁴ .
Golfe du Saint-Laurent au Québec	Différentes années	Élargissement de la répartition dans la péninsule de Manicouagan (1986-2004); généralement aussi en expansion ou stable dans d'autres zones ⁶² .

ZONES MARINES

CONSTATATION CLÉ 6. 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.

L'écosystème marin mondial couvre plus de 70 % de la surface de la Terre. Il s'agit d'un système complexe, en évolution constante, du fait du mouvement non seulement des éléments nutritifs, de l'oxygène dissous, du carbone et des masses d'eau, mais aussi des bactéries, des algues, des plantes et des animaux, d'une région à l'autre. Les millions d'espèces qui peuplent les océans, selon les estimations, vivent dans des habitats très divers, notamment en pleine mer, sur le plancher océanique, sur les crêtes des glaces de mer, dans les griffons hydrothermaux, dans les suintements froids, dans les communautés de coraux et d'éponges, sur les monts sous marins, dans les fosses océaniques et sur les plateaux continentaux¹.

La biodiversité marine est à la base des innombrables services écosystémiques fournis par les océans. Le plancton marin joue un rôle essentiel dans le cycle global du carbone, et la chasse des espèces marines procure des avantages socioéconomiques estimés à 21 billions de dollars par an dans le monde entier². La biodiversité marine est essentielle au fonctionnement des écosystèmes marins, à leur capacité à résister aux facteurs de stress, à leur capacité à se rétablir à la suite de perturbations et à leur capacité à procurer des avantages à la population humaine³. Le Canada, dont la compétence couvre 6,5 millions de kilomètres carrés d'eaux marines dans trois océans⁴, tire d'immenses avantages des océans.

Changements dans l'environnement physique

La température de la mer, la salinité, la configuration des vents et la circulation océanique ont des répercussions importantes sur la biodiversité marine. Par exemple, la composition des communautés de zooplancton et plusieurs tendances relatives aux poissons sont liées à des signes du réchauffement climatique à grande échelle dans l'océan Pacifique, tels l'oscillation australe El Niño et l'oscillation décennale du Pacifique⁵.

La température moyenne à la surface de la mer a augmenté dans plusieurs écozones⁺ :

- de 1978 à 2006, sur la côte nord, dans le détroit d'Hécate et sur la côte ouest de l'île de Vancouver; à la suite d'une période de 25 ans où l'eau de surface était plus froide, bien que les années 2007 et 2008 aient été plus froides que la moyenne;
- depuis les années 1970 dans la mer de Beaufort;
- depuis la fin des années 1970, dans l'archipel Arctique canadien, ainsi que dans la baie d'Hudson, la baie James et le bassin Foxe;
- depuis le début des années 1990, sur le plateau continental de Terre-Neuve et du Labrador;
- depuis les années 1980, dans le golfe du Saint-Laurent.

L'eau des océans est devenue plus douce (moins salée) au rythme suivant⁵ :

- depuis 1978, sur la côte nord et dans le détroit d'Hécate, après une période de 30 ans de salinité élevée;
- depuis les années 1970, dans la mer de Beaufort, en raison de la fonte de la glace de mer et de l'apport des eaux de l'océan Pacifique et des eaux de surface de l'océan Arctique.

État et tendances

rétablissement de certains mammifères marins



les poissons ne se rétablissent pas



données fiables, en particulier pour les espèces et les mammifères capturés



conséquences écosystémiques des changements climatiques sur les conditions et l'acidification des océans



TEMPÉRATURE DE LA MER, PLATEAUX DE TERRE-NEUVE ET DU LABRADOR

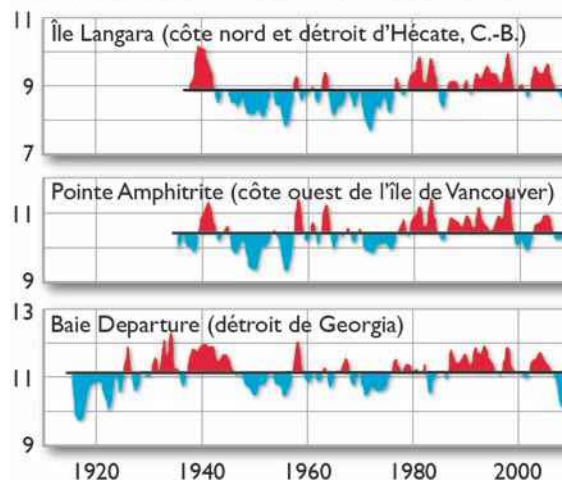
Température moyenne annuelle en °C, de 1950 à 2005



Source : Pêches et Océans Canada (MPO), 2007⁷.

TEMPÉRATURE DE LA MER, LA CÔTE DU PACIFIQUE

Température moyenne annuelle en °C, jusqu'en 2006



Remarque : La ligne horizontale représente la température moyenne de la période de référence, de 1961 à 1991.

Source : Adapté de Pêches et Océans Canada (MPO), 2010⁵.



iStock.com

Bâche, Tofino, C.-B.

ACIDIFICATION DES OCÉANS

Lorsque le dioxyde de carbone se dissout dans l'océan, il diminue le pH, rendant l'océan plus acide⁸. Depuis l'époque préindustrielle, l'acidité des océans a augmenté le pH d'environ 0,1. Cela peut sembler une faible augmentation, mais les effets biologiques des changements mineurs de l'acidité océanique peuvent être graves. Par exemple, un changement de 0,45 dans le pH par rapport à l'époque préindustrielle, tel que celui qu'annoncent les prévisions d'ici la fin du siècle, pourrait avoir des conséquences désastreuses pour les organismes marins qui se construisent un squelette ou une coquille en carbonate de calcium tels que les coraux, les mollusques (huîtres, moules, pétoncles), les crustacés (crabes, crevettes), les échinodermes (étoiles de mer) et de nombreuses espèces de plancton⁹. Les répercussions devraient se manifester tout d'abord dans les régions polaires¹⁰.

L'acidification des océans est déjà en cours dans quatre écozones⁴ marines : la côte ouest de l'île de Vancouver, la mer de Beaufort, l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent, le golfe du Maine et le plateau néo-écossais. Selon les prévisions, ce phénomène devrait se produire dans tous les océans et avoir de graves conséquences pour la biodiversité dès la fin du siècle⁵.



iStock.com

RARÉFACTION DE L'OXYGÈNE DANS LES EAUX MARINES

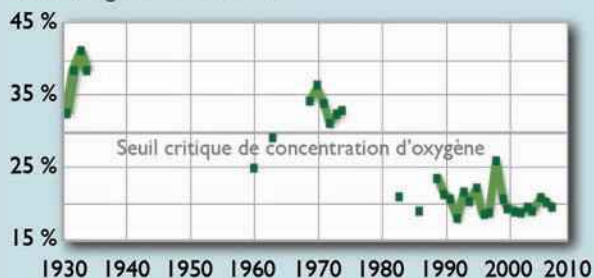
Des concentrations d'oxygène dangereusement basses ont été observées à certains sites d'échantillonnage dans le golfe et l'estuaire du Saint-Laurent et dans les trois écozones⁴ du Pacifique. Dans l'estuaire du Saint-Laurent, des conditions de faible teneur en oxygène ont été observées depuis 1984⁵.

Les diminutions de la concentration d'oxygène dans la mer sont causées par un certain nombre de facteurs, notamment les changements des modes de circulation océanique, l'apport en eau douce, le réchauffement des températures et l'augmentation de matières organiques sur le plancher océanique. Ces dernières peuvent être dues à une hausse de la production primaire à la surface et aux activités humaines¹¹.

Les effets observés de la faible teneur en oxygène sur la biodiversité dans les eaux canadiennes comprennent la diminution et la mortalité des populations d'animaux des grandes profondeurs et la modification des réseaux trophiques⁵. Des répercussions ont également été observées à l'échelle mondiale comme la mortalité de poissons et de crabes¹², la prévalence accrue des efflorescences de méduses¹³, les changements dans les voies biochimiques marines qui favorisent certaines espèces par rapport à d'autres¹¹, la création d'obstacles à la dispersion des larves de poissons et de crustacés, qui tolèrent moins bien la faible teneur en oxygène que les adultes¹¹, et la modification des réseaux trophiques¹¹.

OXYGÈNE DISSOUS DANS L'ESTUAIRE DU SAINT-LAURENT

Pourcentage, de 1930 à 2008



Source : Adapté de Dufour et al., 2010¹⁴.

Tendances mondiales



Les zones à faible teneur en oxygène, où les espèces océaniques ne peuvent pas vivre, ont augmenté, à l'échelle mondiale, de près de 5,2 millions de kilomètres carrés depuis les années 1960¹¹.

ZONES MARINES

Réseaux trophiques marins

Le plancton est constitué de plantes et d'animaux en suspension dans l'eau, qui se déplacent passivement au gré des courants océaniques. Certaines espèces peuvent atteindre des densités très élevées (jusqu'à 20 millions de cellules par litre) sur des zones très étendues (des milliers de kilomètres carrés), et leurs efflorescences peuvent être observées par satellite. Les plantes, bactéries et algues planctoniques (phytoplancton) constituent la base du réseau trophique marin. Les animaux planctoniques (zooplancton) établissent un lien essentiel entre le phytoplancton dont ils se nourrissent, et les poissons, oiseaux de mer et autres espèces marines, qui les mangent à leur tour².



Tendances mondiales

Au cours des cinquante dernières années, on a observé, dans le monde entier, une diminution de la taille des efflorescences de phytoplancton, un changement dans la composition des espèces et une apparition plus précoce de ces efflorescences².

CHANGEMENT SAISONNIER DES EFFLORESCENCES DE ZOOPLANCTON, DÉTROIT DE GEORGIA

Date d'efflorescence maximale



Source : Adapté de Pêches et Océans Canada (MPO), 2010⁵.



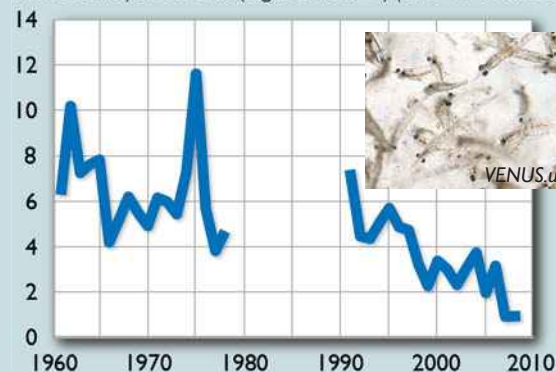
Harengs dans la baie Saanich Inlet, prédateurs du zooplancton

La date et la durée de l'efflorescence maximale de zooplancton ont changé au cours des quarante dernières années dans toutes les écozones⁴ marines du Pacifique et de l'Atlantique. Par exemple, l'abondance maximale de *Neocalanus*, l'espèce de zooplancton dominante dans le détroit de Georgia, s'est produite environ 50 jours plus tôt dans les années 2000 que dans les années 1960 à 1970. Cela a créé un décalage entre les petits poissons et le zooplancton qui constitue leur proie. Les jeunes saumons qui entrent dans le détroit au début de la saison, tels que le saumon kéta, le saumon rose et le saumon rouge, ont profité de ce changement, tandis que les espèces qui arrivent tard dans la saison, notamment le saumon chinook et le saumon coho, ont vu leur population diminuer¹⁵. *Neocalanus* a également fortement décliné depuis 2001, et cette diminution en abondance pourrait s'accélérer et nuire aux espèces qui en ont besoin pour se nourrir¹⁵.

Les efflorescences de phytoplancton au printemps commencent plus tôt, sont plus intenses et durent plus longtemps sur le plateau néo-écossais que dans les années 1960 et 1970¹⁶.

DÉCLIN DU KRILL DANS L'OUEST DE L'ATLANTIQUE NORD ET SUR LE PLATEAU NÉO-ÉCOSSAIS

Nombre moyen de krills (logarithme x+1) par 3 m³ d'eau de mer filtrée, 1961 à 2008



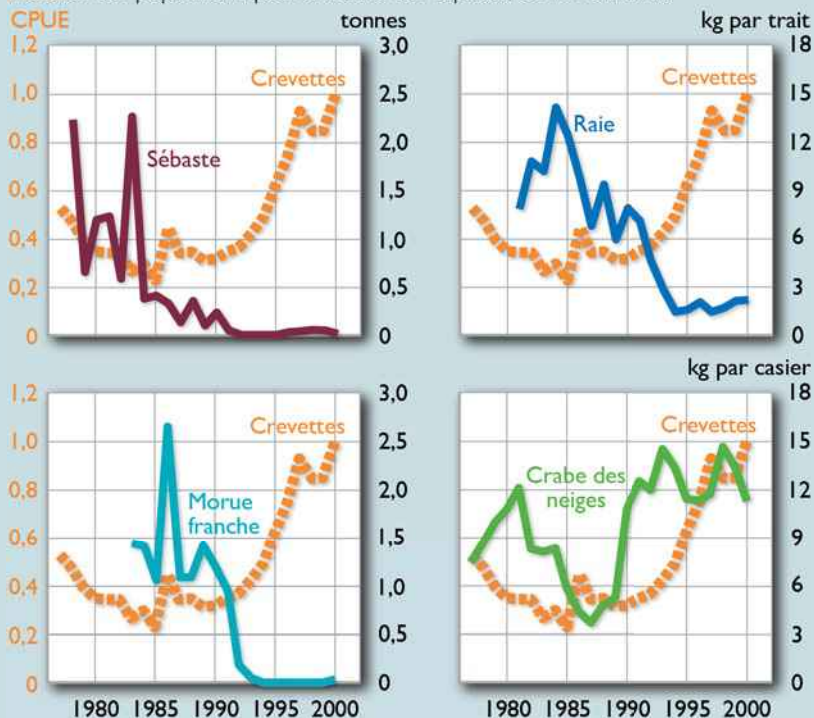
Remarque : Aucune donnée disponible pour 1979 à 1990.

Source : Adapté de Johns, 2010¹⁷.

Plusieurs espèces de zooplancton qui jouent un rôle jugé essentiel dans le réseau trophique marin sont en déclin. Les euphausiacés, également appelés krill, dans l'ouest de l'Atlantique Nord et sur le plateau néo-écossais, se nourrissent de phytoplancton aux plus jeunes stades et constituent la proie des jeunes poissons de fond, des espèces de poissons pélagiques et des cétacés à fanons. Leur abondance a diminué entre les années 1960 à 1970 et les années 1990 à 2008¹⁸.

TENDANCES DES POPULATIONS DE CREVETTES NORDIQUES ET DE QUATRE DE LEURS PRÉDATEURS

Mesures des populations pour chacune des espèces, de 1976 à 2000



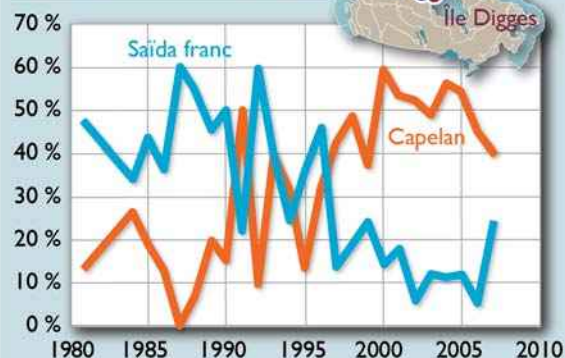
Remarque : Les mesures sont exprimées en captures par unité d'effort (CPUE) pour les crevettes, en millions de tonnes pour la morue et le sébaste, et en kilogrammes par trait pour la raie et le crabe des neiges.

Source : Adapté de Pêches et Océans Canada (MPO), 2010⁵.

Sur les plateaux continental de Terre-Neuve et du Labrador, dans les années 1990, une diminution de l'abondance des poissons de fond s'est accompagnée d'une hausse spectaculaire des populations d'invertébrés tels que les crevettes et les crabes. Une combinaison de plusieurs facteurs a probablement entraîné ces changements dans le réseau trophique marin, notamment la pêche excessive des poissons de fond, le changement des températures de l'eau et la baisse du taux de prédation des invertébrés. En réponse à ce phénomène, la pêche commerciale est passée des poissons de fond à des espèces situées à des échelons inférieurs dans le réseau trophique, comme la crevette, le crabe des neiges et, plus récemment, l'holothurie, le buccin et la myxine. L'évolution de la pêche d'un échelon trophique supérieur à un échelon inférieur est un phénomène mondial souvent désigné par l'expression « pêche des espèces aux échelons inférieurs de la chaîne alimentaire »⁵.

Un changement équivalent dans la structure de l'écosystème s'est produit dans l'écozone⁺ du golfe du Maine et sur le plateau néo-écossais, ainsi que dans le golfe et l'estuaire du Saint-Laurent, entre 1985 et 1990. Cette transition se traduit par une diminution des populations de poissons de fond et de zooplancton et par une augmentation, en parallèle, des populations de phoques, de petits poissons pélagiques et d'invertébrés. Un moratoire sur la pêche commerciale du poisson de fond a été mis en application dans le golfe du Maine et sur le plateau néo-écossais en 1993, mais n'a permis qu'un rétablissement limité de certaines espèces de poisson de fond⁵.

RÉGIME ALIMENTAIRE DU GUILLEMOT DE BRÜNNICH AUX ÎLES COATS ET DIGGES



Source : Adapté de Gaston et al., 2009¹⁹.

Dans la baie d'Hudson et la baie James, le petit saïda franc (*Boreogadus salida*) est reconnu comme une espèce clé qui joue un rôle central dans la dynamique du réseau trophique. Le saïda franc constitue un élément majeur du régime alimentaire des oiseaux de mer et des mammifères marins tels que les phoques annelés et les bélugas, même s'il ne semble pas être l'aliment unique d'aucune de ces espèces²⁰. Les populations du saïda franc peuvent être extrêmement abondantes : des densités de 11 kg/m² de saïda ont été signalées dans la baie Franklin englacée (mer de Beaufort)²¹.

Le principal aliment des oisillons de Guillemots de Brünnich dans les îles Coats et Digges est passé du saïda franc au capelan au milieu des années 1990. Cette transition reflète un changement dans l'abondance relative du saïda franc et du capelan. À mesure que l'étendue et la durée des glaces de mer déclinent, l'abondance du saïda franc, qui est une espèce associée aux glaces de mer, diminue tandis que les populations de capelan, qui préfèrent les eaux plus chaudes, augmentent¹⁹. Contrairement à la baie d'Hudson, le capelan diminue en pourcentage du régime des guillemots sur les plateaux continentaux de Terre-Neuve et du Labrador¹⁹, où l'abondance et la taille des capelans ont diminué²².



Garry Donaldson

Guillemot de Brünnich

ZONES MARINES

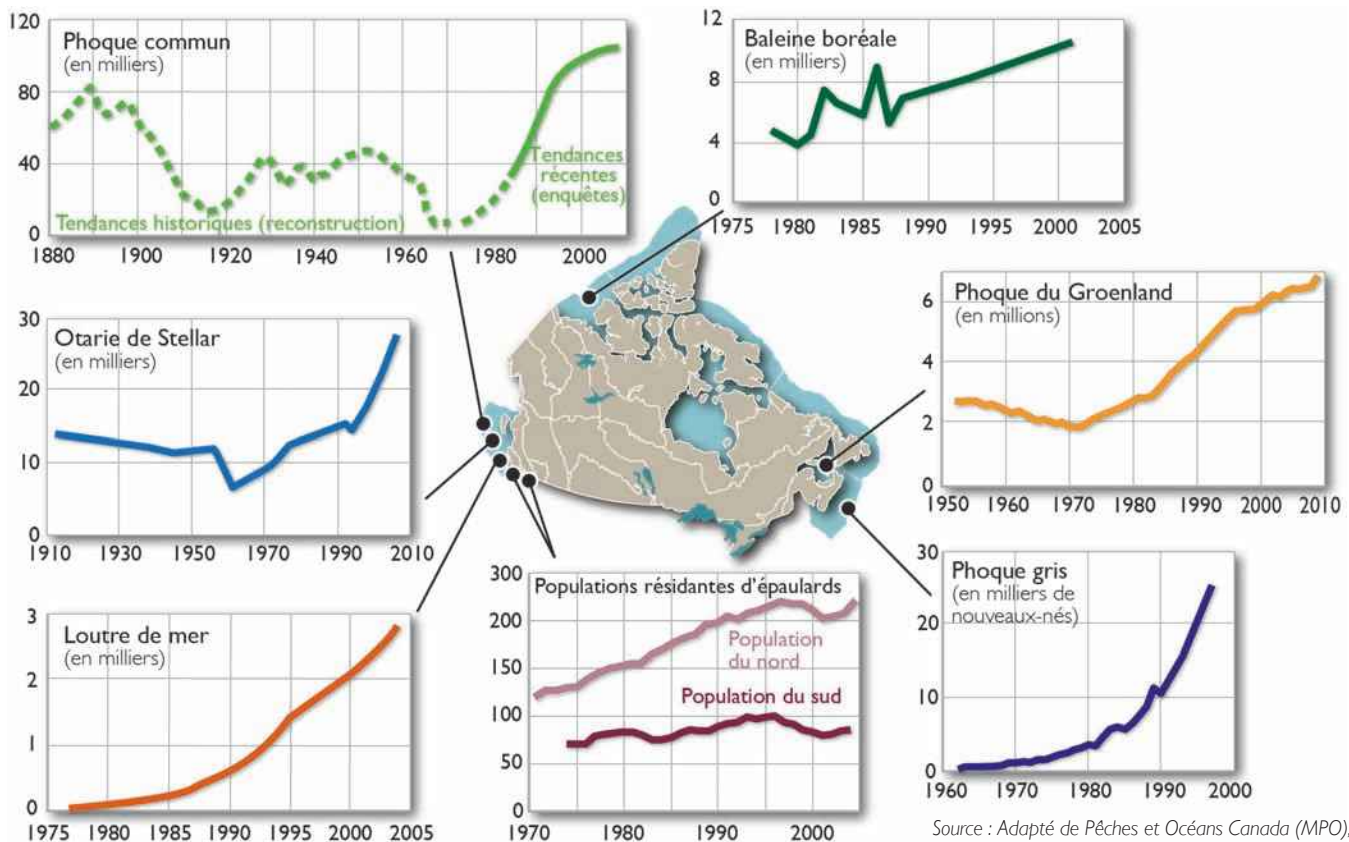
Mammifères marins

Les mammifères marins peuvent jouer un rôle dans la structuration des écosystèmes marins en tant que prédateurs d'un échelon trophique supérieur (p. ex., épaulards, bélugas), animaux piscivores (p. ex., otaries, phoques) ou animaux se nourrissant sur le fond (p. ex., loutres de mer, baleines boréales, baleines grises). Toutefois, les effets des mammifères marins sur le fonctionnement des écosystèmes marins sont mal compris. Certains mammifères marins, comme les loutres de mer, sont connus pour être des espèces clés, puisque leur retrait entraîne un changement marqué dans les écosystèmes. Les loutres de mer se nourrissent d'oursins qui, en l'absence de prédation par les loutres de mer, font une consommation excessive de varech.

Plusieurs populations de mammifères marins sont en train de se rétablir à la suite de la surexploitation du passé, notamment dans le cas des phoques gris sur le plateau néo-écossais et dans le golfe du Saint-Laurent²³, les phoques du Groenland dans le golfe du Maine et le plateau néo-écossais²⁴, les baleines boréales de l'Arctique de l'Ouest dans la mer de Beaufort²⁵, les otaries en Colombie-Britannique et en Alaska²⁶, les loutres de mer⁵ et le phoque commun du Pacifique²⁷. Les populations résidentes d'épaulards au large des côtes de l'île de Vancouver se sont également rétablies de la surexploitation du passé, mais ont commencé à diminuer au cours des dernières années, probablement en raison de la diminution des populations de saumon chinook, qui constituent une importante source d'alimentation²⁸.



John Ford, Pêches et Océans Canada
Épaulards, côte ouest de l'île de Vancouver, C.-B.

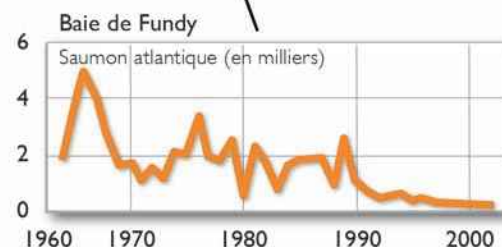
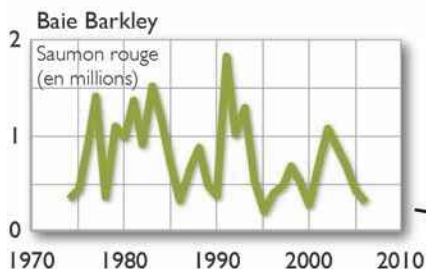
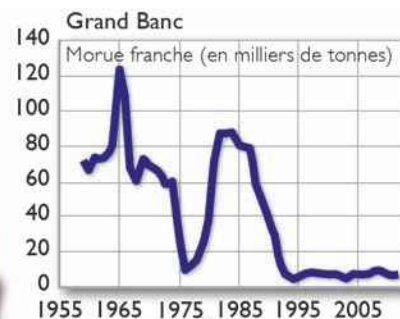
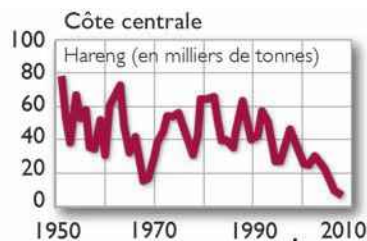


Source : Adapté de Pêches et Océans Canada (MPO), 2010⁵.
Références principales indiquées dans le texte.

Pêcheries marines

Plusieurs stocks de poissons ont diminué dans les océans Atlantique et Pacifique, ainsi que dans la baie d'Hudson, dans la baie James et dans le bassin Foxe, en raison de la surexploitation combinée à d'autres facteurs de stress, notamment la hausse de la température, la baisse de la salinité et l'augmentation de l'acidité. Les diminutions de stocks concernent les poissons de fond (p. ex., morue franche, morue du Pacifique, morue-lingue, sébaste), les poissons pélagiques (p. ex., hareng, capelan) et les poissons anadromes (p. ex., saumon coho, saumon chinook, saumon atlantique, omble chevalier)⁵. Les mesures de gestion conçues pour renverser la tendance à la baisse des pêcheries à long terme ont échoué pour la plupart. Selon les pêcheries, la reprise a été ralentie par des changements du régime océanographique à grande échelle, la perte de frayères et d'aires d'alevinage et les contaminants⁵.

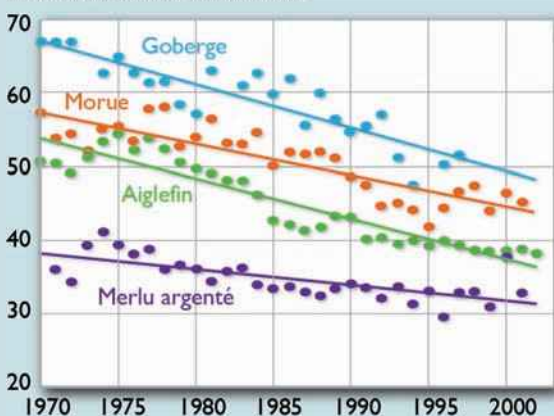
Cependant, les pêcheries ne sont pas toutes en déclin. Par exemple, les populations de turbot, de morue charbonnière et de sardine du Pacifique sont toutes à la hausse dans l'écozone⁺ de la côte ouest de l'île de Vancouver; de même, les populations de saumon rose et de saumon kéta augmentent dans le détroit de Georgia⁵.



Sources : Adapté de Pêches et Océans Canada (MPO), 2010⁵, Johannessen et McCarter, 2010¹⁵, et Worcester et Parker, 2010¹⁶.

LONGUEUR DES POISSONS À L'ÂGE DE CINQ ANS SUR LE PLATEAU NÉO-ÉCOSSAIS

En centimètres, de 1970 à 2002



Source : Adapté de Citations dans Pêches et Océans Canada, 2010⁵.

La taille des poissons est un facteur déterminant important pour le succès de la reproduction. Depuis les années 1970, plusieurs espèces sont devenues de plus en plus petites, notamment le hareng du Pacifique dans le détroit de Georgia et cinq espèces de poissons de fond sur le plateau néo-écossais. La diminution de la taille des poissons est un facteur qui entrave le rétablissement de certaines pêcheries⁵.



Tendances mondiales

Plus de 30 % des stocks de poissons sont surexploités, exploités à plein régime ou décimés²⁹.

LA GLACE DANS L'ENSEMBLE DES BIOMES

CONSTATATION CLÉ 7. 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 glace est une caractéristique des écosystèmes du Canada. En effet, presque la moitié du pays est composée de pergélisol (sol gelé), la glace de mer de l'Arctique (de plus en plus saisonnière) s'étend dans le Nord et le long de certaines parties de la côte Est, et la plupart des lacs canadiens et de nombreux fleuves sont gelés à certaines saisons. En dehors des immenses inlandsis de l'Antarctique et du Groenland, le Canada possède les plus grandes superficies de glaciers au monde (200 000 km² dont 75 % se situent dans l'archipel Arctique canadien)¹.

Les écosystèmes de glace sont importants puisqu'ils constituent des habitats essentiels pour les espèces adaptées à la vie dans cet environnement, en dessous ou au-dessus de la couche de glace, des minuscules organismes unicellulaires qui vivent dans le réseau de pores et de canaux à l'intérieur de la glace jusqu'aux ours blancs. La glace de mer régularise la circulation de l'océan et la température de l'air. La période et la durée de la couverture de glace sur les fleuves, les lacs et la mer ont des répercussions importantes sur les types de communautés végétales et animales que ces plans d'eau abritent. Les glaciers accumulent de l'eau douce qui est déversée dans les plus grands fleuves du Canada. Le pergélisol accumule du carbone et a une influence sur la structure du paysage ainsi que sur le stockage et la circulation de l'eau.

Tendances mondiales

Dans le monde entier, le volume de glace est en déclin depuis les dernières décennies. La masse des glaciers diminue et certains ont disparu. Les glaciers, y compris les glaciers de montagne qui alimentent de grandes rivières en Chine et en Inde, diminuent et certains ont disparu. L'étendue des glaces de mer de l'Arctique est en baisse depuis 1979. Les glaces de mer de l'Antarctique, bien qu'elles manifestent des changements dans certaines régions, ne montrent pas de tendances générales importantes. Les températures du pergélisol ont augmenté au cours des 20 à 30 dernières années dans la plupart des parties de l'hémisphère Nord^{2, 3}.

État et tendances

disparition rapide de la glace et du pergélisol dans les biomes



données limitées pour certains types de glace et de pergélisol, mais tendances claires



conséquences écosystémiques de la disparition de la glace



CHANGEMENTS DANS L'ÉTENDUE DE LA GLACE DE MER DANS L'HÉMISPHERE NORD

Étendue (en millions km²), de 1979 à 2010



Source : Données tirées de Fetterer et al., 2010⁴

L'étendue moyenne de la glace de mer en septembre (le mois auquel la couverture de glace est la moins importante), a diminué dans l'hémisphère Nord de 11,5 % par décennie depuis le début des mesures satellitaires, soit en 1979^{4, 5}. L'étendue moyenne de la glace est en déclin pour toutes les saisons au cours de cette période⁵. La glace fond plus tôt dans l'année⁶ et son âge et sa distribution changent. La glace de plusieurs années disparaît, ce qui signifie qu'une plus grande proportion de glace est plus jeune, plus mince et plus sujette à une débâcle rapide^{7, 8}.

Ces changements de la glace de mer varient d'une région à l'autre. Dans l'archipel Arctique canadien, l'étendue de la glace en septembre a chuté de 9 % par décennie, de 1979 à 2008, les taux de diminution variaient toutefois d'environ 2 à 25 % parmi les différentes sous-régions⁷. Dans la baie d'Hudson, la glace en été (de juillet à septembre) a diminué de près de 20 % par décennie de 1979 à 2006⁵. Dans les plateaux continentaux de Terre-Neuve-et-Labrador, l'étendue de la glace a diminué à toutes les saisons de 1979 à 2006, malgré une période de couverture de glace plus importante au cours des années 1990⁵. Le golfe du Saint-Laurent, n'ayant pas de glace pendant l'été, a subi des changements moins importants⁵.



DÉTÉRIORATION DE L'ÉTAT CORPOREL DE L'OURS BLANC DANS LE SUD DE LA BAIE D'HUDSON

Indice moyen d'état corporel



Source : Adapté de Obbard et al., 2006²¹



Glace de mer

La perte de la glace de mer a des conséquences écologiques majeures en matière de biodiversité. Les eaux libres ont une plus faible réflectivité que la glace et une plus forte capacité de rétention de la chaleur, ce qui augmente la couverture de brume et diminue l'exposition au soleil des communautés végétales et animales proches du littoral. La diminution de la glace de mer peut exposer les littoraux aux vagues et aux tempêtes entraînant une augmentation de l'érosion des côtes comme on l'a observé le long de la côte de la mer de Beaufort^{9, 10}.

Certaines espèces telles que les phoques, les ours blancs¹¹, les renards arctiques¹² et une partie des hardes de caribous¹³, dont la glace constitue un habitat où ils s'alimentent, se reproduisent ou se déplacent, sont profondément touchées par les changements dans la répartition et l'étendue des glaces de mer. Certains oiseaux de mer et goélands (p. ex., les populations de Mouettes blanches qui ont diminué de façon considérable depuis les années 1980) survivent le long des habitats situés en bordure des glaces^{14, 15}. Un lien a été établi entre les débâcles précoces et les modifications de la dynamique trophique de certaines associations d'espèces (p. ex., la diminution de l'abondance de la morue polaire associée à l'augmentation des proies de capelan)¹⁶. Un lien a également été établi entre les débâcles précoces et une reproduction plus précoce d'oiseaux de mer tels que le Guillemot de Brünnich (ou Marmette de Brünnich) et le Goéland bourgmestre¹⁷⁻¹⁹.

L'augmentation prévue de la navigation dans les eaux sans glace de l'Arctique constitue un nouveau problème pour la biodiversité marine de l'Arctique. En effet, les biotes et écosystèmes marins sensibles seront exposés aux risques liés aux espèces envahissantes rejetées dans les eaux de ballast, à l'augmentation du bruit et du contact avec les navires, et aux déversements de pétrole^{11, 20}.

Quelque 4000 ours blancs, soit environ 20 % de la population totale dans le monde, sont répartis sur les glaces de mer des baies d'Hudson et James durant l'hiver, se nourrissant principalement de phoques²². Chaque été, lorsque les glaces de ces baies fondent complètement, les ours se déplacent sur le rivage où ils passeront jusqu'à cinq mois (huit mois pour les femelles en gestation) avant que la glace de mer réapparaisse.²³ Les périodes annuelles sans glace se sont prolongées de près de trois semaines depuis le milieu des années 1970²⁴. Ce phénomène a entraîné la réduction de la période de temps que les ours blancs passaient sur la glace pour se nourrir de phoques et pour emmagasiner des graisses pour l'été.

La sous-population d'ours blancs du sud de la baie d'Hudson montre une diminution significative de l'état corporel²¹ des ours ainsi qu'une réduction du taux de survie pour toutes les classes d'âge et de sexe²⁵. Ensemble, ces observations laissent entendre que cette sous-population, qui a été stable depuis le milieu des années 1980 jusqu'à au moins de 2003 à 2005, pourrait décroître dans l'avenir²⁵. La sous-population adjacente d'ours blancs de l'ouest de la baie d'Hudson a déjà diminué d'environ 1194 ours en 1987, à 935 en 2004, soit une baisse de 22 %²⁶. Parallèlement à ce déclin de population, on a noté des indications d'une baisse de l'état corporel et du taux de survie pour certaines classes d'âge^{26, 27}. Les répercussions documentées sur les ours blancs dans la baie d'Hudson ne se manifestent pas encore dans toute l'aire de répartition de l'ours blanc, bien que les diminutions de la glace de mer autour de l'Arctique circumpolaire pourraient s'accompagner éventuellement de changements funestes. Les tendances actuelles des ours blancs sont variables; certaines sous-populations sont stables, d'autres augmentent, tandis qu'il y a d'autres tendances qui ne sont pas connues²⁸.

LA GLACE DANS L'ENSEMBLE DES BIOMES

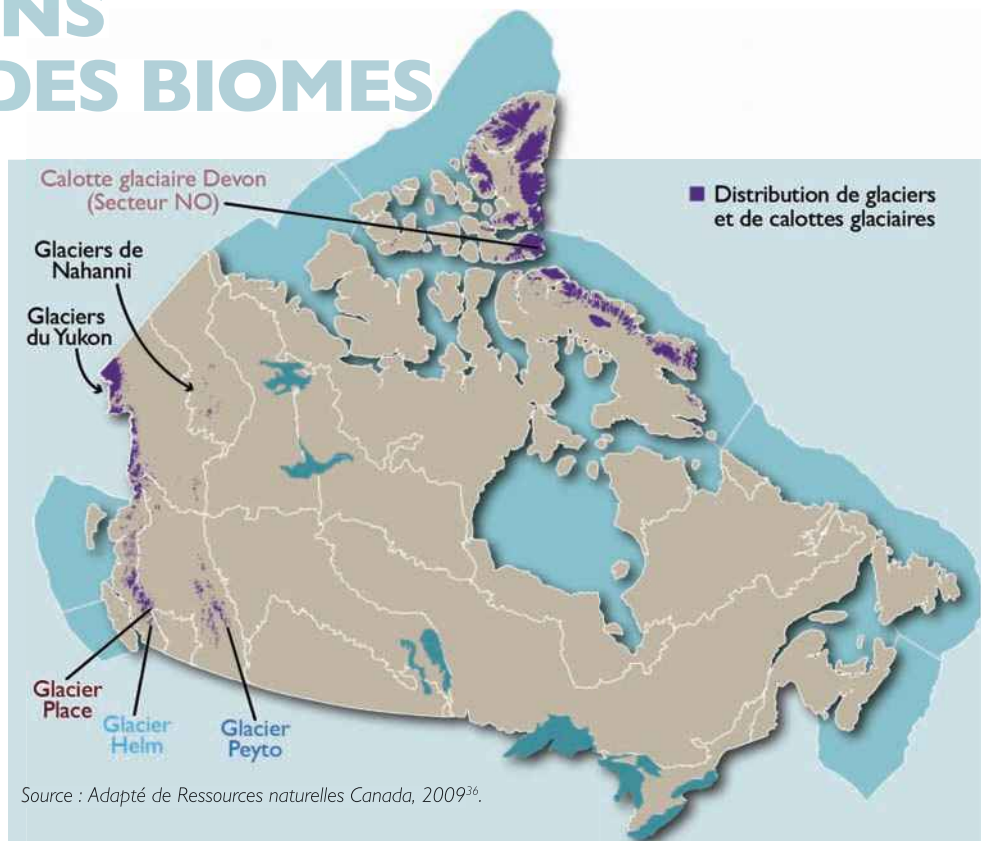
Glaciers

Les glaciers de montagne situés dans le sud-ouest du Canada (comprenant les glaciers Peyto, Place et Helm) présentent une accélération de pertes de glace à partir du milieu des années 1970, alors que les glaciers de l'Arctique (comprenant la calotte glaciaire de Devon) ont commencé à montrer une augmentation de la perte de glace environ 20 ans plus tard²⁹. L'ampleur de la perte s'est avérée beaucoup plus importante pour les glaciers de montagne que pour les calottes glaciaires et les glaciers de l'Arctique bien plus froids et massifs. Les glaciers ont également diminué de taille dans le nord-ouest du Canada et dans les écozones* de la Cordillère boréale et de la taïga de la Cordillère, présentant des pertes de 22 % pour le Yukon³⁰ (de 1958-1960 à 2006-2008) et de 30 % pour la région de Nahanni³¹ (de 1982 à 2008). Dans ces deux régions, de nombreux glaciers de plus petite taille et situés à basse altitude ont entièrement fondu.

Les glaciers de montagne de l'ouest du Canada s'écoulent dans les réseaux fluviaux³², ce qui régularise le débit fluvial estival et a une incidence sur les caractéristiques des écosystèmes telles que la température de l'eau et la composition chimique qui influent sur la vie aquatique. L'influence des glaciers est particulièrement importante pour les espèces adaptées au froid telles que les salmonidés³³⁻³⁵.



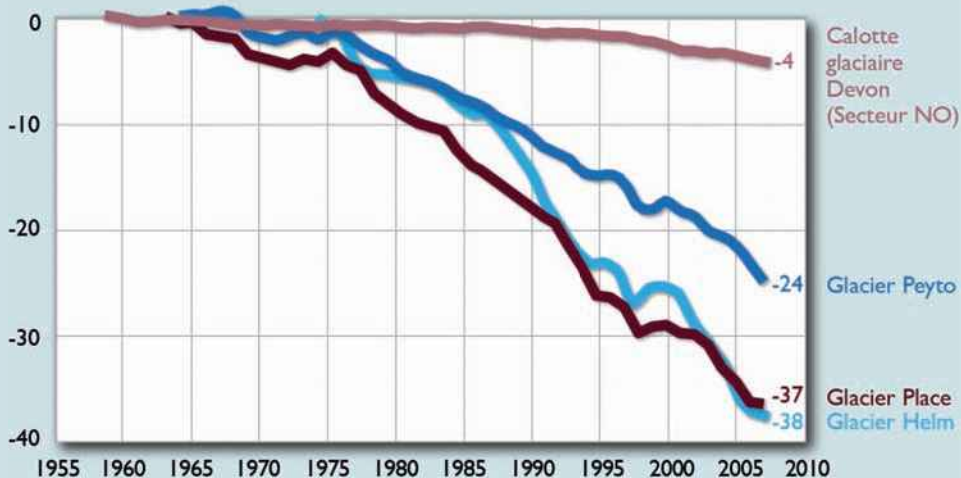
Glacier Angel, parc national Jasper



Source : Adapté de Ressources naturelles Canada, 2009³⁶.

PERTE CUMULATIVE DE L'ÉPAISSEUR DE LA GLACE DE TROIS GLACIERS DE MONTAGNE ET D'UNE CALOTTE GLACIAIRE ARCTIQUE

Équivalent d'eau en mètres, de 1959 à 2007

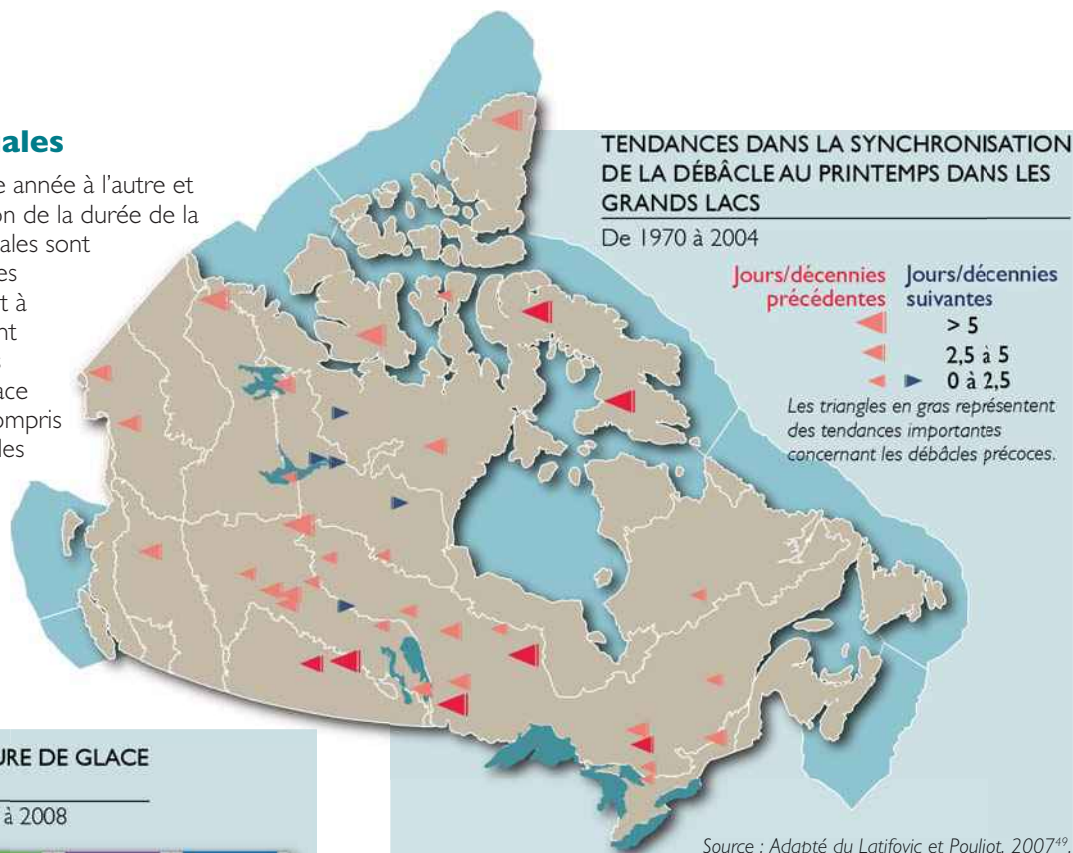


Remarque : Les nombres se trouvant à la fin de chaque ligne représentent la réduction totale de l'épaisseur pour chaque masse glaciaire.

Sources : Burgess et Koerner, 2009³⁷ et Demuth et al., 2009³⁸⁻⁴⁰.

Glaces lacustres et fluviales

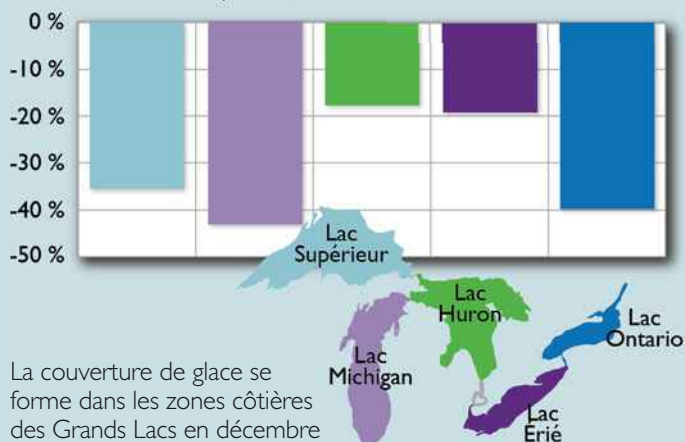
L'augmentation de la variabilité d'une année à l'autre et les tendances générales de diminution de la durée de la présence des glaces lacustres et fluviales sont étroitement liées à l'augmentation des températures de l'air au printemps et à l'automne⁴¹⁻⁴³. La glace est un élément essentiel de l'habitat aquatique et les changements de la couverture de glace modifient différents paramètres, y compris la durée de la saison de végétation des algues, la température de l'eau et les concentrations de matières en suspension et d'oxygène dissous⁴⁴. L'état des glaces a également des répercussions sur les animaux terrestres en contrôlant l'accès au littoral et aux routes de migration à travers les lacs et les fleuves⁴⁵.



Source : Adapté du Latifovic et Pouliot, 2007⁴⁹.

MODIFICATION DE LA COUVERTURE DE GLACE DES GRANDS LACS

Valeurs maximales moyennes, de 1970 à 2008



La couverture de glace se forme dans les zones côtières des Grands Lacs en décembre et en janvier, et dans les eaux plus profondes au large en février et en mars⁴⁷. Elle influence la température des lacs et la période de renversement des eaux au printemps (le mélange des couches d'eau supérieures et inférieures)⁴⁷. Ce phénomène a ensuite des répercussions sur la disponibilité de l'habitat d'eau froide pour les espèces d'eau froide telles que le touladi⁴⁸. La diminution de la couverture de glace entraîne un renversement des eaux plus précoce au printemps, un réchauffement plus précoce des eaux profondes et un habitat d'eau froide plus limité.

Les débâcles lacustres sont généralement plus précoces au printemps (1,8 jour plus tôt par décennie en moyenne). D'après les tendances, l'englacement du même ensemble de grands lacs (plus de 100 km²) survient plus tard au cours de l'année (1,2 jour par décennie en moyenne) pour la majorité des lacs, mais le degré de confiance accordé aux mesures prises à l'automne est plus faible. Les lacs du nord montrent le taux de changement le plus élevé au printemps et à l'automne. Cette analyse est fondée sur la combinaison de données relevées au sol et télédéteectées. Les tendances relatives aux six lacs les plus septentrionaux sont uniquement fondées sur des données de télédétection entre 1984 et 2004⁴⁹.

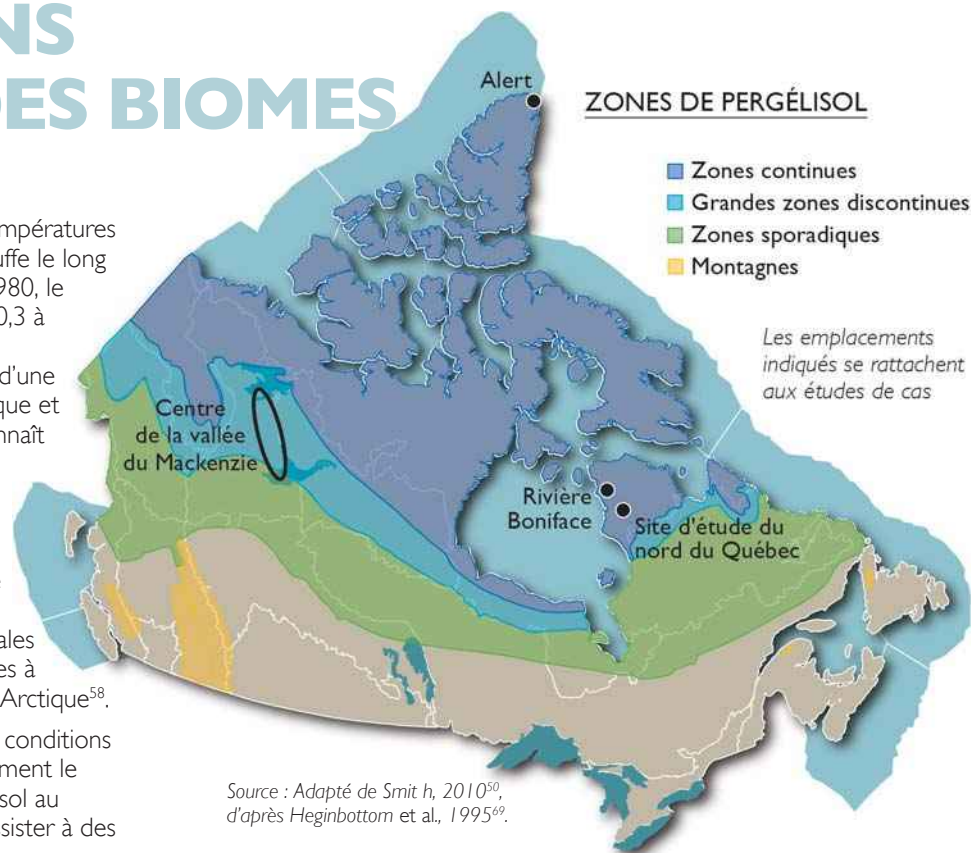
LA GLACE DANS L'ENSEMBLE DES BIOMES

Pergélisol

Le pergélisol (roches ou sol qui demeurent à des températures inférieures à 0 °C tout au long de l'année) se réchauffe le long de la moitié nord du Canada⁵⁰. Depuis les années 1980, le pergélisol peu profond s'est réchauffé à un taux de 0,3 à 0,6 °C par décennie dans les régions centrales et septentrionales de la vallée du Mackenzie en raison d'une hausse de la température de l'air⁵¹. À l'est de l'Arctique et dans le Haut-Arctique, le pergélisol peu profond connaît également une augmentation des températures d'environ 1 °C par décennie, principalement depuis la fin des années 1990⁵². Au sud de la zone de pergélisol, la surface des terres et des tourbières gelées a diminué ou disparu, par exemple le long de l'autoroute de l'Alaska dans la Cordillère boréale⁵³, dans les tourbières septentrionales des plaines boréales et du Bouclier boréal^{54,55} ainsi que dans les tourbières à l'est de la taïga du Bouclier^{56,57} et du Nunavik dans l'Arctique⁵⁸.

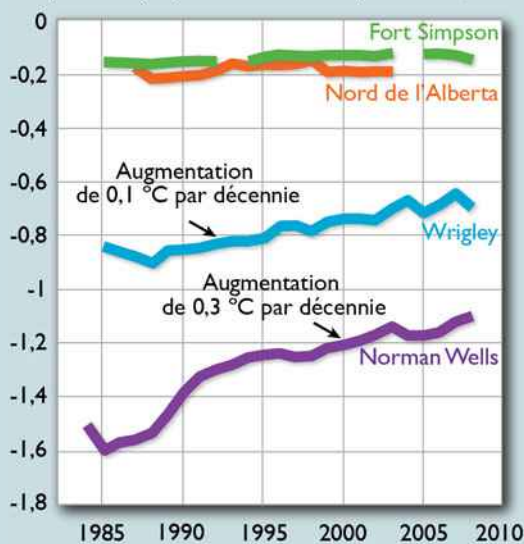
Les conséquences écologiques de changements des conditions du pergélisol sont évidentes aujourd'hui, particulièrement le long des extrémités sud de la distribution du pergélisol au Canada. Dans les régions plus froides, on risque d'assister à des répercussions généralisées au cours des

prochaines décennies à mesure que le gélisol et la glace contenue dans le sol continuent de se réchauffer. Dans les régions subarctiques et boréales, la fonte du pergélisol et l'effondrement des tourbières gelées pourraient inonder le territoire, remplaçant les écosystèmes forestiers par des prairies mouillées de carex, des marais, des étangs et des fens^{59,60}, comme c'est le cas actuellement dans le nord du Québec^{57,61,62}. Dans les régions plus froides, en revanche, l'approfondissement des couches de sol qui dégèlent durant l'été (la couche active) ou la fonte de la glace souterraine peuvent provoquer la disparition et le drainage des canaux et des milieux humides⁶³ ou l'affaiblissement de la nappe phréatique, ce qui assècherait les terres^{64,65}, modifierait les espèces végétales et toucherait les espèces sauvages⁶⁴. On dénote la présence de ces incidences écologiques actuellement, en particulier dans l'Arctique de l'Ouest⁶⁶⁻⁶⁸.



TEMPÉRATURES DU PERGÉLISOL DANS LE CENTRE DE LA VALLÉE DU MACKENZIE

Température (°C) de 10 à 12 m de profondeur, de 1984 à 2008



Source : Adapté de Smith et al., 2010⁵².

Le pergélisol au sud du centre de la vallée du Mackenzie (Fort Simpson et nord de l'Alberta) est vraisemblablement préservé par une couche isolante de tourbe⁷⁰. Toutefois, les tourbières gelées diminuent au sud de la vallée du Mackenzie, ce qui représente une perte d'environ 22 % aux quatre sites d'étude au cours de la dernière moitié du 20^e siècle. Le pergélisol plus au nord (dans le delta du Mackenzie) s'est réchauffé à un taux de 0,1 à 0,2 °C par décennie à une profondeur de 15 m depuis les années 1960^{71,72}. Ces changements cadrent avec les changements de la température de l'air au cours des dernières décennies. Toutefois, les changements dans la couverture de neige^{73,74} et les incendies de forêt⁷⁵ ont également des répercussions sur les taux et les emplacements du réchauffement et du dégel du pergélisol.

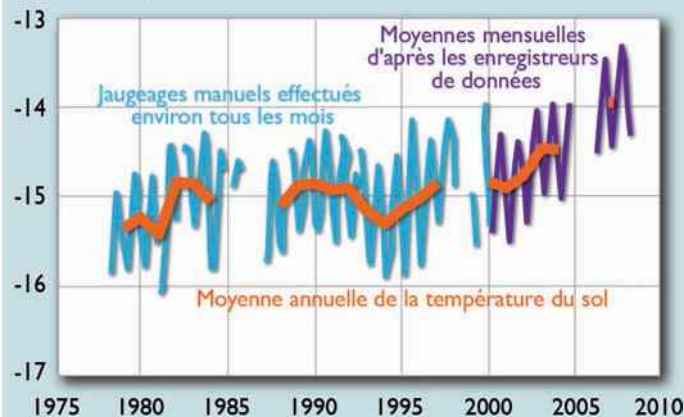


Serge Payette

Palses recouvertes de lichens et d'arbustes entourées par un étang résultant de la fonte du pergélisol dans une tourbière près du village de Radisson au Québec.

TEMPÉRATURE DU PERGÉLISOL À ALERT, NUNAVUT

Température (°C) à 15 m de profondeur, de 1978 à 2008

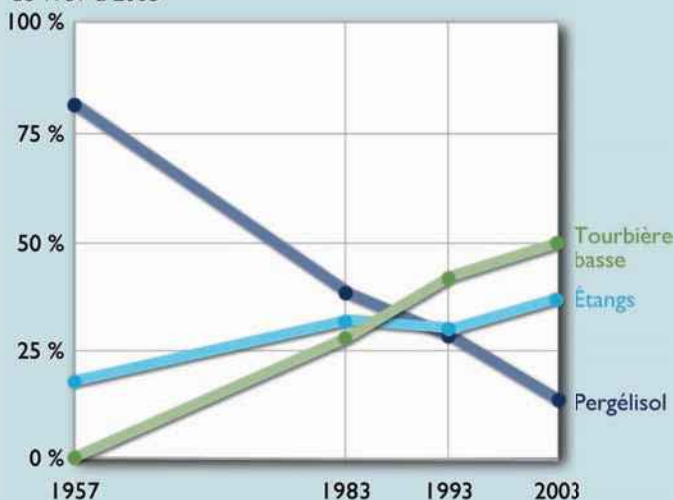


Source : Adapté de Smith et al., 2010⁵².

Les tendances à Alert sont caractéristiques du Haut-Arctique – bien que les températures de l'air soient en hausse depuis les années 1980, un réchauffement distinct du pergélisol a été observé seulement depuis le milieu des années 1990. Dans l'Arctique de l'Est⁵¹ et le Nunavik (nord du Québec)⁷⁶⁻⁷⁸, le pergélisol peu profond s'est refroidi jusqu'au début des années 1990 en raison d'une période de températures de l'air plus froides, puis a commencé à se réchauffer à mesure que les températures de l'air augmentaient.

MODIFICATIONS DE LA COUVERTURE TERRESTRE AVEC LA PERTE DE PERGÉLISOL, NORD DU QUÉBEC

Pourcentage de couverture terrestre sur le site de l'étude, de 1957 à 2003



Remarques : D'après des levés terrestres et des photos aériennes prises en 1957.
Source : Adapté de Payette et al., 2004⁶¹.

Le pergélisol a dégelé à un rythme rapide au cours des 50 dernières années dans le nord du Québec. Par conséquent, la limite sud du pergélisol s'est déplacée d'environ 130 km au nord⁶². Ainsi, le paysage subit des changements, passant de plateaux de tourbe gelée et de palses (monticules de tourbe et de sol contenant de minces couches de glace) favorisant des écosystèmes secs, peuplés de lichens, de landes et d'épinettes noires, à des paysages plus humides, caractérisés par des étangs, des marais et des tourbières. Le territoire touché par ces changements est vaste, soit de l'est de la partie sud de la baie James, jusqu'à l'extrémité sud de la zone de pergélisol « continu », la péninsule de l'Ungava, située au nord, au sein duquel une zone faisant l'objet d'une étude le long de la rivière Boniface a indiqué une diminution des palses de 23 % et un accroissement de 76 % d'étangs provenant de la fonte du pergélisol, entre 1957 et 2001⁵⁷. On prévoit une diminution de l'abondance du lichen, un aliment important du caribou, comme conséquence de cette transition.

interactions humains- écosystèmes



CONSTATATIONS CLÉS

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.

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.

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

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.

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.

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.

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

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.

AIRES PROTÉGÉES

CONSTATATION CLÉ 8. 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'objectif **des aires protégées est** habituellement de protéger la biodiversité ou les ressources culturelles¹. Certaines aires protégées sont gérées exclusivement aux fins de la biodiversité, alors que d'autres permettent la pratique de loisirs, et d'autres encore permettent l'utilisation des ressources sous des régimes de gestion qui ne présentent aucune menace pour la durabilité à long terme du milieu naturel. **Les aires protégées sont importantes**, car elles se prêtent à l'évolution des processus écologiques, fournissent des refuges aux espèces en péril et constituent des référentiels de ressources génétiques. Elles sont également des sites de loisir, de renouvellement spirituel et de conservation de lieux comportant une valeur culturelle. Les aires protégées sont un outil de protection de la biodiversité. La gestion durable des terres à l'extérieur des aires protégées est tout aussi importante.

Aires terrestres protégées

Le réseau des aires terrestres protégées du Canada a augmenté de façon constante depuis 1992 lorsque la Convention sur la diversité biologique des Nations Unies a été ratifiée. En mai 2009, 4826 aires, représentant 9,4 % (939 993 km²) de la surface terrestre, ont été désignées comme étant protégées². De ce nombre, on compte des parcs très anciens comme le parc national de Banff, qui a été créé en 1885 et qui s'étend sur 6641 km²; des aires d'importance internationale comme le Refuge d'oiseaux du golfe de la Reine-Maud, qui s'étend sur 63 024 km² de toundra et de marais de l'Arctique; et des aires plus petites représentatives d'écosystèmes uniques et en voie de disparition, comme le parc national de la Pointe Pelée, qui s'étend sur 15 km² au sud-est de l'Ontario et qui abrite de nombreuses espèces en péril représentatives de la forêt carolinienne. Les aires protégées établies après mai 2009, comme l'agrandissement de la réserve du parc national Nahanni de 4766 km² à plus de 30 000 km², ne sont pas comprises dans cette analyse.

La majorité (68 %) des aires protégées au Canada sont gérées principalement aux fins de la conservation des écosystèmes et des caractéristiques naturelles et culturelles. Plus de 1500 aires protégées (31 %) sont administrées aux fins d'utilisation durable par des traditions culturelles établies².

Aires d'eau douce protégées

Dans l'ensemble, la protection de l'eau douce n'a pas été privilégiée parmi les activités relatives aux aires protégées, à une seule exception : l'aire marine nationale de conservation du lac Supérieur, la plus grande aire protégée d'eau douce au monde, située du côté canadien des Grands Lacs. Environ 10 000 km² de l'aire correspondent aux lits et aux rives du lac et 60 km² correspondent aux îles et aux parties continentales².

État et tendances

aires terrestres protégées – nombre satisfaisant; leur représentation continue de s'améliorer



aires marines protégées – nombre médiocre; progrès réalisés dans l'établissement d'aires à protéger

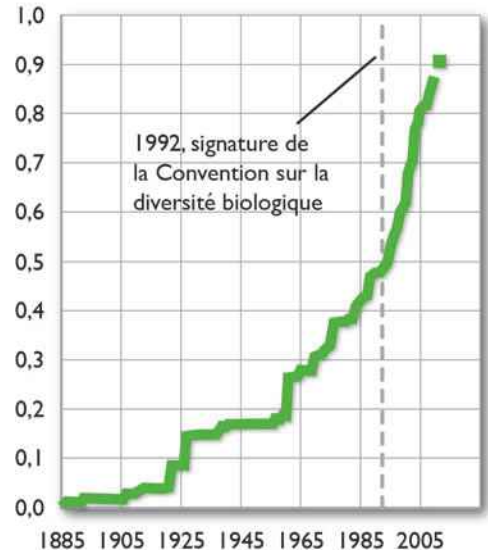


tendances claires



AIRES TERRESTRES PROTÉGÉES

Superficie (en millions de km²), de 1885 à mai 2009



Remarque : Le point vert représente l'aire protégée totale, y compris les aires protégées dont les dates d'établissement sont inconnues.

Source : Environnement Canada, 2009².



Environnement Canada

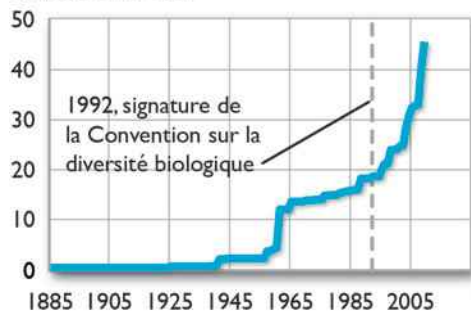
Otaries de Steller

Aires marines protégées

Environ 45 280 km² (0,6 %) des océans du Canada sont protégés². Même si de nombreuses aires protégées sur les côtes canadiennes comprennent des aires marines, la désignation spécifique d'aire marine protégée est plus récente. Elle inclut certaines aires marines d'importance mondiale telles que la zone de protection marine du Gully, le plus grand canyon sous-marin de l'est de l'Amérique du Nord, située à 200 km au large des côtes de la Nouvelle-Écosse et le mont sous-marin Bowie, un grand volcan sous-marin situé à 180 km à l'ouest d'Haïda Gwaii (Colombie-Britannique).

AIRES MARINES PROTÉGÉES

Superficie (en milliers de km²),
de 1885 à mai 2009



Source : Environnement Canada, 2009².



Tendances mondiales

Plus de 12 % de la surface terrestre mondiale et 5,9 % des eaux territoriales font partie d'une aire protégée. Les aires protégées ne sont pas réparties uniformément. Cinquante six pour cent des écorégions terrestres mondiales et 18 % des écorégions marines ont atteint le seuil de 10 % d'aires protégées fixé par la Convention sur la diversité biologique³.

RÉSERVE D'AIRES MARINES DE CONSERVATION GWAII HAANAS ET SITE DU PATRIMOINE HAÏDA

La réserve d'aires marines de conservation Gwaii Haanas et le site du patrimoine haïda sont la plus récente zone de protection marine du Canada, s'étendant sur 3500 km² d'eau et de fond marin. Avec la réserve du parc national Gwaii Haanas adjacente, une aire protégée contiguë de 5000 km², elle s'étend maintenant de la toundra alpine des pics montagneux jusqu'à l'océan profond au-delà de la plate-forme continentale, en passant par la forêt pluviale tempérée. La zone marine se démarque par ses écosystèmes variés et uniques qui comprennent des récifs coralliens en eau profonde, des forêts de varech et des herbiers de zostères marines. Près de 3500 espèces marines vivent dans cette zone, notamment des poissons, mollusques et crustacés ayant une valeur économique importante, des populations d'oiseaux marins en âge de reproduction et des mammifères marins tels que des baleines, des dauphins et des otaries. Cette zone sera cogérée par la nation haïda et le gouvernement fédéral^{4,5}.

ZONE DE PROTECTION MARINE DU GULLY

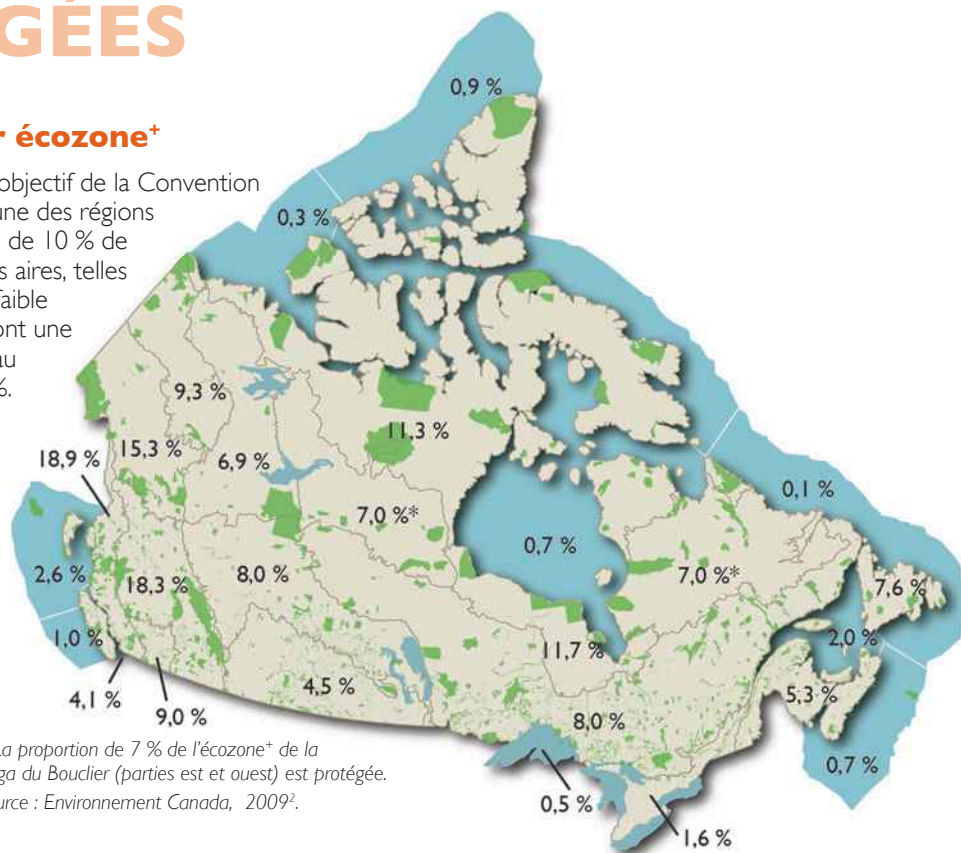
Le Gully, comprenant une aire de 2364 km², est situé au large des côtes de la Nouvelle-Écosse, près de l'île de Sable. L'importance écologique de cette aire est bien établie, et elle comprend la plus grande diversité connue de corail au Canada atlantique, 14 espèces de mammifères marins, dont la population en voie de disparition de plateau néo-écossais des baleines à bec communes, et une grande variété de poissons, d'oiseaux marins et d'animaux des grandes profondeurs^{6,7}. Le Gully est géré à l'aide d'un système de classification en zones qui protège les eaux profondes de toutes les activités d'extraction, qui permet certaines activités de pêche dans la tête et les parois du canyon, les canyons d'alimentation et le talus continental, et qui permet les activités dans les bancs de sable adjacents si elles ne perturbent pas l'écosystème au-delà de la variabilité naturelle⁸.

AIRES PROTÉGÉES

Pourcentage d'aires protégées par écozone⁺

Les aires protégées du Canada ne répondent pas à l'objectif de la Convention sur la diversité biologique voulant que 10 % de chacune des régions écologiques mondiales soient protégés. Même si plus de 10 % de certaines écozones⁺ terrestres sont protégés, d'autres aires, telles que les plaines à forêts mixtes et les Prairies, ont un faible pourcentage de proportion protégée même si elles ont une des plus hautes valeurs sur le plan de la biodiversité au pays. Aucune écozone⁺ marine n'est protégée à 10 %.

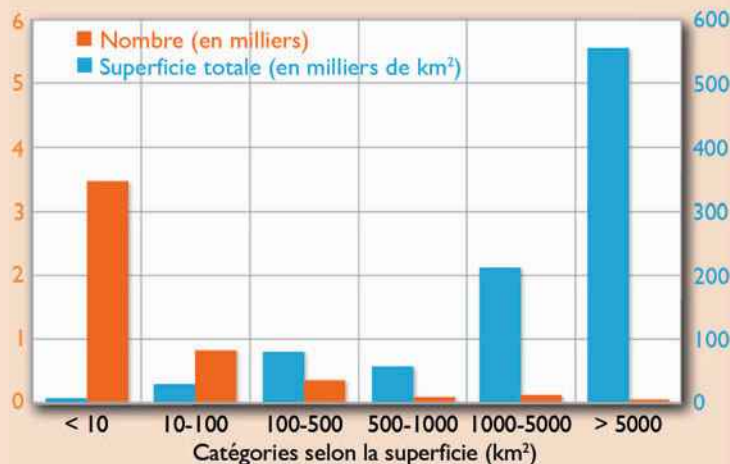
L'utilisation des corridors de conservation pour améliorer la valeur de la biodiversité des aires actuellement protégées dans un paysage fragmenté est un outil de conservation plus récent et important.



* La proportion de 7 % de l'écozone⁺ de la taïga du Bouclier (parties est et ouest) est protégée.
Source : Environnement Canada, 2009².

SUPERFICIE DES AIRES PROTÉGÉES TERRESTRES

Superficie protégée et nombre d'aires protégées selon la superficie



Source : Environnement Canada, 2009².

Les grandes aires protégées sont généralement associées à la plus grande valeur de conservation puisqu'elles ont une plus grande richesse de biodiversité. Moins de 1 % des aires protégées au Canada ont une superficie de plus de 5000 km², mais ces grandes aires comprennent 59 % de la superficie totale protégée. La proportion de 3 % des aires protégées ayant une superficie de plus de 1000 km² renferme 82 % de la superficie totale protégée. À certains endroits, les aires protégées limitrophes permettent de créer de grands complexes d'aires protégées, comme le complexe Tatshenshini-Alsek-Kluane-Glacier Bay-Wrangell-St. Elias, qui s'étend sur plus de 98 000 km² et traverse la Colombie-Britannique, le Yukon et l'Alaska.

Les petites aires protégées jouent également un rôle de protection des espèces rares ou des espèces nécessitant un habitat spécial. Elles peuvent également jouer un rôle de lien entre les plus grandes réserves. La plupart (72 %) des aires protégées au Canada ont une superficie de moins de 10 km². Collectivement, ces petites aires protégées correspondent à moins de 1 % de la superficie totale protégée.



A.P. Taylor

Baleines boréales dans la baie Isabella, Nunavut

RÉSERVES NATIONALES DE FAUNE AU NUNAVUT

Les réserves nationales de faune protègent des habitats importants à l'échelle nationale pour les oiseaux migrateurs, soutiennent des espèces ou des écosystèmes en péril ou procurent un habitat rare ou inhabituel. Les caractéristiques naturelles essentielles sont conservées et les activités considérées comme étant nuisibles pour les espèces ou les habitats sont interdites. Trois nouvelles réserves nationales de faune ont été créées au Nunavut en juin 2010 pour protéger l'habitat essentiel des oiseaux marins, des baleines boréales et d'autres espèces de l'Arctique. Elles seront cogérées par les gouvernements locaux et fédéral, et elles ont été choisies en fonction de la cause à défendre et de la participation des communautés de Qikiqtarjuak et Clyde River⁹.

La réserve nationale de faune d'Akpait (774 km²) est une aire importante pour les oiseaux migrateurs. Elle fournit un habitat de reproduction pour une des colonies de Guillemots de Brünnich les plus importantes au Canada, les Mouettes tridactyles, les Goélands bourgmestres et les Guillemots à miroir. Elle abrite aussi des ours blancs, des morses et plusieurs espèces de phoques⁹.

La réserve nationale de faune de Qaulluit (398 km²) abrite la plus grande colonie nicheuse de Fulmars boréaux du Canada, soit environ 22 % de la population canadienne totale de cette espèce. Des animaux marins, comme les morses et les phoques annelés, fréquentent également les eaux de cette réserve nationale de faune⁹.

La réserve nationale de faune de Ninginganiq (baie Isabella; 336 km²) protège un habitat d'été essentiel pour la population de l'Arctique de l'Est des baleines boréales, une espèce menacée en voie de disparition⁹.



Garry Donaldson

Réserve nationale de faune d'Akpait

PLAN D'UTILISATION DES TERRES DE LA CÔTE DU CENTRE ET DU NORD DE LA COLOMBIE-BRITANNIQUE

En 2007, dans un des efforts coordonnés de planification de l'utilisation des terres les plus importants consignés, la Colombie-Britannique et la plupart des Premières nations du centre et du nord de la côte, ainsi que les dirigeants de l'industrie, de l'environnement et des collectivités, ont convenu d'une approche de gestion unique pour 64 000 km² de la côte de la Colombie-Britannique¹⁰. De vastes régions de forêt pluviale tempérée côtière sont maintenant protégées, dont la plus grande forêt pluviale tempérée encore intacte sur la planète, qui abrite des milliers d'espèces de plantes, d'oiseaux et d'animaux. L'accord de planification de l'utilisation des terres protège plus de 30 % des terres dans 114 aires protégées et comporte également des recommandations sur des règlements d'exploitation forestière à faible incidence qui conserveront 50 % de la répartition naturelle des forêts anciennes à l'extérieur des aires protégées. L'application de cette approche de gestion reconnaît le rôle essentiel joué par les terres à l'extérieur des aires protégées en ce qui a trait à la conservation de la biodiversité. Un cadre de gestion adapté est en place afin de surveiller et d'améliorer la gestion de cette aire de façon continue, ainsi que d'en tirer des leçons.



A.S. Wright

INTENDANCE

CONSTATATION CLÉ 9. 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.

bonne participation du public; augmentation du nombre et de la portée des projets



efficacité mal évaluée et données limitées; tendances claires là où il y a des données



On entend par **intendance** une gestion responsable des terres et de l'eau afin d'en préserver les valeurs et les services pour les générations futures. Les initiatives d'intendance musclées sont fondées sur des principes écologiques et comprennent des engagements à long terme. Elles misent sur de forts liens entre les gens et leur patrimoine naturel, et comprennent un vaste éventail de stratégies. **L'intendance est importante**, car bien que les aires protégées soient l'aspect le plus visible de la conservation des écosystèmes, elles ne représentent qu'une petite fraction du paysage terrestre et marin. Vu la pression constante sur les terres et les océans, des outils de conservation efficaces qui favorisent de bonnes pratiques d'intendance sont déterminants pour garantir la viabilité et la durabilité des écosystèmes à long terme. L'intendance contribue aussi à l'économie en créant des emplois et des entreprises viables.

Bien que l'intendance ne soit pas une nouvelle notion, elle s'est grandement popularisée depuis les années 1980¹. Il existe maintenant plus de mille groupes d'intendance de l'environnement et plus d'un million de personnes au Canada² qui participent à des milliers d'initiatives sur des terres privées et publiques. Ces initiatives vont des petits projets communautaires locaux aux programmes pilotés par des sociétés, des organisations non gouvernementales de l'environnement et l'ensemble des ordres de gouvernement. Depuis les dix dernières années, l'importance de l'intendance en matière de durabilité à long terme est de plus en plus reconnue et se traduit par des politiques et des pratiques^{1,2}. Un bon exemple est le Programme d'intendance du Canada³, qui a été sanctionné en 2002 par les ministres des ressources du Canada.

Il n'existe aucun ensemble de données nationales exhaustif sur les activités en matière d'intendance au Canada ni d'analyse globale des tendances sur le succès d'ensemble remporté sur le plan de la conservation de la biodiversité. Cette constatation clé donne des exemples tirés du large spectre des initiatives en matière d'intendance afin de démontrer que l'intendance prend de l'ampleur. Une meilleure surveillance des activités d'intendance est nécessaire pour déterminer leur réussite.

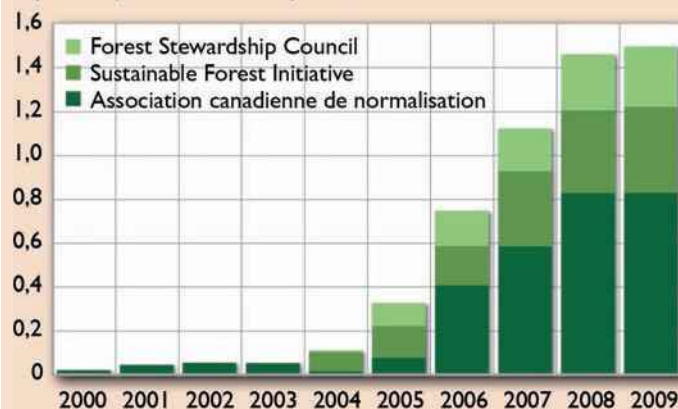
Normes et codes de pratique

Plus de 94 % des forêts du Canada, 100 % de l'eau et de vastes régions de parcours sont de propriété publique. Un certain nombre de normes, de codes de pratique et de programmes de certification existent pour favoriser la conservation de la biodiversité dans ces régions, et sur les terres forestières et agricoles privées. Voici quelques exemples :

- Cinq pêcheries de la côte du Pacifique et sept pêcheries de la côte de l'Atlantique ont obtenu la certification de pêcheries durables du **Marine Stewardship Council**⁴. Cette certification a été attribuée à certaines d'entre elles pour leur succès dans la réduction de prises accessoires. Les niveaux de prises accessoires de morue, de flétan du Groenland et de plie canadienne sont inférieurs à 2,5 %⁵ et des niveaux plus bas ont été enregistrés dans certaines régions⁶.
- En 2006, environ 28 % des exploitations agricoles au Canada ont indiqué qu'elles avaient élaboré des plans agroenvironnementaux pour diminuer l'incidence des pratiques agricoles sur l'environnement⁷.

CERTIFICATION FORESTIÈRE AU CANADA

Superficie (en millions de km²), de 2000 à 2009



Source : Metafore's Forest Certification Resource Centre, 2009⁸.

Pour que leurs terres forestières obtiennent la certification, les sociétés forestières doivent démontrer qu'elles ont adopté des activités d'intendance et qu'elles contribuent à la conservation de la biodiversité en vertu d'un cadre de gestion durable des forêts. Au Canada, le nombre de terres forestières qui obtiennent une telle certification est en constante augmentation depuis 2000. En date de 2009, près de 1,5 million de km², soit 87 % de la région boisée exploitée au Canada, ont obtenu la certification. Ce chiffre représente 40 % des forêts certifiées du monde⁹.



© Canards Illimités Canada

Intendance des terres privées

En 1994, on a déterminé que la dégradation des écosystèmes et la fragmentation du paysage⁹ posaient un risque élevé de perte de biodiversité d'environ 50 % des 900 000 km² de terres privées du Canada, rendant ainsi très importantes les activités d'intendance. L'intendance des terres privées peut prendre de nombreuses formes, y compris par les incitatifs financiers, les programmes régionaux, nationaux et internationaux élargis qui sont mis en œuvre par les organisations non gouvernementales, les programmes-pilotes et les programmes de diffusion externe, l'information et l'aide à l'éducation, et les petits projets communautaires. Il est particulièrement difficile de surveiller les résultats en lien avec la biodiversité de bon nombre des activités, particulièrement ceux des initiatives d'éducation qui cherchent à développer une éthique à long terme en matière d'intendance.

SOUTIEN PAR L'ENTREMISE DES RESSOURCES

Le partage de l'information et des meilleures pratiques qui favorisent l'adoption et le maintien d'une utilisation durable des terres est une partie importante de l'intendance. Le Stewardship Centre for British Columbia¹⁰ est un centre en ligne virtuel qui encourage l'intendance de l'environnement en offrant un soutien technique ainsi que des outils et des ressources qui contribuent au renforcement des capacités. Il encourage les partenariats entre les organismes d'intendance, le gouvernement et le secteur privé. La série de publications du centre d'intendance procure des lignes directrices aux gouvernements locaux, aux promoteurs et aux groupes d'intendance afin d'encourager des pratiques de développement plus saines et plus durables. Le centre participe également au renforcement des capacités des organismes d'intendance en assurant leur financement de base. Le centre est affilié au Stewardship Canada Portal, au Land Stewardship Centre of Canada et à d'autres centres d'intendance d'un bout à l'autre du pays.

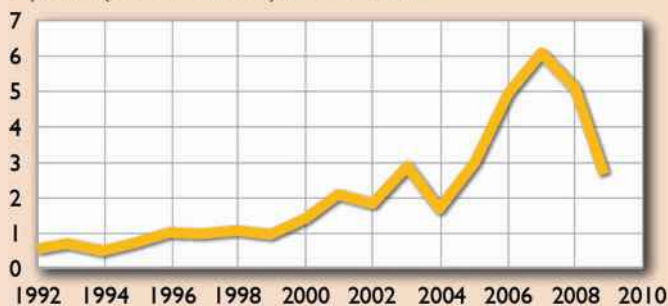


ENGAGEMENT À GRANDE ÉCHELLE ET À LONG TERME ENVERS L'INTENDANCE : PLAN NORD-AMÉRICAIN DE GESTION DE LA SAUVAGINE

Le Plan nord-américain de gestion de la sauvagine a été établi en 1986 par suite de la baisse brusque des populations de sauvagine accentuée par le drainage des milieux humides et la sécheresse. Le Plan, qui est une initiative du Canada et des États-Unis auquel le Mexique s'est joint en 1994, reconnaissait qu'il serait impossible de rétablir les populations de sauvagine sans une coopération continentale élargie. Son but est de rétablir les populations de sauvagine à leurs niveaux moyens de 1970 en veillant à conserver l'habitat par l'établissement de partenariats publics-privés régionaux, c'est-à-dire par les « plans conjoints », qui s'inspirent des meilleures pratiques scientifiques existantes et d'une vision du paysage à l'échelle continentale¹¹. Il propose un vaste éventail d'approches, dont l'une est l'intendance agricole. Par exemple, dans le cadre du Plan conjoint des Habitats des Prairies, on encourage les agriculteurs à adopter des pratiques culturelles qui respectent la sauvagine, comme semer du blé d'hiver à l'automne. Le blé d'hiver réduit les perturbations et offre un couvert aux espèces à nidification hâtive comme le Canard pilet. La superficie des terres ensemencées de blé d'hiver a augmenté de 1992 à 2007¹². La réduction au cours des deux dernières années est attribuable à une récolte tardive à l'automne en raison des conditions météorologiques.

TERRES ENSEMENCÉES DE BLÉ D'HIVER DANS LES PRAIRIES

Superficie (en milliers de km²), de 1992 à 2009



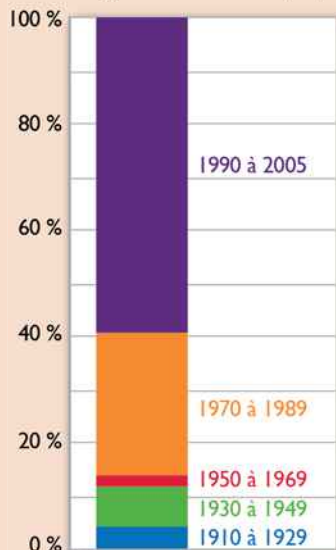
Source : Adapté de Statistique Canada, 2010¹².

Entre les années 2000 et 2009, les partenaires de l'initiative ont eu une influence sur l'intendance de plus de 70 000 km² d'habitats de milieux humides, de rivages, de prairies et de terres agricoles du sud du Canada¹³.

INTENDANCE

CROISSANCE DES FIDUCIES FONCIÈRES ÉTABLIES AU CANADA

Pourcentage établi dans chaque période, de 1910 à 2005

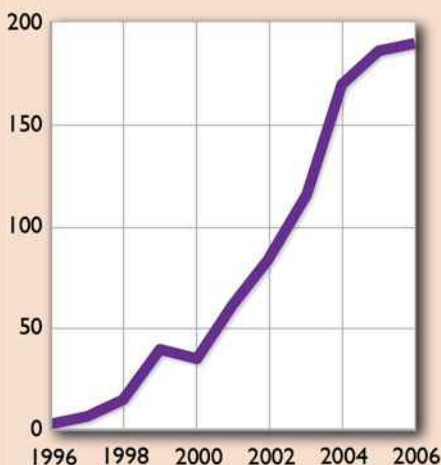


Remarques : Les données sont basées sur un échantillon représentatif de 51 organismes au Canada, dont la taille et les objectifs varient.
Source : Adapté de Campbell et Rubec, 2006¹⁴.

Les fiducies foncières sont des organismes sans but lucratif, généralement communautaires, qui travaillent à la protection à long terme du patrimoine naturel et, plus récemment, à la protection des terres agricoles. Parce qu'elles prennent différentes formes et qu'elles empruntent une variété d'approches, elles jouent un rôle de plus en plus important dans la conservation de la biodiversité au Canada. Leur taille et leur nombre augmentent depuis 85 ans, et les bénévoles sont leur pilier. Le nombre de fiducies foncières au Canada a plus ou moins doublé entre 1995 et 2005¹⁴, pour représenter plus de 150 organismes¹. En juin 2010, les 50 groupes membres de l'Alliance des organismes de conservation du Canada ont protégé plus de 27 000 km² de terres grâce à la participation de près de 20 000 bénévoles, de plus de 200 000 membres et partisans, et de 800 employés¹⁵.

SERVITUDES DE CONSERVATION DANS LES PRAIRIES

Nombre enregistré chaque année, de 1996 à 2006



Source : Adapté de Good et Michalsky, sous presse¹⁶.

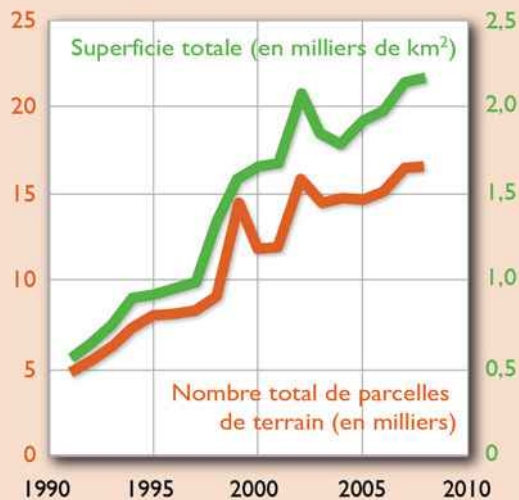
Une servitude de conservation est un outil juridique qui impose des restrictions sur l'utilisation actuelle et future des terres par l'enregistrement de ces restrictions sur le titre foncier. Des quelque 1 200 km² de terres faisant l'objet de 1 400 servitudes de conservation au Canada en 2007, environ 90 % étaient dans les Prairies (ce qui représente 70 % du nombre total de servitudes)¹⁶. Une bonne partie de l'habitat important pour la biodiversité des Prairies se trouve en terres agricoles, où 90 % des servitudes des prairies sont établies. Certaines utilisations agricoles, comme les pâturages, sont maintenues en vertu des servitudes. Le nombre de servitudes de conservation enregistrées chaque année dans les Prairies a augmenté, passant de moins de 10 en 1996 à plus de 180 en 2006¹⁶.

PROGRAMMES DE STIMULANTS FISCAUX : ONTARIO

En Ontario, deux initiatives à participation volontaire, soit le Programme d'encouragement fiscal pour les forêts aménagées et le Programme d'encouragement fiscal pour les terres protégées, sont des exemples de stimulants fiscaux offerts aux propriétaires de terres privées pour encourager l'intendance et la conservation de la biodiversité à long terme. Les deux programmes offrent un allègement de l'impôt foncier aux propriétaires qui protègent les valeurs de conservation de leur propriété, notamment celles des forêts, des milieux humides et de l'habitat des espèces en voie de disparition^{17, 18}. La participation à ces deux initiatives a augmenté depuis leur mise sur pied. En 2008, plus de 11 000 propriétés avaient été inscrites au Programme d'encouragement fiscal pour les forêts aménagées, couvrant 7580 km², et au-delà de 16 000 propriétés couvrant plus de 2170 km² avaient été inscrites au Programme d'encouragement fiscal pour les terres protégées¹⁹.

CROISSANCE DU PROGRAMME D'ENCOURAGEMENT FISCAL POUR LES TERRES PROTÉGÉES

De 1991 à 2008



Source : Adapté du ministère des Richesses naturelles de l'Ontario, 2008¹⁹.



M. Cuthbert

Restauration d'un habitat à Blackie Spit, à Surrey (Colombie-Britannique)

Intendance axée sur la collectivité

Les initiatives d'intendance menées par les collectivités ou les particuliers sont l'un des secteurs d'intendance les plus prometteurs, où le potentiel de développement est grand²⁰. Les projets d'intendance locaux inspirés des enjeux liés aux bassins versants et aux paysages à l'échelle locale visent à protéger et à conserver la biodiversité. On ne connaît pas le nombre total d'initiatives communautaires au Canada.

LIEN ENTRE LES CONNAISSANCES TRADITIONNELLES ET SCIENTIFIQUES : INVENTAIRE DES RESSOURCES CÔTIÈRES DU NUNAVUT

Les connaissances acquises par les dépositaires des connaissances traditionnelles et les scientifiques forment la base de nombreuses initiatives d'intendance et de gestion des ressources nordiques²¹⁻²³. Les principes de l'« Inuit Qaujimajatuqangit » (connaissances traditionnelles inuites), par exemple, sont fondés sur l'expérience de nombreuses générations et de leur compréhension des écosystèmes et des conditions locales dans le Nord, et ce point de vue est intégré aux initiatives d'intendance. Le projet pilote d'Igloolik sur l'inventaire des ressources côtières du Nunavut, un programme de surveillance côtière concerté entre le gouvernement du Nunavut, l'Institut de recherches du Nunavut et l'organisation des chasseurs et des trappeurs d'Igloolik, entamé en 2007, utilise tant les connaissances des aînés de la collectivité que celles des scientifiques afin de produire une base de données, qui comprend des cartes des routes de migration des mammifères et une mine de renseignements sur l'utilisation des milieux côtiers par les mammifères marins. Les renseignements sont mis à la disposition de tous les partenaires de l'inventaire et servent de modèle pour tout travail de collaboration futur dans d'autres collectivités. Les inventaires peuvent être utilisés, par exemple, dans la mise sur pied de pêches durables, les plans de gestion côtière, les évaluations de l'impact sur l'environnement, les cartographies des zones vulnérables, la planification communautaire, l'aménagement de parcs côtiers et comme moyen pour préserver les connaissances écologiques locales²⁴.



PROTECTION DES EIDERS GRÂCE À L'INTENDANCE COMMUNAUTAIRE, AU LABRADOR

Beaucoup de collectivités côtières colonisent et utilisent les ressources côtières depuis fort longtemps; les habitants de la baie Saint-Pierre, à Terre-Neuve-et-Labrador, offrent un bon exemple d'intendance côtière communautaire. Les petites îles procurent à l'Eider à duvet un habitat de nidification essentiel. Il est primordial de limiter les perturbations et la prédation pendant la période de nidification pour assurer sa survie. Depuis 2003, les habitants de la baie Saint-Pierre installent et s'occupent des abris de nidification afin de protéger les nids et les canetons, et sensibilisent leurs collectivités aux bonnes pratiques d'intendance²⁵. En 2009, trois collectivités de la baie Saint-Pierre ont reconnu l'importance de la baie pour les quelque 650 couples d'Eiders à duvet qui y établissent leur nid²⁵, et ont poussé plus loin leur engagement en matière d'intendance en concluant une entente d'intendance côtière avec le gouvernement



provincial pour assurer la durabilité à long terme de la population d'eiders grâce à la conservation d'environ 38 km² d'habitat.



Jason Foster

Membres de la collectivité en train d'installer des abris pour les eiders.



Leslie Hamel

ESPÈCES NON INDIGÈNES ENVAHISSANTES

CONSTATATION CLÉ 10. Les espèces non indigènes envahissantes sont un facteur de stress important en ce qui concerne le fonctionnement, les processus et la structure des écosystèmes des milieux terrestres, des milieux d'eau douce et d'eau marine. Leurs effets se font sentir de plus en plus à mesure que leur nombre augmente et que leur répartition géographique progresse.

Les espèces non indigènes envahissantes sont des espèces de plantes, d'animaux et de micro-organismes qui ont été introduites par des activités humaines et qui se sont propagées au-delà de leur aire de répartition naturelle actuelle ou passée, et dont la propagation menace l'environnement, l'économie ou la société, y compris la santé humaine. Douze pour cent des 11 950 espèces évaluées dans Les espèces sauvages 2010 : Situation générale des espèces au Canada ne sont pas indigènes¹. Bien que seul un faible pourcentage des espèces non indigènes s'établissent dans un milieu et qu'un pourcentage encore plus faible d'entre elles deviennent envahissantes, les dégâts écologiques et les pertes économiques causés par ces quelques espèces peuvent être impressionnants^{2,3}. Les espèces non indigènes envahissantes nuisent à la biodiversité, car elles peuvent déloger les espèces indigènes et leur faire concurrence pour les ressources, dégrader leur habitat, introduire des maladies et s'associer avec des espèces indigènes pour former des hybrides. De nombreux facteurs sont responsables de la propagation des espèces non indigènes envahissantes, notamment les changements climatiques, les introductions non volontaires par le ballast de navires et le long des routes, les introductions volontaires, et la vulnérabilité accrue des écosystèmes altérés ou dégradés. La lutte contre les espèces non indigènes envahissantes coûte cher, et leur éradication est rarement possible. Ces espèces sont considérées comme la deuxième plus grande menace pour la biodiversité dans le monde entier, après la destruction de l'habitat, et elles commencent à menacer les écosystèmes canadiens du Nord, puisque le réchauffement climatique incite les espèces ne tolérant pas les conditions climatiques nordiques actuelles à agrandir leur aire de répartition.

Écosystèmes marins côtiers

Bien que de nombreuses espèces non indigènes se soient établies dans les eaux marines côtières du Canada^{4,6}, les impacts des espèces non indigènes envahissantes se font le plus sentir dans les baies de l'Île-du-Prince-Édouard (Î.-P.-É.). En raison des activités agricoles et aquacoles intensives, les côtes de l'Î.-P.-É. sont devenues plus favorables à l'établissement des envahisseurs et plus vulnérables à leurs impacts. Par exemple, depuis 1997, quatre sous-espèces d'ascidies, ou tuniciers, se sont établies et sont envahissantes à l'Île-du-Prince-Édouard. Bien qu'elles soient établies ailleurs dans le sud du golfe du Saint-Laurent, ce n'est qu'à l'Île-du-Prince-Édouard qu'elles sont envahissantes. Il existe également des signes indiquant qu'une autre espèce envahissante, le crabe européen, se nourrit des prédateurs des ascidies, accentuant le problème de l'Île-du-Prince-Édouard^{6,7}.

Le crabe européen est un compétiteur agressif des crabes indigènes, et il est un prédateur de myes, de moules, de poissons juvéniles et de nombreuses autres espèces. Récemment, il s'est établi sur les côtes est et ouest du Canada, mais son établissement est trop récent pour que tous ses impacts soient connus. Le transport sur les coques de bateau et dans l'eau de ballast des navires est le principal responsable des invasions marines côtières au Canada^{5,7,8}. Une nouvelle réglementation sur l'eau de ballast vise à empêcher de nouvelles introductions par cette voie d'entrée.

État et tendances

les nouvelles introductions continuent (l'état se détériore), tout comme leurs répercussions



couverture spatiale et temporelle médiocre sauf pour les Grands Lacs



impact entier des espèces marines côtières envahissantes en train d'apparaître à certains endroits



Gordon King
Tuniciers coloniaux

Tendances mondiales



Les espèces non indigènes envahissantes ont contribué à près de 40 % de toutes les extinctions d'animaux dont la cause est connue².



Jim Moyes, Environnement Canada

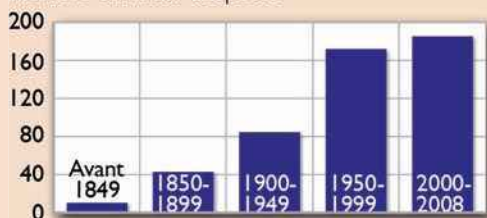
Moules zébrées

Grands Lacs

Les espèces non indigènes envahissantes sont responsables de la perte de la majeure partie de la communauté biotique initiale des Grands Lacs⁹. La dégradation du biote indigène des Grands Lacs a commencé avec l'ouverture du canal Welland en 1829, l'introduction accidentelle de la lamproie en 1920, et l'effondrement des populations de touladi qui s'en est suivi. Les espèces non indigènes sont désormais les espèces dominantes dans les Grands Lacs, ce qui entraîne de lourdes conséquences écologiques et économiques¹⁰. Une étude a estimé que les pertes économiques causées par les espèces non indigènes envahissantes dans les Grands Lacs s'élèvent jusqu'à 5,7 milliards de dollars par an¹¹.

TENDANCES DES ESPÈCES NON INDIGÈNES DANS LES GRANDS LACS

Nombre cumulatif d'espèces



Source : Great Lakes Aquatic Nonindigenous Species Information System (GLANSIS), 2009¹².

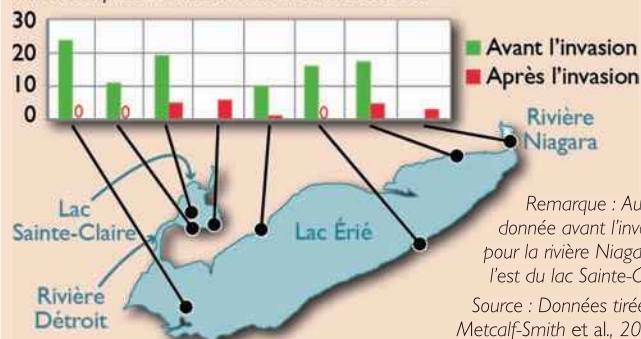
En 2008, des populations reproductrices de plus de 185 espèces aquatiques non indigènes ont été recensées dans les Grands Lacs. Parmi ces espèces, au moins 10 % sont considérées comme envahissantes¹². Voici quelques exemples de répercussions :

- l'introduction des moules zébrées et quaggas a fait disparaître la population de l'amphipode de fond, *Diporeia*, et 33 % des moules indigènes;
- les populations de nombreux poissons lacustres ont diminué considérablement après l'introduction du gaspareau¹³.

La prévention de nouvelles introductions, notamment celle des carpes asiatiques provenant du bassin du Mississippi, constitue un enjeu crucial¹³.

DÉCLINS DES MOULES INDIGÈNES

Nombre d'espèces de moules d'eau douce avant et après l'invasion des moules zébrées



Les moules d'eau douce indigènes sont importantes au plan écologique puisqu'elles sont des filtres biologiques naturels, qu'elles nourrissent des espèces aquatiques et qu'elles sont des indicateurs d'une eau de bonne qualité¹⁵. Près de 72 % des 300 espèces de moules d'eau douce en Amérique du Nord sont menacées d'extinction ou sont déjà disparues¹⁵. Les moules d'eau douce indigènes étaient presque disparues des eaux du large du secteur ouest du lac Érié entre 1989 et 1991¹⁶ et du lac Sainte-Claire entre 1986 et 1994¹⁷. Leur déclin a été attribué à un certain nombre de facteurs de stress associés aux humains comme la pollution, la surexploitation et la destruction de leur habitat par les barrages¹⁸, sans compter les niveaux d'eau à la baisse et la compétition menée par les espèces non indigènes telles que les moules zébrées et quaggas¹⁵. Les cours d'eau non aménagés peuvent constituer un refuge pour les espèces de moules indigènes en limitant la colonisation par les moules zébrées et quaggas. Par contre, les moules non indigènes peuvent tout de même s'établir dans les cours d'eau faisant l'objet d'une régularisation et dotés de réservoirs¹⁵. Dans un relevé effectué de 2004 à 2005, des moules zébrées ont été recensées dans tous les sites échantillonnés en aval du réservoir Fanshawe dans le cours inférieur de la rivière Thames, un système contenant l'une des communautés de moules d'eau douce les plus diversifiées au Canada¹⁹.

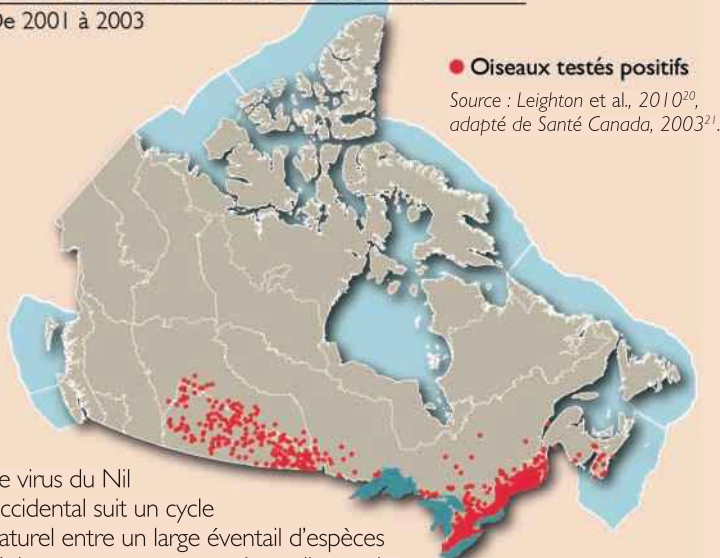
ESPÈCES NON INDIGÈNES ENVAHISSANTES

Agents pathogènes et maladies des espèces sauvages

Les agents pathogènes sont des organismes provoquant des maladies. Ils proviennent d'un large éventail de groupes d'espèces comme les vers, les insectes, les champignons, les protozoaires, les bactéries et les virus. De nombreux agents pathogènes proviennent du Canada, et les maladies qu'ils provoquent chez les espèces sauvages font partie du fonctionnement normal des écosystèmes. Cependant, il semblerait que de récentes épidémies aient été causées par des agents pathogènes non indigènes envahissants ou par de nouvelles souches d'agents pathogènes indigènes. Il s'agit entre autres d'une bactérie des volailles qui s'attaque également au Roselin familier; de la grippe aviaire, un virus normalement bénin des canards qui existe maintenant dans une souche meurtrière pour la volaille; la peste du canard, un virus provenant de l'Eurasie qui peut tuer la sauvagine; un champignon chytride touchant les amphibiens; et le virus du Nil occidental qui s'attaque aux mammifères, aux oiseaux, aux reptiles et aux humains²⁰.

RÉPARTITION DES OISEAUX TESTÉS POSITIFS POUR LE VIRUS DU NIL OCCIDENTAL

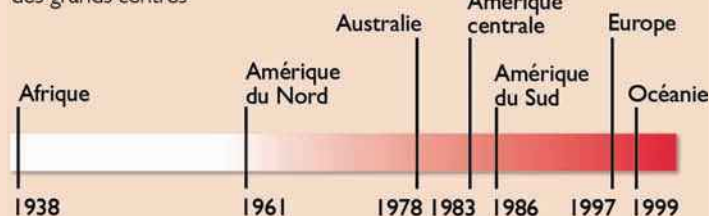
De 2001 à 2003



Le virus du Nil occidental suit un cycle naturel entre un large éventail d'espèces d'oiseaux sauvages et un éventail restreint d'espèces de moustiques. Il a été transporté de l'Afrique et de l'Eurasie jusqu'en Amérique du Nord²². Détecté pour la première fois au Canada en 2001, le virus avait touché toutes les provinces de la Nouvelle-Écosse à l'Alberta en 2003, et avait atteint la Colombie-Britannique en 2009. Le virus du Nil occidental a tué des milliers de corvidés (comeilles, geais, pies et oiseaux de la même famille) ainsi qu'un nombre moins élevé d'oiseaux n'appartenant pas à la famille des corvidés²³.

PROPAGATION MONDIALE DU CHAMPIGNON CHYTRIDE TOUCHANT LES AMPHIBIENS

Premières apparitions du champignon chytride dans chacun des grands centres



Source : Adapté de Weldon et al., 2004²⁴.

Un champignon chytride de l'épiderme a été associé à un déclin mondial des populations d'amphibiens²⁵, et d'après la croyance populaire, il s'agirait de la plus importante maladie infectieuse menaçant la biodiversité^{26, 27}. L'origine du champignon chytride en Amérique du Nord n'est pas bien connue. Il pourrait être venu d'Afrique et s'être propagé par le commerce de dactyléthres d'Afrique, qui étaient largement utilisés dans les tests de grossesse destinés aux humains^{24, 26}. Le commerce d'autres espèces, comme le ouaouaron, pourrait avoir contribué à sa propagation²⁴.

Certaines données révèlent que le champignon chytride a toujours été présent en Amérique du Nord, mais que les amphibiens y sont devenus plus sensibles en raison de facteurs de stress environnementaux comme les pesticides et les changements climatiques²⁸⁻³⁰. Le premier champignon chytride recensé ailleurs qu'en Afrique a été relevé au Québec, en 1961³¹. Depuis lors, des champignons chytrides ont été trouvés en Colombie-Britannique³¹, en Alberta²⁰, en Saskatchewan³², en Ontario, au Québec, au Nouveau Brunswick, en Nouvelle-Écosse³² et, plus récemment, à l'Île-du-Prince-Édouard³³, au Yukon³⁴ et dans les Territoires du Nord-Ouest³⁵.



Grenouille léopard



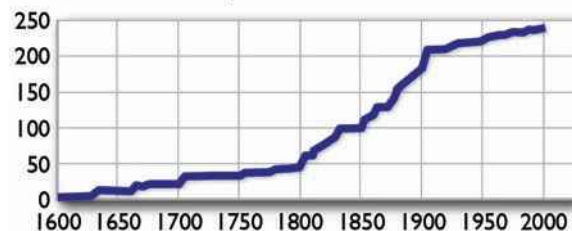
Steve Dewey, Bugwood.org

Plantes terrestres

Les espèces végétales non indigènes envahissantes sont l'une des plus grandes menaces pour les terres cultivées, les parcours naturels et les aires naturelles du Canada. Elles portent atteinte à la productivité et à la biodiversité, elles sont responsables de lourdes pertes économiques et elles nuisent au commerce avec d'autres pays. Environ 1229 (24 %) des 5087 espèces végétales connues au Canada ne sont pas indigènes. De ce nombre, 486 sont considérées comme étant des mauvaises herbes ou des espèces envahissantes.

PLANTES NON INDIGÈNES ENVAHISSANTES

Nombre cumulé d'espèces, de 1600 à 2005



Remarque : Ce graphique représente une estimation des tendances temporelles des 245 espèces de plantes envahissantes pour lesquelles il est possible de calculer la date d'introduction.

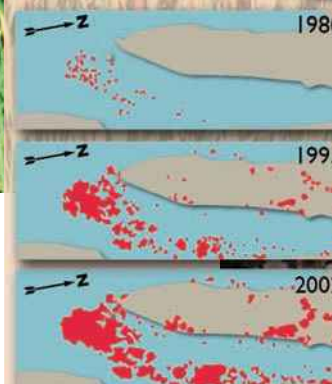
Source : Agence canadienne d'inspection des aliments, 2010³⁶.

La hausse la plus rapide d'espèces végétales non indigènes s'est produite entre 1800 et 1900, une période où le commerce, l'immigration et la colonisation s'étaient intensifiés. Au cours de cette période, de nombreuses espèces végétales envahissantes ont été introduites au Canada de manière intentionnelle. Le rythme d'introduction de nouvelles espèces végétales envahissantes a ralenti depuis le début des années 1900, quoique l'agrandissement des aires de répartition des espèces établies continue de poser problème. La plupart des espèces végétales non indigènes du Canada sont originaires de l'Europe occidentale, ce qui reflète les caractéristiques dominantes du commerce du passé. Les caractéristiques actuelles du commerce laissent croire que de nouveaux risques pourraient provenir des États-Unis et de l'Asie³⁶.

Les espèces végétales non indigènes envahissantes peuvent causer des dommages écologiques sur une vaste superficie, et des pertes économiques dans de multiples secteurs. Parmi les espèces végétales non indigènes les plus dommageables, on compte le chardon des champs, l'euphorbe érule et la centaurée³⁷. Les espèces végétales des milieux humides sont parmi les envahisseurs les plus agressifs, puisqu'elles modifient la structure des végétaux, réduisent la diversité des plantes indigènes et des espèces sauvages qui y sont associées, et nuisent au fonctionnement élémentaire des milieux humides. La salicaire commune et le phragmite commun d'Europe figurent parmi les envahisseurs les plus agressifs des milieux humides³⁸.

EXPANSION DU PHRAGMITE COMMUN

Fleuve Saint-Laurent, Québec, de 1980 à 2002



Source : Adapté de Hudon et al., 2005³⁹.



Paul Catling

Le phragmite commun d'Europe est une sous-espèce du phragmite commun indigène, et il est l'un des envahisseurs non indigènes les plus dangereux pour les habitats naturels au Canada^{40, 41}. Présentement, il est la source d'un problème majeur dans l'Est, où il forme des peuplements denses qui supplantent la plupart des espèces indigènes⁴⁰. Il s'est implanté pour la première fois en Nouvelle-Écosse en 1910⁴⁰, mais il s'est propagé de façon plus marquée entre 1980 et 2002³⁹. Les milieux humides linéaires aménagés par les humains, tels que les fossés, peuvent constituer des corridors de dispersion puisqu'ils sont riches en nutriments et largement interreliés, et que le sel qui s'y accumule avantage le phragmite commun d'Europe, qui tolère bien le sel⁴². L'expansion du phragmite commun d'Europe compromet le fonctionnement des écosystèmes, puisqu'il appauvrit la biodiversité et qu'il procure une valeur plus faible sur le plan de la nutrition⁴³ et de l'habitat⁴⁴ que les espèces indigènes qu'il remplace. Selon les prévisions, le phragmite commun d'Europe devrait étendre son aire de répartition aux provinces des Prairies d'ici dix ou vingt ans, où il pourrait avoir une incidence sur le débit de l'eau dans les canaux d'irrigation⁴⁰. Le fait de connaître la situation permet de prévoir du temps pour mener les recherches nécessaires afin de prévenir sa propagation⁴⁰.

CONTAMINANTS

CONSTATATION CLÉ II. 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 sont des substances qui sont introduites dans l'environnement par l'entremise d'activités humaines. Certains contaminants, comme le mercure, sont présents de façon naturelle dans l'environnement, mais l'activité humaine peut accroître leur concentration à des niveaux qui peuvent représenter un danger pour les écosystèmes et l'être humain. Les contaminants sont parfois transportés sur de grandes distances dans l'atmosphère et les océans et se retrouvent dans des écosystèmes éloignés de leurs sources. Cette constatation clé tient seulement compte des contaminants qui persistent dans l'environnement et qui s'accumulent dans les tissus des plantes et des animaux. **Les contaminants issus d'activités antérieures** (ou contaminants hérités, contaminants anciens) ont été interdits ou restreints, mais sont encore omniprésents dans l'environnement. **Les contaminants nouveaux** sont des substances chimiques plus récentes ou des substances qui sont utilisées depuis un certain temps et qui ont récemment été détectées dans l'environnement. Généralement, ils sont toujours en usage ou sont seulement partiellement réglementés.

Les contaminants peuvent nuire aux espèces et aux écosystèmes, en plus de perturber les services écosystémiques. Ils peuvent avoir une incidence directe sur les animaux lorsqu'ils sont présents dans leur nourriture, par exemple en nuisant à leur reproduction, et peuvent également devenir un problème pour les humains qui se nourrissent de ces animaux – plus particulièrement pour les Autochtones dont l'alimentation se compose en grande partie de viande de mammifères marins et de poissons¹. La présence répandue de contaminants dans la faune a commencé à soulever des inquiétudes au Canada à partir des années 1970. Depuis ce temps, les concentrations de certains contaminants ont fait l'objet de suivis pendant diverses périodes chez certaines espèces et dans plusieurs régions du pays. Il existe des ensembles continus de données à long terme qui permettent une analyse des tendances, mais ils sont limités à quelques régions, par exemple les Grands Lacs et certaines zones Arctiques.

Plusieurs polluants organiques persistants, notamment le dichlorodiphényltrichloréthane (DDT), un pesticide, et les biphényles polychlorés (BPC), des produits chimiques industriels, sont considérés comme des contaminants hérités. Même si leur utilisation a été interdite ou restreinte, certaines de ces substances sont toujours présentes à des concentrations susceptibles de porter atteinte à la santé de prédateurs de niveau trophique supérieur qui ont une longue durée de vie, notamment les épaulards² et les ours blancs³, ainsi que dans les régions où elles ont été abondamment utilisées au cours de l'histoire, par exemple les Grands Lacs⁴.

Les ignifugeants bromés comme les polybromodiphényléthers (PBDE) constituent une catégorie de contaminants nouveaux qui sont décelés dans l'environnement à des teneurs croissantes depuis le milieu des années 1980, et ce, même dans les régions éloignées. Les concentrations de certains d'entre eux ont montré des signes de stabilisation ou de déclin au cours des dernières années en raison de la nouvelle réglementation et de la réduction de leur utilisation¹. Certains pesticides et herbicides sont des exemples d'autres contaminants nouveaux utilisés actuellement.

Le mercure constitue un troisième exemple de contaminant qui peut s'accumuler chez les espèces sauvages. Bien que le mercure soit un élément d'origine naturelle, une bonne partie du mercure présent dans les systèmes d'eau douce et d'eau salée provient de sources industrielles comme les centrales thermiques alimentées au charbon – et les rejets de mercure augmentent dans certaines régions du monde⁵. Par ailleurs, les concentrations de mercure chez les animaux varient considérablement, et les tendances observées sont mixtes¹.

État et tendances

diminution en général
des contaminants hérités
(l'état s'améliore);
augmentation en général
des contaminants
nouveaux
(l'état se détériore)



quelques données
fiables, mais couverture
spatiale insuffisante



RÉTABLISSMENT DES POPULATIONS DE FAUCONS PÉLERINS AU CANADA

Nombre de sites occupés par les faucons pèlerins, de 1970 à 2005



Source : Données tirées de COSEPAC, 2007⁶.

L'histoire des faucons pèlerins montre que les contaminants peuvent avoir des effets considérables sur la biodiversité et que l'interdiction et la restriction de ces substances sont efficaces. Les populations de faucons pèlerins au Canada ont chuté de façon spectaculaire entre les années 1950 et 1970, principalement en raison de l'amincissement de la coquille des œufs causée par le DDT et ses produits de dégradation⁶. À la suite de l'interdiction du DDT au Canada en 1970 (en 1972 aux États-Unis et en 2000 au Mexique), sa présence dans l'environnement a lentement diminué. Les mesures de conservation et les réintroductions de faucons ont favorisé la croissance des populations à partir du moment où les concentrations de DDT sont devenues suffisamment faibles pour que les œufs puissent éclore normalement. Dans certaines régions du Canada, comme la vallée de l'Okanagan en Colombie-Britannique, les concentrations résiduelles de DDT sont peut-être encore trop élevées pour permettre aux faucons pèlerins de nicher avec succès⁷.

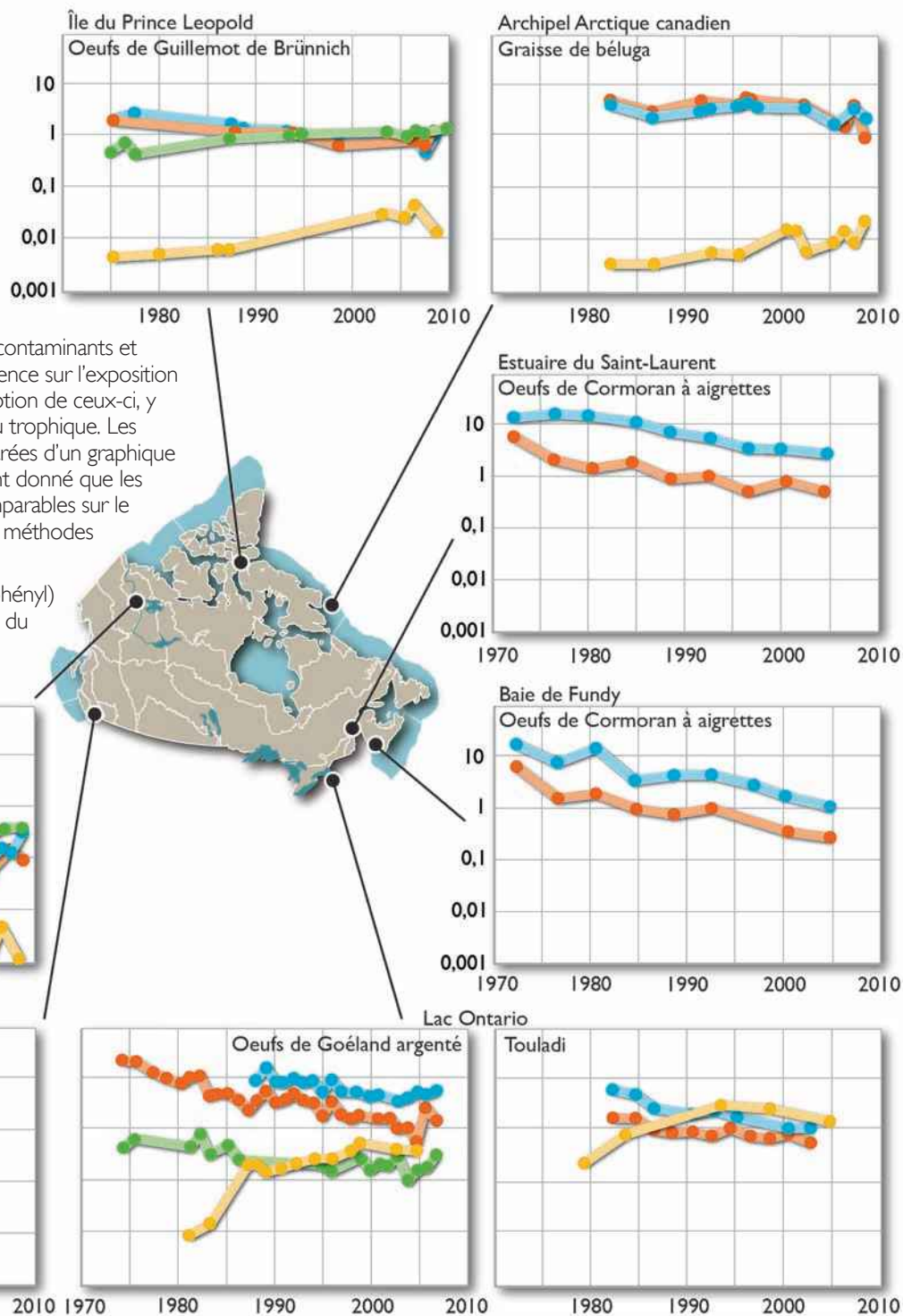
TENDANCES DES CONTAMINANTS

Concentrations en parties par million, (échelle logarithmique)

- BPC
- DDE ou DDT
- PBDE
- Mercure

Les graphiques montrent l'étendue des tendances et des teneurs de deux contaminants hérités (BPC et DDT), du mercure et d'un contaminant nouveau (PBDE) chez des animaux sauvages. Les quantités et les tendances observées sont liées en partie à la proximité des sources de contaminants et en partie à d'autres facteurs qui ont une influence sur l'exposition des animaux aux contaminants et sur l'absorption de ceux-ci, y compris l'échelon des animaux dans le réseau trophique. Les teneurs en contaminants doivent être comparées d'un graphique à l'autre de manière générale seulement, étant donné que les ensembles de données ne sont pas tous comparables sur le plan des types de tissus échantillonnés et des méthodes d'analyse et de compte rendu des données.

Remarque : Le 1,1-dichloro-2,2-bis(4-chlorophényl) éthène (DDE) est un produit de dégradation du DDT.



Sources : Lotte – Stern, 2009⁸; guillemot – Braune, 2007⁹, mis à jour par l'auteur; béluga – Stern, 2009¹⁰ et Tomy, 2009¹¹; cormorans et goélands – Environnement Canada, 2009¹²; touladi – Carlson et al., 2010¹³ et Ismail et al., 2009¹⁴.

CONTAMINANTS

Interactions des contaminants et des changements environnementaux

Les modifications des conditions environnementales causées par des facteurs de stress, par exemple les changements climatiques et la présence d'espèces non indigènes envahissantes, peuvent, dans certains cas, rendre la faune plus vulnérable aux contaminants. Les changements environnementaux se traduisant par des modifications du débit et de la chimie de l'eau ainsi que des réseaux trophiques peuvent accroître l'exposition de certaines espèces aquatiques aux contaminants^{15, 16}. Les interactions peuvent aussi rendre les animaux plus vulnérables aux effets des contaminants. Par exemple, l'alimentation des salmonidés dans les Grands Lacs comprend maintenant le gaspareau, une espèce de poisson non indigène envahissante, ce qui entraîne une carence de thiamine (vitamine B1) pouvant augmenter le taux de mortalité des jeunes poissons si elle est jumelée aux effets de contaminants comme les BPC¹⁷.

Tendances des concentrations de contaminants dans les Grands Lacs

Les contaminants hérités et le mercure sont généralement en déclin dans les Grands Lacs en raison du nettoyage des sites contaminés et de la réduction de la pollution^{4, 13}. Toutefois, les volumes importants d'eau et de sédiments agissent comme un réservoir, c'est-à-dire que les sédiments continuent de libérer des contaminants, qui se retrouvent dans l'eau et les réseaux trophiques ou qui se déposent de nouveau dans les sédiments^{19, 20}. Qui plus est, des contaminants continuent de se retrouver dans les lacs en raison du transport atmosphérique à grande distance²¹, et des rejets industriels de mercure ont toujours lieu dans le bassin des Grands Lacs⁴. Le résultat net est que le déclin du mercure et de certains contaminants hérités a ralenti dans certaines régions des Grands Lacs, de sorte qu'ils y sont toujours présents à des concentrations préoccupantes. Cette situation devrait persister un certain temps^{13, 20}.

Les concentrations d'ignifugeants bromés (PBDE) ont rapidement augmenté chez les poissons et les oiseaux à partir du début des années 1980²²⁻²⁴, mais aujourd'hui, elles sont stables ou en déclin en raison des mesures adoptées pour réduire l'utilisation et les rejets de ces substances^{24, 25}. Bien d'autres contaminants nouveaux ont plus récemment été trouvés dans des échantillons environnementaux, souvent à l'état de traces, mais on en connaît peu sur le risque que la plupart d'entre eux présentent pour les écosystèmes²⁶. Parmi les substances chimiques préoccupantes, mentionnons le perfluorooctanesulfonate (PFOS) qui est présent dans les enduits imperméabilisants et les mousses extinctrices. Cette substance s'accumule dans les réseaux trophiques et a été détectée dans des échantillons de poisson prélevés partout dans les Grands Lacs²⁷. Les contaminants nouveaux comprennent également des substances perturbatrices du système endocrinien qui proviennent de diverses sources, dont les produits pharmaceutiques. Le développement anormal des gonades chez les poissons constitue un exemple de leurs effets potentiels²⁸. De nombreux contaminants nouveaux ne proviennent pas d'émissions industrielles, mais plutôt de l'utilisation et de l'élimination de produits de santé et d'hygiène personnelle ainsi que d'autres produits de consommation, ce qui nécessite de nouvelles approches de gestion des risques pour les contaminants dans les Grands Lacs²⁶.

EFFETS DE LA DIMINUTION DE LA GLACE DE MER SUR LA TENEUR EN CONTAMINANTS DES PHOQUES ET DES OURS BLANCS

Les changements des conditions de la glace de mer font en sorte que les ours blancs de l'ouest de la baie d'Hudson consomment moins de phoques barbus (qui se nourrissent d'invertébrés) et plus de phoques d'eau libre (qui s'alimentent de poissons)¹⁸. Étant donné que la chair des phoques qui consomment des poissons contient davantage de contaminants, la concentration des contaminants hérités chez les ours blancs n'est peut-être pas en train de diminuer autant que ce à quoi on aurait pu s'attendre si leur régime alimentaire n'avait pas changé, et les concentrations des contaminants nouveaux pourraient être en train d'augmenter à un rythme plus rapide. Par exemple, on estime que l'augmentation de la concentration des ignifugeants bromés (PBDE) chez les ours blancs de l'ouest de la baie d'Hudson a été 28 % plus rapide durant la période allant de 1991 à 2007 que celle qui aurait eu lieu si les ours avaient conservé le même régime alimentaire¹⁸.



Phoque barbu

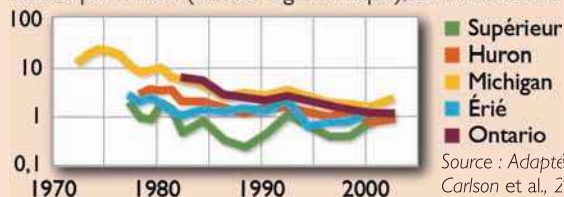
EFFETS DES CHANGEMENTS DANS LE RÉGIME DES INCENDIES SUR LA TENEUR EN MERCURE DES POISSONS

Des changements dans le régime des feux peuvent favoriser la prolifération des algues dans les lacs et augmenter la teneur des poissons en contaminants. Une étude menée dans le parc national de Jasper⁶ a révélé que les incendies dans le bassin versant d'un lac en 2000 avaient augmenté l'apport d'éléments nutritifs dans le lac pendant plusieurs années. Cet apport a entraîné une augmentation de la production d'algues, qui a engendré une augmentation de l'abondance des invertébrés, rendant le réseau trophique du lac plus complexe. Résultat : une augmentation de la bioaccumulation de mercure chez le touladi et la truite arc-en-ciel.



BPC DANS LES POISSONS DES GRANDS LACS

Concentrations totales de BPC chez les touladis (dorés jaunes dans le lac Érié)
Parties par million (échelle logarithmique), de 1972 à 2002



Source : Adapté de Carlson et al., 2010¹³.

Les concentrations de BPC chez les poissons ont décliné rapidement jusqu'au milieu des années 1980, diminuant de moitié tous les trois à six ans. Depuis ce temps, elles diminuent lentement ou ne présentent pas de tendance significative¹³.



Effets des contaminants sur la faune

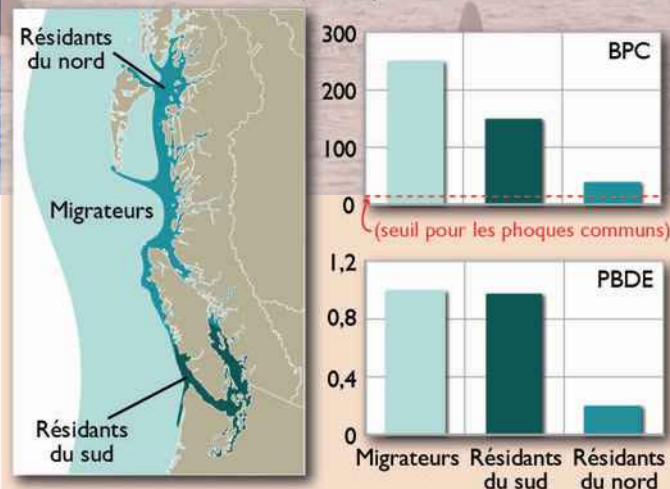
Les polluants organiques persistants, ainsi que le mercure, ont tendance à s'accumuler davantage dans les écosystèmes aquatiques que dans les écosystèmes terrestres. Les concentrations sont amplifiées à mesure qu'ils cheminent vers le haut du réseau trophique, ce qui signifie qu'on observe les plus fortes concentrations de contaminants chez les prédateurs de niveau trophique supérieur, tout particulièrement les mammifères marins et les oiseaux piscivores.

À l'heure actuelle, il n'y a aucune preuve d'effets répandus associés à des contaminants chez la faune de l'Arctique canadien, bien que les ours blancs du sud et de l'ouest de la baie d'Hudson, ainsi que certains oiseaux marins de Haut-Arctique, montrent des teneurs en contaminants qui pourraient les mettre à risque³. Cependant, les données actuelles sont fondées seulement sur des études de quelques espèces et reposent généralement sur les effets d'un seul contaminant. Il existe peu de données sur les effets des mélanges de contaminants auxquels sont exposées les espèces sauvages ainsi que sur les interactions des contaminants et des autres changements dans les écosystèmes³.

Les teneurs en contaminants sont beaucoup plus élevées dans certaines régions du sud du Canada qu'elles le sont dans l'Arctique (voir les graphiques précédents sur les tendances des contaminants). Chez les espèces sauvages, elles dépassent souvent les valeurs seuils à partir desquelles on observe des effets biologiques dans le cadre d'études en laboratoire (habituellement chez d'autres espèces que celles qui sont préoccupantes dans la nature). Bien qu'une preuve plus directe des effets des contaminants sur la faune soit difficile à obtenir, les liens entre les concentrations élevées de contaminants et les effets observés, par exemple des tumeurs, des gonades anormales ou un faible succès de reproduction^{17, 28}, soulèvent des préoccupations quant à la conservation de certaines espèces. L'un des effets connus les plus probants est l'amincissement de la coquille des œufs d'oiseaux causé par le DDT²⁹. Par ailleurs, on croit que les concentrations élevées de contaminants contribuent au déclin de plusieurs populations d'espèces sauvages, notamment les Goélands argentés dans les Grands Lacs³⁰ et les bélugas dans l'estuaire du Saint-Laurent^{31, 32}.

CONTAMINANTS CHEZ LES ÉPAULARDS AU LARGE DE LA CÔTE DU PACIFIQUE

Teneurs moyennes d'échantillons de tissus prélevés d'épaulards, au milieu des années 1990, en parties par million



Source : Adapté de Ross, 2006³³.

On sait que les BPC et les PBDE ont des effets négatifs sur le développement neurologique, le développement du système reproducteur et le fonctionnement du système immunitaire de mammifères marins³³. Étant donné que les épaulards sont des prédateurs de niveau trophique supérieur qui ont une longue durée de vie, ils accumulent des concentrations élevées de polluants organiques persistants, notamment les BPC et les PBDE^{29, 34, 35}. Les concentrations de BPC mesurées chez les trois populations d'épaulards qui vivent le long de la côte de la Colombie-Britannique dépassent les valeurs auxquelles on a observé des effets sur la santé chez les phoques communs³³, et les teneurs en BPC mesurées dans deux de ces populations sont parmi les plus élevées jamais enregistrées chez des mammifères marins à l'échelle mondiale³⁵.

La forte variation des concentrations de contaminants parmi les populations est liée à leurs habitudes alimentaires. Les épaulards migrateurs se nourrissent de mammifères marins, ce qui les situe plus haut dans le réseau trophique, alors que les deux populations d'épaulards résidents se nourrissent surtout de saumons qui absorbent des contaminants provenant de sources mondiales dans l'océan Pacifique Nord²⁹. Les épaulards résidents du sud consomment également des proies qui ingèrent des contaminants provenant des eaux résiduaires industrielles le long de la côte sud de la Colombie-Britannique et de la côte nord-ouest de l'État de Washington, d'où une plus forte accumulation de BPC et de PBDE²⁹. Ces contaminants ou d'autres contaminants pourraient contribuer au déclin de cette population d'épaulards en voie de disparition (voir Zones marines)³⁶.

CHARGE EN ÉLÉMENTS NUTRITIFS ET EFFLORESCENCES ALGALES

CONSTATATION CLÉ 12. 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.

La charge en éléments nutritifs correspond au rejet dans l'environnement, par les activités humaines, d'azote, de phosphore et d'autres éléments nutritifs¹. Les engrais agricoles, les phosphates de détergents et les eaux usées urbaines constituent des exemples de sources d'éléments nutritifs pour les systèmes aquatiques. L'augmentation de la quantité d'éléments nutritifs stimule la croissance du phytoplancton, c'est-à-dire les bactéries et les algues qui constituent le fondement des réseaux trophiques aquatiques, mais il peut s'ensuire des effets négatifs sur les écosystèmes aquatiques².

Une charge excessive en éléments nutritifs peut causer des **efflorescences algales** (augmentations rapides de la croissance du phytoplancton) et, à l'occasion, des **zones mortes**. Les efflorescences algales peuvent créer des zones mortes par l'intermédiaire de deux mécanismes, soit en consommant de l'oxygène à un point tel que les autres plantes et animaux ne peuvent survivre ou, dans le cas de quelques espèces de phytoplancton (principalement les algues bleu-vert en eaux douces et les dinoflagellés en eaux salées), en formant des efflorescences néfastes qui produisent des composés toxiques létaux pour d'autres organismes³. Les efflorescences algales ont été la cause de nombreux épisodes de mortalité massive de poissons. Cependant, seulement environ 2 % des 2000 espèces de phytoplancton d'eau douce décrites et des 3400 à 4000 espèces connues de phytoplancton marin estimées sont toxiques^{4,5}.

Bien qu'il y ait des efflorescences algales d'origine naturelle, les charges en éléments nutritifs contribuent à l'augmentation de leur fréquence, de leur étendue et de leur intensité⁶. Les températures croissantes de l'eau peuvent également être un élément contributif, et on s'attend à ce que les changements climatiques entraînent des conséquences sur le plan de la distribution, de la saisonnalité et de la fréquence des efflorescences algales⁷.

Les efflorescences d'algues, qu'elles soient toxiques ou non, se produisent partout au Canada dans les lacs, les réservoirs, les étangs, les rivières, les marécages et les estuaires. Elles ont été signalées dans les régions de la côte et de l'intérieur de la Colombie-Britannique, dans les Prairies (système du lac Qu'Appelle⁸), dans le centre du Canada (lac Winnipeg⁹ et lac des Bois), dans les Grands Lacs et le Bouclier boréal en Ontario, dans les plaines à forêts mixtes, le Bouclier boréal et le fleuve Saint-Laurent au Québec et dans la région maritime de l'Atlantique⁴.

Tendances mondiales

Plus de 400 zones mortes ont été rapportées dans les eaux côtières partout dans le monde⁶. On prévoit que les charges en éléments nutritifs dans les écosystèmes terrestres, d'eau douce et côtiers vont augmenter de manière substantielle au cours des années qui viennent¹.

État et tendances

l'état s'améliore aux endroits où les apports d'éléments nutritifs ont été réduits



l'état se détériore aux endroits où les efflorescences algales augmentent et où les apports d'éléments nutritifs ne sont pas contrôlés



quelques données fiables, mais couverture spatiale limitée; tendances temporelles souvent trop courtes

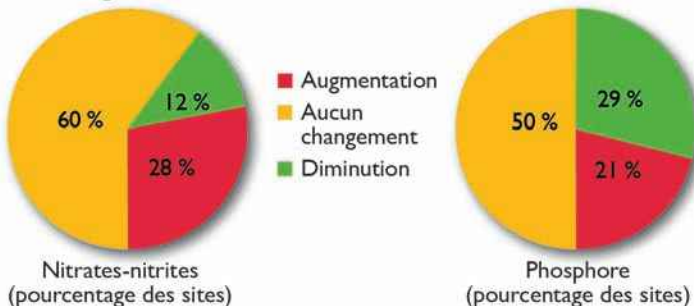


réapparition d'efflorescences algales à certains endroits où les apports d'éléments nutritifs ont été réduits



CONCENTRATIONS D'AZOTE ET DE PHOSPHORE DANS LES PLANS D'EAU

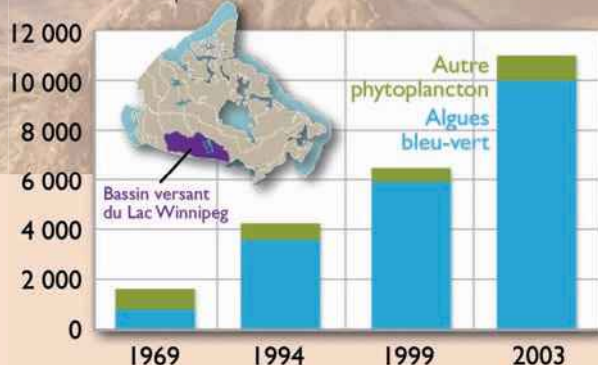
Pourcentage de sites avec des tendances à la hausse, à la baisse ou stables, entre 1990 et 2006



Remarque : Ces résultats concernent 83 sites dans le cas de l'azote et 76 sites dans le cas du phosphore, et ils ont été obtenus dans le cadre de programmes provinciaux et fédéraux de surveillance de la qualité de l'eau.
Source : Adapté d'Environnement Canada, 2010².

EFFLORESCENCES ALGALES DANS LE LAC WINNIPEG

Biomasse du phytoplancton (mg/m^3) entre la fin de juillet et le début de septembre, de 1969 à 2003



Source : Adapté de Shipley et Kling, 2010¹⁰.

Le bassin versant du lac Winnipeg est le deuxième en importance au Canada, et il couvre 953 000 km^2 dans quatre provinces canadiennes et quatre États américains. Soixante-huit pour cent du bassin versant draine des régions agricoles, à savoir des terres cultivées et des pâturages. Ce bassin versant est également habité par 6,6 millions de personnes et 20 millions d'animaux d'élevage¹¹. L'intensification de l'agriculture, du défrichage et du drainage des milieux humides ainsi que la croissance rapide de la population humaine ont mené à une augmentation de l'azote et du phosphore dans le lac^{11, 12}. L'un des signes les plus évidents de la charge accrue en éléments nutritifs dans le lac Winnipeg est le développement d'efflorescences algales étendues qui sont constituées essentiellement d'algues bleu-vert. Les efflorescences ont déjà atteint une superficie de 10 000 km^2 , couvrant à certaines périodes une grande partie du bassin nord du lac. Entre 1969 et 2003, la biomasse moyenne du phytoplancton s'est multipliée par cinq. En outre, la composition en espèces a changé, les algues bleu-vert étant de plus en plus abondantes, particulièrement depuis le milieu des années 1990¹¹.

Les efflorescences algales dans le lac Winnipeg sont préoccupantes pour les personnes qui s'adonnent à des activités récréatives et pour les pêcheurs, puisqu'elles salissent les plages et couvrent les filets. La décomposition des vastes efflorescences peut réduire la quantité d'oxygène dans l'eau, ce qui peut causer du tort aux poissons et aux autres organismes aquatiques du lac. Malgré tout, les efflorescences algales n'ont pas provoqué le déclin des activités de pêche commercialement importantes dans le lac Winnipeg, la production de doré jaune dans le lac Winnipeg atteignant en fait aujourd'hui des sommets jamais vus dans toute l'histoire de la pêche commerciale¹¹.

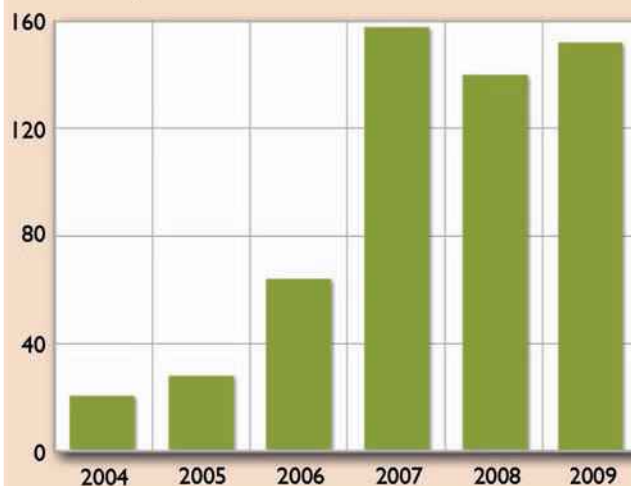


Greg McCullough

Efflorescence algale souillant une plage au lac Winnipeg

EFFLORESCENCES ALGALES NUISIBLES AU QUÉBEC

Nombre de plans d'eau



Source : Adapté du ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, 2009¹².

Les efflorescences algales nuisibles semblent être en progression dans les lacs et les réservoirs partout au Canada, bien que les données de suivi à long terme dont nous disposons à ce sujet ne soient pas suffisantes (les tendances disponibles couvrent habituellement des périodes de moins de 10 ans, et les cas rapportés d'augmentation des efflorescences algales reposent souvent sur des observations peu rigoureuses). Au Québec, le nombre de plans d'eau touchés par des efflorescences algales nuisibles est passé de 21 en 2004 à 150 en 2009¹³.

En Alberta, 75 % des lacs et des réservoirs sont envahis par des efflorescences d'algues nuisibles au moins une fois durant la saison sans couverture de glace¹⁴. À Fort Smith, près de la bordure nord des plaines boréales, les Autochtones ont observé une surabondance d'algues qui couvrent les berges de la rivière et obstruent les filets de pêche¹⁵.

CHARGE EN ÉLÉMENTS NUTRITIFS ET EFFLORESCENCES ALGALES

EFFLORESCENCES ALGALES DANS LES GRANDS LACS

Historiquement, à l'exception des baies peu profondes et des marais de rivage, les eaux des Grands Lacs ont toujours été fraîches et claires, leur productivité étant naturellement faible¹⁶. Le développement urbain et agricole a fait augmenter la charge en éléments nutritifs provenant surtout d'eaux usées, de détergents phosphatés et d'engrais.

Durant les années 1920, le lac Érié a été le premier Grand Lac à montrer un grave problème lié à une charge excessive en éléments nutritifs¹⁶. Non seulement s'agit-il du plus vulnérable parce qu'il est le moins profond, le plus chaud et le plus naturellement productif des Grands Lacs, mais il a été le premier dont les rives ont connu un développement urbain et agricole de forte intensité.

Puis, dans les années 1960, l'alarme publique a augmenté à la suite de l'apparition d'algues filamenteuses qui couvraient les plages d'amas verdâtres, visqueux et pourrissants et qui faisaient croire aux gens que le lac Érié était « en train de mourir ». Des travaux de recherche ont montré que le phosphore était l'élément déclencheur, et l'Accord de 1972 relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs a permis d'instaurer des règlements visant à réduire les sources ponctuelles de phosphore dans les lacs. Dix ans après, les sources non ponctuelles de phosphore ont également fait l'objet de mesures de limitation, ce qui a mené au nettoyage des Grands Lacs et à l'une des plus grandes histoires de réussite en matière de coopération environnementale internationale.

Au cours de la dernière décennie, les proliférations massives d'algues bleu-vert toxiques et les efflorescences algales nuisibles sont réapparues dans les lacs Érié, Ontario, Huron et Michigan, de même que dans certains lacs avoisinants comme le lac Champlain. Les causes des efflorescences algales récentes sont plus complexes qu'autrefois, et leurs effets sont plus nuisibles. Les apports de phosphore semblent être en train d'augmenter de nouveau, tout particulièrement en provenance du bassin versant agricole de l'Ohio¹⁷, et une proportion grandissante du phosphore se présente sous une forme biologiquement disponible qui favorise les efflorescences algales près des rives¹⁸. Les moules quagga envahissantes exacerbent le problème en raison de leur capacité à extraire sélectivement les algues comestibles et à laisser derrière les algues bleu-vert toxiques du genre *Microcystis*¹⁹⁻²¹. Les efflorescences de *Microcystis* sont particulièrement préoccupantes pour deux raisons : 1) elles constituent une piètre source alimentaire pour le zooplancton, aliment important des larves de poissons ; et, 2) elles peuvent renfermer une toxine qui peut endommager le foie des animaux, y compris celui des humains, qui l'ingèrent²².



NOAA, 2009²⁴

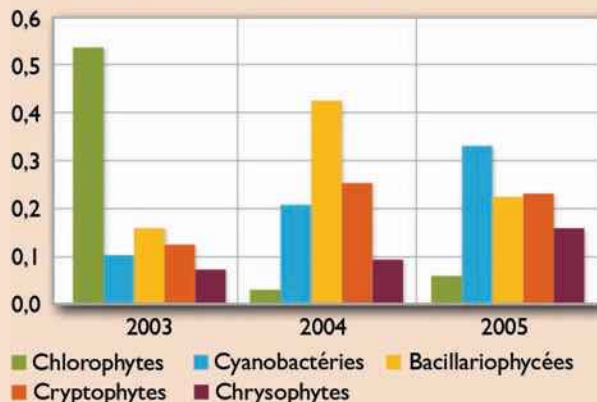
Efflorescence algale dans la partie ouest du lac Érié le 25 août 2009



Source : Adapté de Watson et al., 2008²⁴.

COMPOSITION EN ESPÈCES DU PHYTOPLANCTON DANS LE LAC ÉRIÉ

Proportion relative de chlorophylle a



Des diminutions marquées des chlorophytes (algues vertes) et des augmentations importantes des cyanobactéries (algues bleu-vert) ont eu lieu de 2003 à 2005. Les algues bleu-vert produisent des efflorescences nuisibles, alors que ce n'est pas le cas pour les algues vertes.

Source : Millie et al., 2009²⁵.

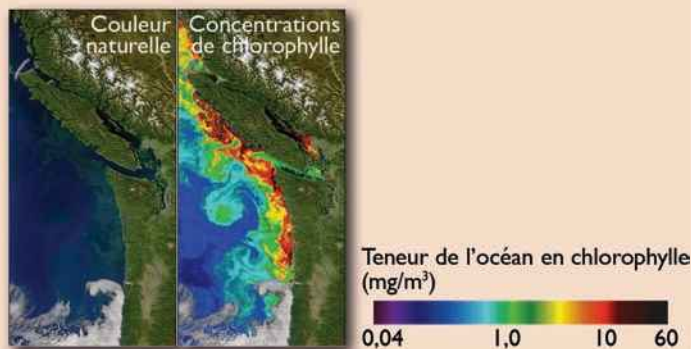
Michel Starr, Institut Maurice-Lamontagne, MPO

EFFLORESCENCES ALGALES NUISIBLES DANS LES OCÉANS

Dans les systèmes marins, les efflorescences de phytoplancton toxique sont connues sous le nom de marées rouges ou d'efflorescences algales nuisibles. Elles peuvent avoir des effets nocifs graves sur la santé humaine et causent une importante mortalité chez les poissons, les mollusques et les crustacés; elles ont aussi été impliquées dans la mortalité épisodique de mammifères marins, d'oiseaux de mer et d'autres animaux qui dépendent du réseau trophique marin. Depuis les années 1970, les efflorescences algales nuisibles se produisent plus fréquemment, occupent de plus grandes surfaces et se répandent à l'échelle mondiale⁵.

La baie de Fundy a un long historique d'efflorescences algales. Les périodes prolongées de vents faibles, de brouillard et de températures accrues de l'eau durant l'été sont propices aux efflorescences d'algues, qui peuvent modifier la couleur de l'eau, former des marées rouges et rendre la chair des mollusques toxique pour les animaux et les humains qui les consomment²⁷.

Les efflorescences algales nuisibles ont fait leur apparition au cours des dernières années sur la côte ouest de l'Amérique du Nord, y compris la côte ouest de l'île de Vancouver. Ces efflorescences d'algues pourraient être reliées à la chute de la teneur en oxygène dissous qui a été observée au cours des 25 dernières années. Des épisodes de mortalité massive de poissons, qui seraient associés à ces efflorescences algales, ont été observés au large des côtes de l'État de Washington et de l'État de l'Oregon, mais non au large de la côte ouest du Canada²⁸.

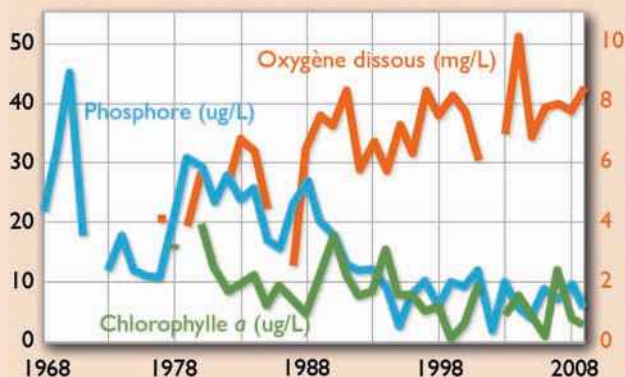


Remarque : Efflorescence d'algues toxiques au large de la côte ouest de l'île de Vancouver et de l'État de Washington. À gauche, photo de couleur naturelle et, à droite, photo rehaussée pour révéler les concentrations de chlorophylle.

Source : NASA, Earth Observatory, 2009²⁹.

RÉDUCTION DE LA CHARGE EN ÉLÉMENTS NUTRITIFS DANS LE LAC SKAHA EN COLOMBIE-BRITANNIQUE

Microgrammes par litre de phosphore et de chlorophylle *a*, et milligrammes par litre d'oxygène dissous, de 1968 à 2008



Source : Mise à jour de Jensen et Epp, 2002²⁶.

Le bassin de la rivière Okanagan se draine par l'intermédiaire d'un enchaînement de lacs dans l'intérieur du sud de la Colombie-Britannique, qui se jettent ultimement dans le fleuve Columbia. Depuis le début des années 1970, des mesures de limitation ont été mises en place dans la région pour réduire la pollution due aux éléments nutritifs, les baisses les plus marquées ayant été observées sur le plan des apports liés à l'agriculture et aux eaux usées. Cela a entraîné des baisses considérables de phytoplancton (selon la teneur en chlorophylle *a*) et de phosphore et une augmentation de l'oxygène dissous. Le lac Skaha est l'un des lacs du bassin de l'Okanagan où la charge en éléments nutritifs a été réduite.



DÉPÔTS ACIDES

État et tendances

CONSTATATION CLÉ 13. 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.

amélioration pour
l'est du Canada et
détérioration pour
certaines parties de
l'Ouest canadien



tendances claires



Les dépôts acides, parfois appelés pluies acides, se produisent lorsque des polluants soufrés et azotés réagissent avec l'eau dans l'atmosphère et se déposent sur la Terre¹. Ce phénomène ne se limite pas aux pluies acides, puisqu'il comprend notamment les gaz acidogènes et les particules sèches. Les polluants proviennent des procédés industriels et peuvent voyager à des milliers de kilomètres. C'est la combinaison des dépôts acides et de la sensibilité à l'acide du sol, de l'eau, de la flore et de la faune qui détermine la gravité des effets sur la biodiversité.

L'importance des dépôts acides s'explique par le fait que les algues, les invertébrés, les poissons, les amphibiens et les oiseaux sont influencés par la présence d'une acidité accrue, laquelle réduit leur taux de survie, de croissance et de succès de reproduction, tout en causant des changements ou des pertes chez les espèces qui leur servent de proie¹⁻⁶. L'acidification des systèmes aquatiques peut entraîner des augmentations de méthylmercure, dont la bioaccumulation influe sur les embryons et les jeunes animaux⁷⁻¹⁰. L'acidification peut aussi avoir un effet négatif sur le taux de croissance et la santé des arbres, par exemple dans le cas de l'érable à sucre et de l'épinette rouge dans le nord-est de l'Amérique du Nord^{11, 12}.

Sensibilité du sol et seuils

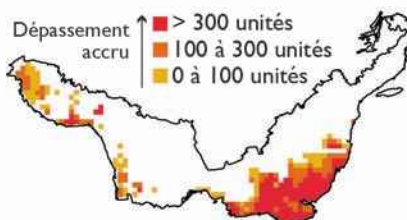
Les écosystèmes possèdent différents degrés de sensibilité à l'acide selon leur géologie et les sols. Ainsi, le taux maximal de dépôts acides qu'un sol peut tolérer sans porter atteinte à son intégrité écologique, soit la « charge critique », diffère d'un écosystème à l'autre¹³.

Les sols sensibles à l'acide reposent généralement sur un substrat rocheux légèrement soluble, recouvert d'une mince couche de sol d'origine glaciaire¹⁴. Ils possèdent une moins grande capacité tampon.

Les charges critiques peuvent être dépassées soit lorsque des sols extrêmement sensibles reçoivent de faibles concentrations de dépôts acides, soit lorsque des sols moins sensibles reçoivent des concentrations élevées de dépôts acides. La carte montre les endroits où les charges critiques ont été dépassées dans le Bouclier boréal. Le potentiel de dépassement des charges critiques dans le nord-ouest de la Saskatchewan est également préoccupant en raison du haut degré de sensibilité à l'acide de nombreux lacs dans cette région (68 % des 259 lacs évalués en 2007-2008) et de leur situation en aval des émissions acidifiantes provenant de l'exploitation pétrolière et gazière¹⁵. De façon similaire, les émissions de soufre liées au transport dans le sud-ouest de la Colombie-Britannique sont de plus en plus problématiques, comme en témoigne le dépassement des charges critiques terrestres dans 32 % du bassin de Georgia en 2005-2006¹⁶.

RÉGIONS OÙ LES DÉPÔTS ACIDES DÉPASSENT LA CHARGE CRITIQUE DANS LE BOUCLIER BORÉAL

Nombre d'unités au-dessus de la charge critique, 2009

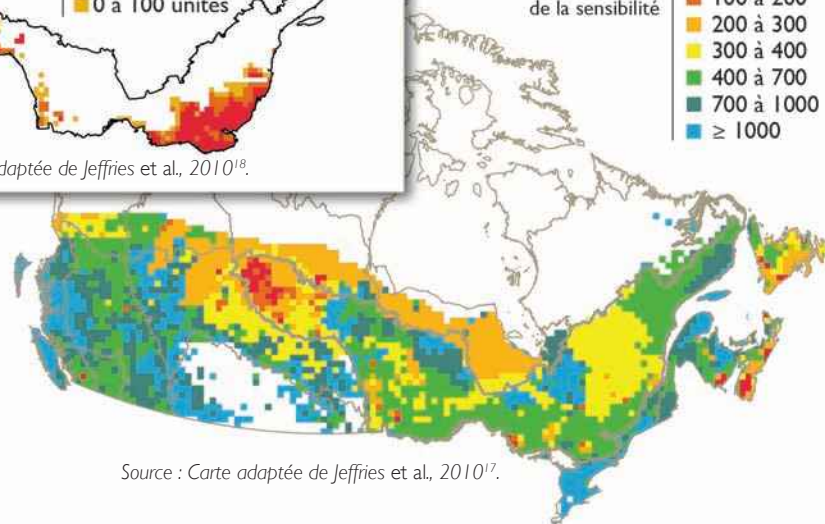
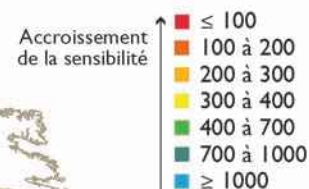


Source : Carte adaptée de Jeffries et al., 2010¹⁸.

SENSIBILITÉ DU SOL À L'ACIDITÉ

Indice de la charge critique, 2008

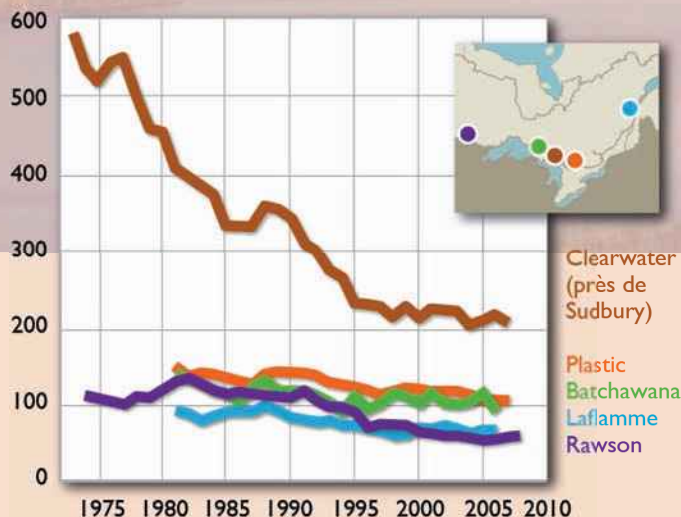
Les catégories du jaune au rouge correspondent aux sols sensibles à l'acide



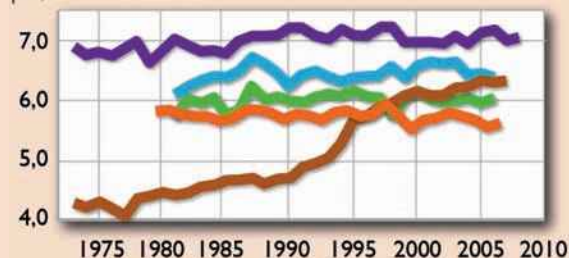
Source : Carte adaptée de Jeffries et al., 2010¹⁷.

TENDANCES DES CONCENTRATIONS DE SULFATE ET DE L'ACIDITÉ DES LACS DU BOUCLIER BORÉAL

Sulphates (microéquivalent par litre), de 1972 à 2008



pH, de 1972 à 2008



La réponse du lac Clearwater est liée à sa proximité des sources d'émissions de dioxyde de soufre à Sudbury.

Source : Adapté de Jeffries et al., 2003¹⁹.

De 1980 à 2006, les émissions de dioxyde de soufre au Canada et aux États-Unis ont chuté d'environ 45 %, et les émissions d'oxydes d'azote ont diminué d'environ 19 %²⁰. Bien que l'on ait relevé des diminutions marquées de la présence de sulfates dans les lacs peu après les réductions d'émissions¹⁹⁻²¹, la réponse de l'acidité des lacs (mesurée par le pH) s'est manifestée lentement et de façon moins généralisée, ce qui est, en partie attribuable aux diminutions de calcium, également en lien avec les dépôts acides²⁰. Les chutes de calcium ont également menacé certaines espèces clés de zooplancton²².

Des améliorations encourageantes sur le plan biologique ont été remarquées à certains endroits^{1, 21, 23-26}. Même à la suite d'une récupération chimique, les communautés biologiques risquent de ne pas retrouver leur condition précédant l'acidification, car de nombreux facteurs autres que l'acidité exercent une influence sur le rétablissement biologique^{23, 27}.



Roy Neureuther, EC – S et T de l'eau

EFFETS DE L'ACIDIFICATION SUR LE SAUMON DE L'ATLANTIQUE

État des rivières à saumons en Nouvelle-Écosse, 1996



Source : Adapté de Watt et al., 2000²⁸.

Malgré les plus faibles taux de dépôts acides enregistrés dans l'est de l'Amérique du Nord, l'écozone⁺ maritime de l'Atlantique détient les eaux parmi les plus acides en raison du faible pouvoir tampon du sol^{29, 30}.

Aucun changement mesurable du pH ne s'est produit malgré les diminutions d'émissions de dioxydes de soufre. Ce phénomène a fait en sorte qu'il s'agit de l'habitat du poisson le plus gravement atteint en Amérique du Nord²⁹. Le saumon atlantique est extrêmement sensible à l'acidité et, en 1996, 14 migrations de saumon atlantique sur le littoral de la Nouvelle-Écosse ont disparu à cause de l'acidité de l'eau, 20 autres ont subi des répercussions sévères, alors que 15 autres ont été légèrement touchées²⁸. On s'attend à ce que le rétablissement des propriétés chimiques de l'eau et de l'environnement prenne des décennies de plus en Nouvelle-Écosse qu'ailleurs au Canada²⁸⁻³⁰.

Tendances mondiales



Autrefois reconnu comme un problème seulement en Europe et dans certaines parties de l'Amérique du Nord, les dépôts acides constituent désormais un problème environnemental qui est également présent dans les régions de l'Asie et du Pacifique³¹. Des réductions considérables d'émissions de soufre ont également été réalisées dans certaines parties de l'Europe³².

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

CONSTATATION CLÉ 14. 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.

Les changements climatiques incluent l'augmentation des températures mondiales et de la fréquence des phénomènes météorologiques extrêmes provoquée par les activités humaines qui modifient la composition chimique de l'atmosphère par l'accumulation de gaz à effet de serre qui piègent la chaleur et la redirigent vers la surface du globe¹. **L'importance des changements climatiques** s'explique par le fait que le climat conditionne la répartition des organismes, ainsi que la nature et le caractère des écosystèmes². Les augmentations prévues de la température pourraient être supérieures aux seuils de tolérance biologique de nombreuses espèces et de nombreux écosystèmes au Canada, ce qui diminuerait leur capacité à se rétablir à la suite de perturbations et augmenterait les risques d'extinction de nombreuses espèces³.

État et tendances

tendance au réchauffement rapide (l'état se détériore) avec des répercussions étendues sur la biodiversité



quelques données fiables, mais couverture spatiale et temporelle souvent insuffisante; tendances claires



dans plusieurs écosystèmes, les effets commencent seulement à être ressentis



Les changements climatiques ont des répercussions sur tous les éléments des écosystèmes et jouent un rôle, parfois secondaire, dans de nombreuses constatations clés de ce rapport.

- Températures plus élevées au Canada
- Printemps plus précoces
- Modification de la configuration des précipitations

CLIMAT

- **Fonte** des glaces et **réchauffement** du pergélisol
- Modification de l'**écoulement** et abaissement du **niveau des lacs**
- **Raccourcissement** des saisons de **couverture neigeuse** et de la **glace lacustre**
- Augmentation de l'**érosion côtière**
- Augmentation du **niveau de la mer**
- Augmentation de la **productivité primaire terrestre**
- Propagation de certaines **maladies** de la faune
- **Survie** plus longue de certains **insectes forestiers** en hiver
- Augmentation des **feux irréprimés**

PROCESSUS PHYSIQUES ET BIOLOGIQUES

- Déclins de l'**abondance de certaines espèces**
- Changements des **aires de répartition**, des **périodes de reproduction** et des **habitudes de déplacement**

ESPÈCES

- **Rétrécissement** du **biome de glace de mer**
- Augmentation du nombre d'arbustes dans la **toundra**
- Changements des forêts en tant que zones de transition
- Changements dans les **paysages et milieux humides de pergélisol**
- Changements dans les **réseaux trophiques** et les **cycles de population**

COMMUNAUTÉS ET BIOMES

Plus de réactions et d'interactions avec les autres facteurs de stress

Augmentation de la durée d'apparition des effets des changements climatiques

Surveillance moins efficace, durées d'enregistrement plus courtes, moins de certitude

Tendances mondiales

Entre 1906 et 2005, la température mondiale moyenne à la surface a augmenté de 0,74 °C. Le réchauffement est très répandu dans le monde entier, plus important sous les latitudes septentrionales et plus rapide sur la terre que dans les océans. Le niveau mondial moyen de la mer a augmenté depuis 1961 à un rythme moyen de 1,8 mm par an et a atteint, depuis 1993, une valeur de 3,1 mm par an⁴.

Les recherches nous permettent de mieux comprendre l'influence des changements climatiques sur les écosystèmes. Les modèles climatiques mondiaux nous fournissent des projections des futurs climats. D'après les données (tendances, changements soudains, signes précoces d'écarts par rapport aux modèles établis et observations locales des changements écologiques), les répercussions se manifestent déjà.

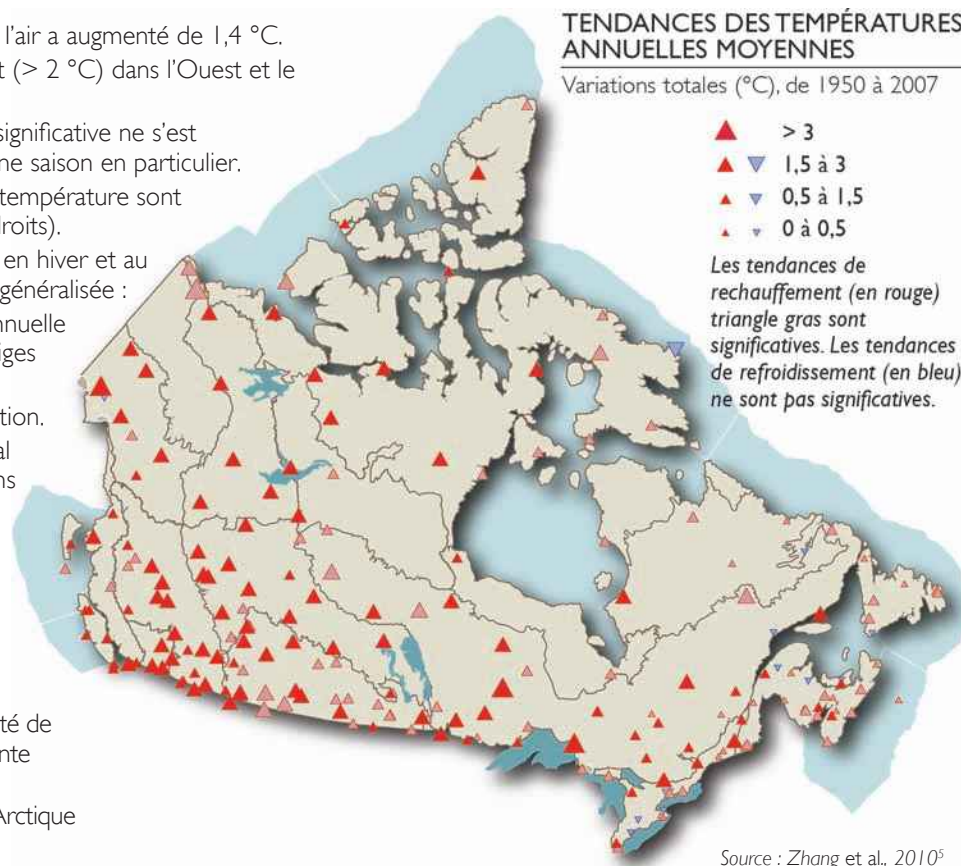


iStock.com

Tendances climatiques au Canada, de 1950 à 2007⁵

Température

- La température annuelle moyenne de l'air a augmenté de 1,4 °C.
- Le réchauffement a été plus important (> 2 °C) dans l'Ouest et le Nord-Ouest.
- Aucune tendance au refroidissement significative ne s'est manifestée dans un endroit ou dans une saison en particulier.
- Les plus grandes augmentations de la température sont survenues l'hiver (> 4 °C dans 26 endroits).
- Le réchauffement était plus prononcé en hiver et au printemps, ce qui a entraîné de façon généralisée :
 - une diminution de l'accumulation annuelle de neige l'hiver et une fonte des neiges précoce;
 - l'avancement de la saison de végétation.
- Les tendances au réchauffement estival étaient principalement regroupées dans le sud-ouest et le sud-est du Canada.
- Les plus faibles changements de température sont survenus à l'automne.

Source : Zhang et al., 2010⁵

Précipitations

- Les précipitations annuelles ont augmenté de façon générale et de façon plus importante dans le nord du Canada.
- Les précipitations ont augmenté dans l'Arctique pendant toutes les saisons sauf l'été.
- Les précipitations hivernales ont diminué dans le sud-ouest et le sud-est du Canada.
- La proportion de précipitations qui tombent sous forme de neige a diminué dans le sud du Canada.

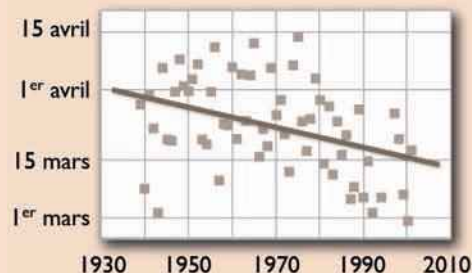
CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Les printemps plus précoces entraînent des modifications aux périodes de migration et de nidification des oiseaux

La tendance à l'avancement et au réchauffement de la saison printanière semble entraîner une nidification plus précoce dans les prairies pour certaines espèces de sauvagine et une éclosion plus précoce pour certains oiseaux de mer.

DATES D'ARRIVÉE DES BERNACHES DU CANADA, DELTA MARSH

De 1939 à 2001



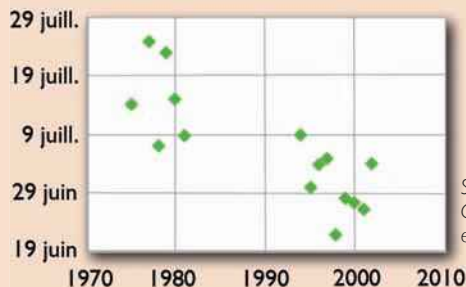
La période d'arrivée annuelle au Delta Marsh, le long des berges du lac Manitoba, était étroitement liée à la température moyenne en mars dans le cas d'environ la moitié des 96 espèces

Source : Adapté de Murphy-Klassen et al., 2005⁶.

d'oiseaux migrateurs étudiées, y compris la Bernache du Canada. Les dates d'arrivée au printemps de la plupart de ces espèces ont avancé à un rythme compris entre 0,6 et 2,6 jours pour chaque degré Celsius d'augmentation de la température moyenne en mars⁶.

DATES D'ÉCLOSION DES MACAREUX HUPPÉS, ÎLE TRIANGLE

De 1975 à 2002



Sources : Adapté de Gjerdrum et al., 2003⁷ et Gaston et al., 2009⁸.



Depuis les 30 dernières années, la saison de reproduction du Macareux huppé, du Macareux rhinocéros et du Starique de Cassin est devancée à l'île Triangle, au large de la côte de la Colombie-Britannique. Les populations de ces oiseaux de mer nichant dans les temiers ont diminué entre 1984 et 2004, probablement en raison des variations dans les conditions océaniques. Ces déclin sont peut-être partiellement causés par une mauvaise synchronisation entre la période d'éclosion des œufs et la période où la nourriture est la plus abondante, comme le cas a été confirmé pour le Starique de Cassin⁸.

DÉPLACEMENT VERS LE NORD

Le déplacement des aires de répartition des espèces, en général vers le nord, a été observé à de nombreux endroits au pays. Bon nombre de ces déplacements sont probablement liés aux changements climatiques. Voici certains exemples :

- L'extrémité nord de l'aire de reproduction des oiseaux terrestres qui se reproduisent dans le sud du Canada s'est déplacée vers le nord de 2,4 km par année, en moyenne, entre 1964 et 2002. Par exemple, l'aire de répartition de la Grive à dos olive s'est étendue de 141 km vers le nord au cours de cette période⁹.
- La diminution de la glace de mer dans les détroits de l'Arctique a entraîné une expansion de l'aire de répartition des épaulards jusqu'à la baie d'Hudson, où on peut désormais les observer chaque été¹⁰.
- Depuis les années 1960, dans les Territoires du Nord-Ouest, on a remarqué un déplacement vers le nord des aires de répartition du cerf de Virginie, du coyote, du bison des bois, du cougar, des pies et de la tique du wapiti, un parasite^{11, 12}.
- Depuis 1974, le cerf de Virginie s'est déplacé vers le nord, de la Colombie-Britannique au Yukon, et son aire de répartition s'étend maintenant jusqu'au centre du Yukon¹³. Ce déplacement vers le nord a également été observé en Saskatchewan, au Québec et en Ontario^{14, 15}.
- Les Inuvialuits de l'île Banks dans l'Arctique ont remarqué de nouvelles espèces de coléoptères et de phlébotomes. Les merles et l'Hirondelle rustique sont également de nouveaux venus dans la région¹⁶.
- L'expansion vers le nord du raton laveur dans les Prairies au cours du 20^e siècle pourrait être liée à des saisons de végétation plus longues ainsi qu'à une intensification de la production agricole¹⁷.



Greg Henry

Site de l'ITEX (International Tundra Experiment), montrant des serres à toit ouvrant, fjord Alexandra, île d'Ellesmere (Nunavut).

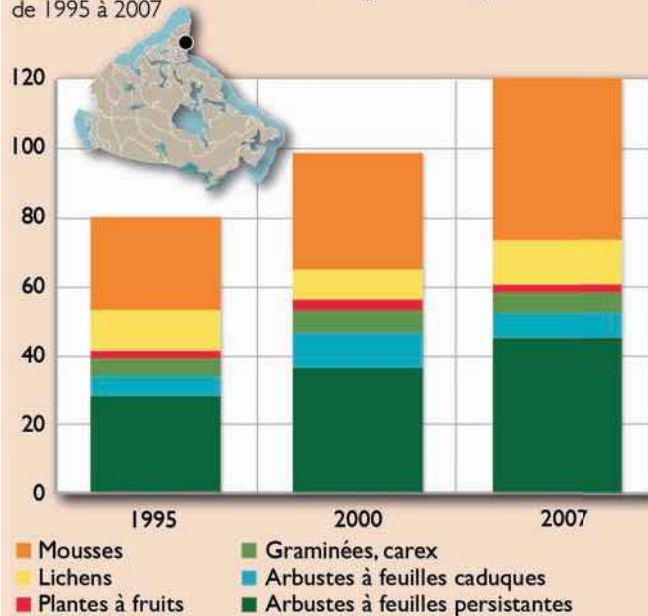
Les températures plus chaudes entraînent des changements du biome de la toundra

Les données relevées autour de l'Arctique circumpolaire mettent en évidence des changements dans la toundra^{18, 19}. Les données climatiques indiquent que les conditions particulières de basses températures et de faibles précipitations nécessaires au maintien de la toundra polaire, des landes et des biomes de glace et de neige ont décliné d'environ 20 % au cours des vingt-cinq dernières années²⁰. Cette tendance est liée aux augmentations de la productivité primaire et à l'augmentation de la biomasse dans les formations végétales de la toundra. L'augmentation de la « végétation » est particulièrement marquée dans l'ouest de l'Arctique canadien où on a constaté un accroissement du couvert arbustif dans la toundra forestière et la toundra adjacente. Les études basées sur les images satellitaires prises entre 1986 et 2005 le long de la limite forestière à l'ouest de la baie d'Hudson révèlent des tendances de croissance des arbustes, en particulier à l'ouest du delta du Mackenzie²¹. Dans le delta, la combinaison d'une élévation des températures et d'une augmentation de la dégradation du pergélisol crée de nouvelles conditions favorables au peuplement de grands arbustes à feuilles caduques comme l'aulne²¹.

À plusieurs endroits au Canada, les changements dans la toundra font l'objet de recherches et de suivi dans le cadre de l'International Tundra Experiment (ITEX). L'analyse de parcelles de végétation provenant des sites de l'ITEX autour de l'Arctique circumpolaire indique que, bien que les changements varient d'une région à l'autre, l'augmentation de la hauteur du couvert de végétation et du nombre d'arbustes est un phénomène commun²². Le programme de l'ITEX comprend également des expériences de réchauffement passif réalisées à l'aide de petites serres à toit ouvrant (voir la photo) qui font augmenter la température de l'air au sol de 1 à 3 °C. L'analyse des 11 expériences de réchauffement de l'ITEX de part et d'autre de l'Arctique indique que les futures tendances de la toundra comprendront probablement des élévations de la hauteur du couvert, des changements de la composition et de l'abondance des espèces et une diminution de la diversité des espèces²³.

AUGMENTATIONS DES ARBUSTES À FEUILLES PERSISTANTES ET DES MOUSSES SEMPERVIRENTES, ÎLE D'ELLESMERE, NUNAVUT

Indice de la masse de différentes catégories de végétation, de 1995 à 2007



Source : Adapté de Hudson et Henry, 2009²².

La toundra du Haut-Arctique au site de l'ITEX sur l'île d'Ellesmere est devenue plus productive, comme en témoigne l'augmentation de 50 % de sa biomasse en 13 ans. Ce changement est principalement dû à une augmentation de la croissance des arbustes à feuillage persistant et de la mousse sempervirente. En raison de l'augmentation de la taille des arbustes, la hauteur moyenne du couvert a augmenté et a été multipliée par deux (de 17 à 34 cm) entre 2000 et 2007. La diversité des espèces n'a pas changé²².

SERVICES ÉCOSYSTÉMIQUES

CONSTATATION CLÉ 15. Le Canada est bien pourvu en milieux naturels qui fournissent des services écosystémiques dont dépend notre qualité de vie. Dans certaines régions où les facteurs de stress ont altéré le fonctionnement des écosystèmes, le coût pour maintenir les écoservices est élevé, et la détérioration de la quantité et de la qualité des services écosystémiques ainsi que de leur accès est évidente.

Les écosystèmes procurent les biens directs et les services indirects qui assurent le bien-être des êtres humains. Ils sont collectivement appelés services écosystémiques ou écoservices. Ils comprennent : **les services de régulation**, comme l'atténuation des inondations et des sécheresses, la filtration de l'air et de l'eau et le contrôle des populations nuisibles;

les services d'approvisionnement, soit les matières brutes obtenues à partir des écosystèmes, comme la nourriture, les fibres et l'eau; **les services culturels**, comme l'éducation, les activités de loisir, la santé psychologique et les expériences spirituelles; et **les services de soutien**, comme la pédogenèse et le cycle des éléments nutritifs, qui sont nécessaires à la production de tous les autres services écosystémiques¹.

Les services écosystémiques sont importants, parce qu'ils procurent un soutien essentiel à la vie, qu'ils sont le fondement de notre économie et de notre qualité de vie, et parce que toute la gamme de services qu'ils rendent ne peut être reproduite par l'être humain.

Tendances mondiales

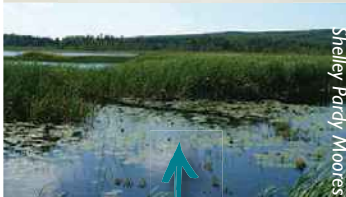
À l'échelle globale, environ 60 % des services écosystémiques sont en train d'être dégradés ou utilisés de façon non durable, dont 70 % sont des services d'approvisionnement².

TENDANCES OBSERVÉES QUI TOUCHENT LES SERVICES ÉCOSYSTÉMIQUES

Exemples de changements observés dans les biomes, les habitats, les espèces sauvages et les processus écosystémiques, faisant l'objet d'autres constatations clés, dans le cadre de l'Évaluation des écosystèmes pour le millénaire¹

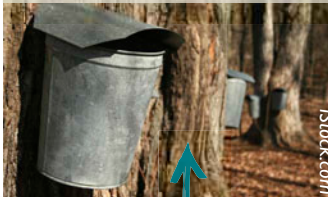
- accroissement de la température et modification des précipitations
- changements dans les milieux humides
- fonte de la glace et du pergélisol
- changements des débits des cours d'eau
- augmentation de l'érosion des côtes
- augmentation de la propagation de maladies et de parasites parmi les espèces sauvages

RÉGULATION



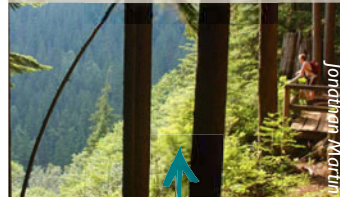
- diminution de l'abondance de la plupart des populations de caribous et de la superficie qu'elles occupent
- diminution de l'abondance de certaines pêches commerciales
- étendue stable des forêts
- diminution des contaminants « hérités », mais augmentation des nouveaux contaminants chez les espèces qui font l'objet d'une récolte

APPROVISIONNEMENT



- des changements dans la disponibilité et la qualité des aliments traditionnels ou du pays peuvent nuire aux traditions culturelles
- augmentation du nombre d'initiatives d'intendance sur des terres privées
- accroissement du nombre d'aires protégées terrestres
- peu de progrès réalisés dans les aires protégées marines
- déclin de la population d'oiseaux
- fréquence accrue de la prolifération d'algues dans de nombreux lacs, ayant une incidence sur les activités de loisir

CULTUREL



SOUTIEN

- changements fondamentaux dans les réseaux trophiques marins
- plus grande productivité primaire sur terre
- la diminution de l'étendue et des conditions des forêts, des prairies et des milieux humides nuit aux sols et aux éléments nutritifs
- fonte des glaces et réchauffement et fonte du pergélisol
- changements dans les charges d'éléments nutritifs
- changements climatiques

quelques détériorations notées – l'état et les tendances varient selon le service écosystémique concerné



quelques données fiables et pertinentes, mais peu qui mesurent les tendances des services écosystémiques; la question commence à être mieux comprise





POPULATIONS EN DÉCLIN MALGRÉ LES INTERVENTIONS HUMAINES

Depuis 1971, on relâche du saumon coho d'élevage en alevinier dans le détroit de Georgia afin de suppléer les stocks naturels³. Le déclin de la production et de la survie marine, probablement attribuable en partie à des changements climatiques^{4,5}, en plus de taux d'exploitation élevés, a entraîné la forte chute généralisée des populations de saumon coho⁶. Malgré que les taux d'exploitation aient diminué, les populations de cette espèce n'ont pas été rétablies, et son abondance générale est toujours en déclin^{5,6}.

SURVIE MARINE ET EXPLOITATION DU SAUMON COHO DANS LE DÉTROIT DE GEORGIA

Pourcentage de survie et pourcentage d'adultes pêchés (exploitation), de 1986 à 2006



Source : Mise à jour de Simpson et al., 2001⁷.

Services d'approvisionnement

Une série de caractéristiques écosystémiques et de facteurs socioéconomiques exercent une influence sur l'offre et le maintien des services écosystémiques. Bien que les changements en matière de services d'approvisionnement soient généralement les plus évidents, ils résultent souvent de modifications apportées aux services de régulation et de soutien et peuvent être étroitement associés aux changements des services culturels. Bon nombre de services écosystémiques sont aussi complémentaires, les changements dans plusieurs services étant produits par un facteur commun. Les exemples suivants illustrent certains types de menaces pour la fourniture continue de services écosystémiques au Canada.

RÉDUCTION DES ÉTENDUES ET BAISSÉ DES POPULATIONS

La harde de caribous de Fortymile, autrefois une importante source d'alimentation et d'approvisionnement des habitants du Yukon, a décliné, passant d'une population de 500 000 au début des années 1900, à 7000 à la fin des années 1960⁸. Ces déclinés ont probablement été causés par des hivers rigoureux, la chasse excessive et la fragmentation du paysage. Cette population a connu une hausse depuis le début des années 1980, pour atteindre 43 000 têtes, phénomène principalement attribuable aux restrictions imposées aux prises et au programme de contrôle des loups. L'étendue de la harde de caribous représente actuellement une fraction de son ampleur historique, ceux-ci traversant rarement la frontière pour venir au Canada⁸.



David Cartier Sr.

HARDE DE CARIBOUS DE FORTYMILE



- Étendue antérieure (début des années 1900)
- Étendue actuelle (2005)

Source : Adapté d'Environment Yukon, 2005⁸.

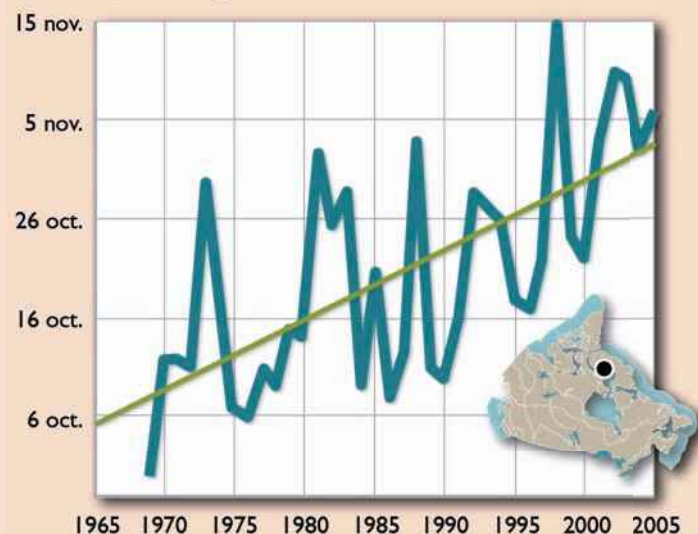
SERVICES ÉCOSYSTÉMIQUES

CONDITIONS ENVIRONNEMENTALES CHANGEANTES

Les modifications de l'état de la glace de mer exercent une influence considérable sur les communautés nordiques qui dépendent de la glace. Par exemple, les résidents de l'île d'Igloolik sont complètement coupés de leur environnement durant la période d'englacement, et sont ainsi incapables de se déplacer vers des sites de récolte à l'extérieur de l'île⁹. Le gel débute beaucoup plus tard durant l'année et la glace prend plus de temps à se former complètement¹⁰. Les habitants dépendent énormément de la récolte pour leur subsistance et l'île d'Igloolik présente des possibilités limitées en matière de récolte. C'est pourquoi, ils prennent de plus en plus de risques pour récolter le phoque sur la lisière des glaces et se déplacent sur de la glace instable jusque sur les terres continentales pour récolter le caribou. Des réductions d'accès semblables liées à l'état de la glace ont été signalées parmi les communautés de Sachs Harbour¹¹, d'Ulukhaktok¹² et de Churchill⁹, bien qu'un tel effet sur les résidents dépende de la collectivité.

ENGEL DE LA GLACE DE MER, IGLOOLIK, NUNAVUT

Date de la prise de la glace, de 1969 à 2005



Source : Adapté de Laidler et al., 2009¹⁰.

D'autres types de changements environnementaux ont aussi nui à l'accès aux services d'approvisionnement. Par exemple, les projets de dérivation de la rivière Churchill et du fleuve Nelson afin de régulariser le niveau du lac Winnipeg ont réduit la capacité des Cris de naviguer sur les lacs et les cours d'eau environnants pour se nourrir et s'approvisionner¹³.

CHANGEMENTS DE COMPORTEMENT DES ESPÈCES SAUVAGES

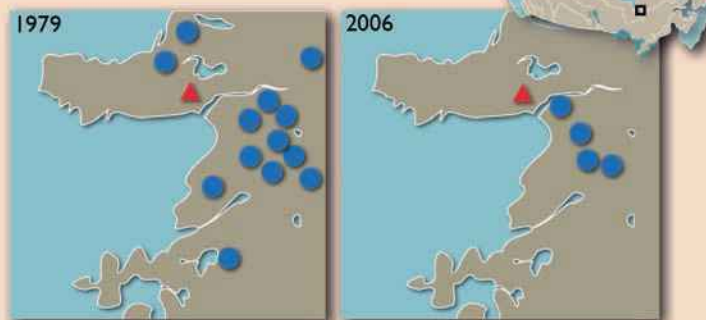
Malgré des augmentations de la population des Bernaches du Canada dans l'est de la taïga du Bouclier depuis le milieu des années 1990¹⁴, les activités de chasse des Cris de la baie James ont connu moins de succès au cours des dernières années¹⁵. En effet, les chasseurs signalent que les Bernaches volent plus haut, que la période de migration s'est raccourcie ces dernières années et que leur route migratoire se situe davantage à l'intérieur des terres. On pense que ces changements de comportement sont dus à la modification du régime climatique, à la diminution des



zostères et aux impacts du développement hydroélectrique¹⁶. Les changements de comportement des Bernaches sont aggravés par des changements dans les conditions environnementales durant les récoltes, en particulier les débâcles printanières moins prévisibles sur la côte. La combinaison de ces facteurs entraîne la réduction du nombre de sites de récolte adéquats ou accessibles. La récolte traditionnelle se base sur une rotation systématique et sur la « mise au repos » d'un certain nombre de sites de récolte regroupés aux environs d'un camp de base. Une diminution des sites de récolte, comme c'était le cas entre 1979 et 2006 (voir image), entraîne une pression de récolte accrue dans les sites restants, aggravant ainsi le problème¹⁶.

RÉCOLTE PRINTANIÈRE DE LA BERNACHE À LA BAIE DE BLACKSTONE, WEMINDJI, QUÉBEC

Diminution des sites de récolte adéquats ou accessibles



▲ Camp de base ● Site de récolte

Sources : Carte de 1979 adaptée de Scott, 1983 dans Peloquin, 2007¹⁶; carte de 2006 adaptée de Peloquin, 2007¹⁶.



Tim Hagen

Marais Holland en Ontario

Évaluation des services écosystémiques

Le défaut de reconnaître la valeur économique d'écosystèmes sains a contribué au déclin continu de la biodiversité dans le monde¹⁷. La duplication ou le remplacement des services écosystémiques par des services de remplacement d'origine humaines sont coûteux et peuvent être dépourvus de services complémentaires, comme les valeurs culturelles. L'évaluation des services écosystémiques est une façon d'intégrer les considérations sur la biodiversité dans la prise de décisions en matière d'utilisation du sol et d'activité économique, et de mesurer la valeur de la biodiversité aux yeux des gens. La valeur économique de nombreux services d'approvisionnement, comme la production de poissons ou de bois d'œuvre, est souvent estimée facilement parce que les produits ont des prix bien définis. Il est plus complexe d'attribuer une valeur à des services écosystémiques non commercialisés. Une étude d'évaluation à grande échelle des écosystèmes de la région boréale canadienne¹⁸ offre un cadre pour obtenir des évaluations plus détaillées dans des domaines précis.

ÉVALUATION DES HARDES DE CARIBOUS DE BEVERLY ET QAMANIRJUAQ

La relation entre les peuples du Nord canadien et les caribous s'est développée sur des milliers d'années et constitue le fondement d'un nombre important de valeurs culturelles. Par exemple, les peuples qui vivent sur le territoire des hardes de caribous de Beverly, en font la récolte depuis environ 8000 ans¹⁹.

Un examen des services rendus par les hardes de caribous de Beverly et Qamanirjuaq a permis de constater que la valeur de la récolte, comprenant la viande, le cuir et les bois, était estimée à 19,9 millions de dollars par année²⁰. Des études précédentes dans la région, appuyées par des questionnaires et entrevues, ont conclu que la récolte du caribou et les activités connexes (comme la préparation et le partage de la viande, ainsi que les festins communautaires) étaient perçus par les peuples vivant sur le territoire de ces deux hardes comme faisant partie intégrante de la conservation et du transfert des connaissances, des aptitudes et de la culture. Un grand nombre de personnes interviewées ont souligné à quel point la récolte du caribou revêtait une importance pour leur identité et la revitalisation de leur communauté²⁰.

Les services écosystémiques dont les peuples du Nord bénéficient grâce au caribou sont menacés. La harde de Beverly a fortement diminué depuis le dernier recensement en 1994²¹. Par conséquent, les habitants du nord de la Saskatchewan qui récoltent traditionnellement le caribou de Beverly, ont dû prendre l'avion pour aller plus au nord ou à l'est pour faire une récolte. Ces caribous peuvent provenir d'autres hardes en déclin, comme le caribou de Qamanirjuaq, de Bathurst ou d'Ahik^{21, 22}.



SERVICES ÉCOSYSTÉMIQUES DE LA CEINTURE DE VERDURE DE L'ONTARIO

La Loi de 2005 sur la ceinture de verdure de l'Ontario a établi une zone de 7604 km² protégée de tout développement urbain additionnel dans la région du Golden Horseshoe du sud de l'Ontario. Cette région qui croît le plus rapidement en Amérique du Nord, accueille un quart de la population canadienne²³. La ceinture verte, composée d'espaces verts, de terres agricoles, de communautés, de forêts, de milieux humides et de bassins versants, représente l'habitat de plus d'un tiers des espèces en péril de l'Ontario²³.

La valeur totale estimée des services écosystémiques non commerciaux mesurables de la région est d'environ 2,6 milliards de dollars annuellement²³. Cette estimation est probablement faible en raison d'une compréhension incomplète de tous les avantages que procure la ceinture de verdure et de la difficulté d'attribuer une valeur qui représente l'importance de l'existence de cette région aux yeux de la population. La ceinture de verdure prendra sans doute de la valeur au fil du temps à mesure que les écosystèmes protégés qu'elle renferme deviendront de plus en plus rares²³.



■ Ceinture de verdure de l'Ontario

Source : Adapté de Friends of the Greenbelt Foundation, 2009²⁴.

Service écosystémique	Valeur annuelle (en millions)
Habitat	548 \$
Lutte contre les inondations (milieux humides)	380 \$
Stockage et absorption du carbone	377 \$
Pollinisation agricole	298 \$
Contrôle des eaux de ruissellement par les forêts	278 \$
Filtration de l'eau	131 \$
Régénération naturelle	98 \$
Activités de loisir et esthétique	95 \$
Culturel/spirituel	66 \$
Lutte biologique	8 \$
Formation du sol	6 \$
Cycle des éléments nutritifs	2 \$
Lutte contre l'érosion	< 1 \$

Source : Wilson, 2008²³.

habitats, espèces sauvages et processus écosystémiques



CONSTATATIONS CLÉS

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.

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

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.

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.

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.

PAYSAGES AGRICOLES SERVANT D'HABITAT

les paysages agricoles restent importants comme habitat, mais montrent des signes de stress



un seul indicateur, mais sa tendance est claire



CONSTATATION CLÉ 16. 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.

Les terres du **paysage agricole** du Canada **présentent** divers types de couverture terrestre comme les pâturages, les grands pâturages libres, les terres en jachère, 24 types de terres cultivées, les terres à bois, les milieux humides, les plantations brise-vent et d'autres zones non cultivées^{1,2}. **Les paysages agricoles sont importants pour la biodiversité** parce qu'ils couvrent environ 7 % du territoire canadien et qu'ils servent d'habitat à plus de 550 espèces de vertébrés terrestres³, dont environ la moitié de celles jugées en péril à l'échelle nationale en 2004⁴. Les paysages agricoles sont concentrés dans le sud du Canada, où la biodiversité et le nombre d'espèces en péril sont considérables et où la conversion d'écosystèmes est plus répandue.

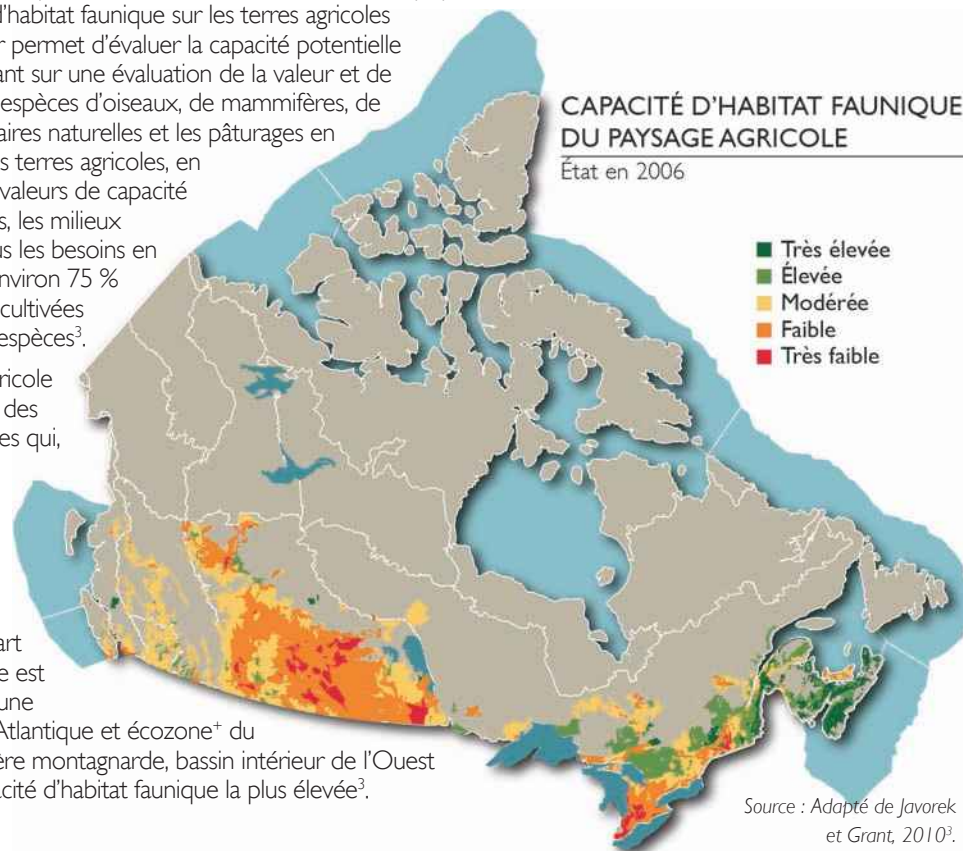
Indicateur de capacité d'habitat faunique

La capacité des paysages agricoles à servir d'habitat faunique dépend de la mosaïque des types de couverture terrestre et de leur gestion. L'une des façons de mesurer le potentiel de ces terres à soutenir des populations de vertébrés terrestres repose sur l'indicateur de capacité d'habitat faunique sur les terres agricoles d'Agriculture et Agroalimentaire Canada³. Cet indicateur permet d'évaluer la capacité potentielle d'habitat faunique de 15 catégories d'habitat en s'appuyant sur une évaluation de la valeur et de l'utilisation de 31 types de couverture terrestre par 588 espèces d'oiseaux, de mammifères, de reptiles et d'amphibiens. Les résultats montrent que les aires naturelles et les pâturages en friche présentent les valeurs les plus élevées alors que les terres agricoles, en particulier les terres cultivées, fournissent les plus faibles valeurs de capacité d'habitat. Les terres naturelles, comme les terrains boisés, les milieux humides et les zones riveraines, peuvent répondre à tous les besoins en matière d'habitats de reproduction et d'alimentation d'environ 75 % des espèces visées par l'évaluation, tandis que les terres cultivées peuvent répondre aux besoins de seulement 13 % des espèces³.

En 2006, la capacité potentielle moyenne du paysage agricole à soutenir la faune était la plus faible dans les écozones⁺ des Prairies, des plaines boréales et des plaines à forêts mixtes qui, ensemble, constituent 92 % du paysage agricole du Canada³. À l'échelle des parcelles de terre individuelles, les tendances sont variables et dépendent des changements de leur utilisation. Bien que certaines parcelles, notamment les pâturages, offrent un habitat faunique essentiel, la dominance des terres cultivées engendre une capacité généralement faible dans la plupart de ces écozones⁺. Les écozones⁺ où l'empreinte agricole est la moins forte et où le paysage agricole est dominé par une couverture terrestre naturelle (écozone⁺ maritime de l'Atlantique et écozone⁺ du Bouclier boréal) ou par des pâturages en friche (Cordillère montagnarde, bassin intérieur de l'Ouest et écozone⁺ maritime du Pacifique) présentaient la capacité d'habitat faunique la plus élevée³.

CAPACITÉ D'HABITAT FAUNIQUE DU PAYSAGE AGRICOLE

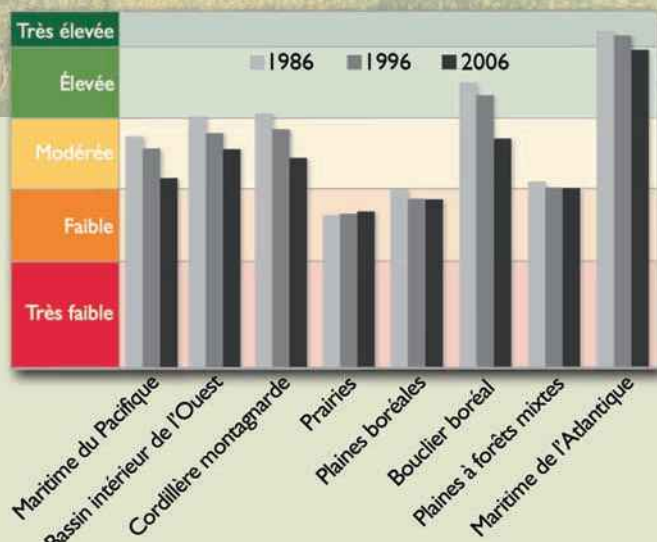
État en 2006



Source : Adapté de Javorek et Grant, 2010³.

CHANGEMENT DE LA CAPACITÉ MOYENNE D'HABITAT FAUNIQUE DU PAYSAGE AGRICOLE PAR ÉCOZONE*

Indicateur de capacité d'habitat, de 1986 à 2006



Source : Adapté de Javorek et Grant, 2010³.

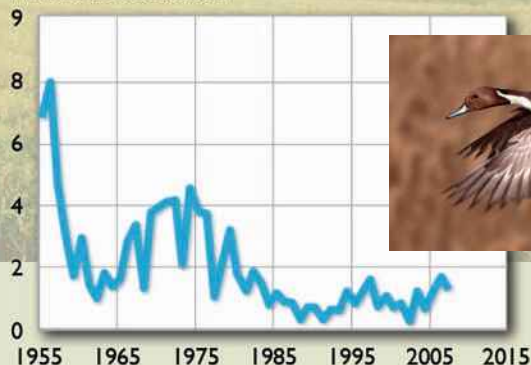
Tendances

La capacité moyenne d'habitat faunique, si l'on tient compte de la baisse ou de la hausse de la capacité dans certaines parcelles de terres distinctes, a chuté de manière significative entre 1986 et 2006 dans toutes les écozones⁺ à l'exception des Prairies, où elle est demeurée faible³. La conversion de petites parcelles d'habitat, comme en bordure des champs dans les Prairies⁵, n'est pas toujours décelée dans une telle évaluation à grande échelle, mais elle pourrait représenter une dégradation supplémentaire de la capacité d'habitat³. Dans l'ensemble, les diminutions au Canada sont essentiellement dues à l'intensification de l'agriculture et à la conversion de terres naturelles en terres moins appropriées pour la faune, comme les terres cultivées. De 1986 à 2006, la proportion du paysage agricole classé en terres cultivées a augmenté de 46 à 53 %³.

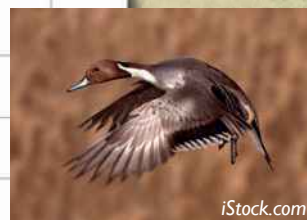
Les pratiques de gestion influent également sur la capacité des terres à soutenir la faune. Ainsi, une saine intendance par la mise en œuvre de pratiques exemplaires de gestion a donné des résultats positifs dans certaines régions. Les paysages agricoles sont dynamiques, et des effets bénéfiques et nuisibles des changements de la couverture terrestre se produisent simultanément.

POPULATION DU CANARD PILET DANS LE SUD DU CANADA

Millions, de 1955 à 2007



Source : United States Fish and Wildlife Service, 2007⁶.



L'intensification de l'agriculture dans les Prairies au cours des 40 dernières années, accompagnée de la diminution des mises en jachère durant l'été et de l'augmentation des conversions en terres cultivées, a eu des effets négatifs sur le succès de nidification de certaines espèces de sauvagine en période de reproduction^{7, 8}. Par exemple, l'une des principales causes du déclin du Canard pilet est liée à sa tendance à faire son nid dans le chaume sur pied, dans le chaume au sol ou dans les champs en jachère tôt en saison, souvent avant le temps des semences. La diminution des jachères d'été et l'augmentation des ensemencements de printemps depuis les années 1970³ ont été liées à la réduction du succès de nidification et au déclin de la population du Canard pilet dans les Prairies⁹.

Les agriculteurs travaillent avec les organismes de conservation afin d'atténuer l'impact des pratiques agricoles sur la sauvagine. L'ensemencement du blé d'hiver à l'automne à l'aide d'une méthode de semis direct élimine le besoin de travailler le sol au printemps, ce qui réduit les perturbations causées aux canards nicheurs. La mise en application de ces pratiques a augmenté depuis le début des années 1990^{10, 11} (voir Intendance).

APPLICATION DE PRATIQUES D'ENSEMENCEMENT PAR SEMIS DIRECT EN SASKATCHEWAN

Pourcentage du nombre total d'hectares ensemencés, de 1991 à 2006



Canard pilet dans un champ agricole.

Source : Le Plan conjoint des Habitats des Prairies, 2006¹².

ESPÈCES PRÉSENTANT UN INTÉRÊT économique, culturel ou écologique particulier

signes de stress dans l'ensemble; amélioration chez certaines espèces, détérioration chez d'autres, et aucun changement chez d'autres



CONSTATATION CLÉ 17. 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.

données fiables pour certaines espèces à quelques endroits montrant des tendances claires; données médiocres pour d'autres



déclin des amphibiens et des oiseaux terrestres communs



Les espèces présentant un intérêt particulier sont celles qui présentent un intérêt économique, culturel ou écologique important pour la population canadienne, en plus de leur valeur sur le plan de la biodiversité. Certains groupes d'espèces, par exemple les poissons, sont importants parce que l'économie d'une région en dépend. D'autres, comme le caribou, ont une grande signification culturelle répandue.

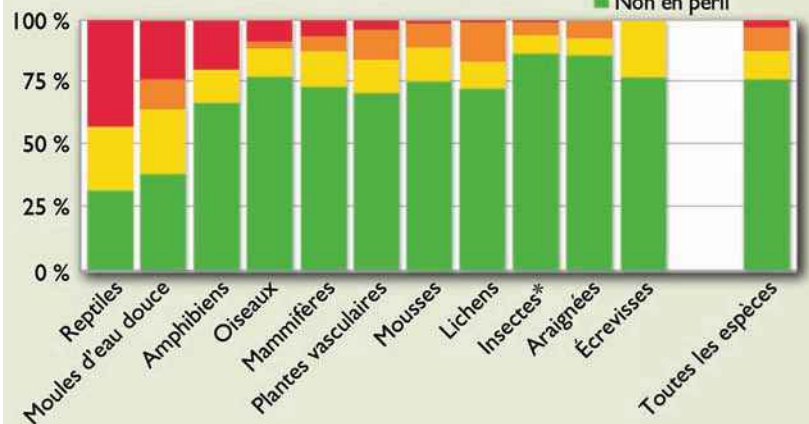
Ces espèces ont une importance considérable, car le déclin de leur population signifie souvent la perte d'un mode de vie traditionnel ou le déclin d'une économie durable. Les espèces importantes sur le plan écologique jouent un rôle fondamental dans le façonnement des écosystèmes qui les abritent ou fournissent un avertissement précoce du stress subi par les écosystèmes.

Ces constatations clés offrent un bref aperçu de la situation des espèces sauvages au Canada, puis se concentrent sur les amphibiens, les poissons d'eau douce, les oiseaux et le caribou. Des renseignements additionnels sur la situation des espèces sauvages au Canada sont présentés dans un rapport complémentaire sur la biodiversité canadienne, *Les espèces sauvages 2010 : Situation générale des espèces au Canada*¹. Des renseignements supplémentaires sur les espèces en péril au Canada se trouvent sur le site Internet du Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPA)², dans le Registre public des espèces en péril³ et sont offerts également par différents comités provinciaux et territoriaux sur la situation des espèces.

STATUT DES ESPÈCES SAUVAGES AU CANADA

Pourcentage des espèces évaluées en 2010

Il n'y avait pas de données concernant le poisson pour 2010



* Les insectes n'ont pas été entièrement évalués. Les groupes d'espèces évalués sont les papillons, les moustiques, les taons, les mouches noires, les bourdons, les coccinelles, les carabes, les dytiques prédateurs, les odonates et certains macrolépidoptères.

Source : Adapté du Conseil canadien pour la conservation des espèces en péril (CCCEP), sous presse¹.

Le Canada abrite plus de 70 000 espèces sauvages. Le risque de mise en péril a été déterminé pour 10 332 de ces espèces, dont 8613 espèces indigènes. Parmi les espèces indigènes évaluées, 70 % étaient considérées non en péril en 2010, et 12 % étaient classées espèces en péril ou possiblement en péril. C'est parmi les reptiles, les moules d'eau douce et les amphibiens qu'on observe les pourcentages d'espèces en péril les plus élevés, soit 43, 24 et 20 % respectivement. En plus des 8613 espèces indigènes, le Canada a évalué 5 espèces disparues, 35 espèces disparues du pays, 1426 espèces non indigènes et 253 espèces à l'extérieur de leurs aires de répartition habituelles. Les principales menaces auxquelles les espèces sauvages canadiennes sont exposées sont la perte, la fragmentation et la dégradation des habitats, la pollution et la contamination, la surexploitation, les espèces envahissantes, les maladies, les prises accessoires et les changements climatiques¹.



Papillon tigré du Canada
Non en péril



Crotale Massasauga de l'Est
Menacé



Cornouiller du Canada
Non en péril

Photos : iStock.com.

AMPHIBIENS

Les amphibiens font partie intégrante des réseaux trophiques aquatiques. Ils se nourrissent d'algues et d'insectes à différentes étapes de leur cycle de vie. Ils servent également de nourriture à une grande variété de prédateurs, y compris les libellules, les poissons, les serpents et les oiseaux. Ils sont particulièrement vulnérables aux agents polluants que leur peau absorbe, ce qui en fait d'excellents indicateurs de la contamination et de la dégradation des milieux humides¹.

Dans le bassin des Grands Lacs, les populations de quatre espèces d'amphibiens, soit le crapaud d'Amérique, la rainette faux-grillon de l'Ouest, la grenouille verte et la grenouille léopard, ont possiblement connu un déclin depuis le milieu des années 1990. La rainette crucifère est la seule parmi huit espèces d'amphibiens dont la croissance de la population a été observée. Toutefois, la période d'observation est trop brève pour affirmer que ce sont des tendances à long terme et non une variation naturelle¹. Dans le fleuve Saint-Laurent, 27 % des amphibiens et des reptiles sont à risque dans la partie hautement urbanisée du corridor fluvial². Le Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC) considère que le statut de la grenouille léopard est menacé en Alberta, sur la Liste rouge en Colombie-Britannique, en voie de disparition (population de Rocky Mountain), préoccupant (populations de l'ouest de la zone boréale et des Prairies) et non en péril (populations du Manitoba et de l'Est)³.

Batrachochytrium dendrobatids (Bd), un champignon chytride de la peau, a contribué au déclin des amphibiens dans le monde entier⁴ (voir Espèces non indigènes envahissantes). Les ranavirus sont également une cause de la mortalité massive des amphibiens partout dans le monde⁵. Au Canada, des cas de ranavirus ont été détectés dans les écozones⁺ du Bouclier boréal⁶, des Prairies⁷, et des plaines à forêts mixtes^{6, 8}.

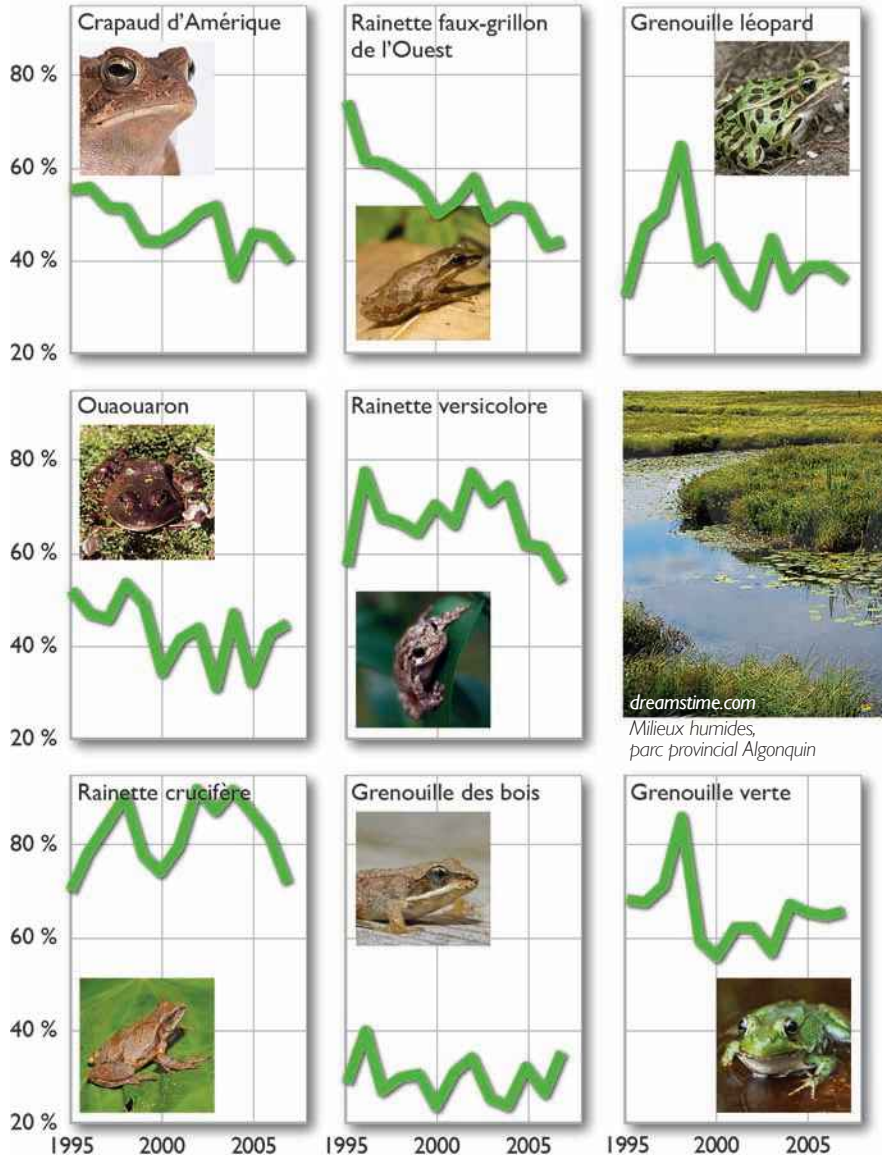
Tendances mondiales

Depuis 2004, 43 % des populations d'amphibiens ont diminué et 33 % de toutes les espèces d'amphibiens sont menacées à l'échelle planétaire. Les principales causes de la diminution des populations dans le monde entier sont la réduction de l'habitat (Amérique du Nord et Europe), la surexploitation (Asie) et des causes inexplicables possiblement liées à la maladie (Amérique du Sud, Australie et Nouvelle-Zélande)⁹.



AMPHIBIENS DU BASSIN DES GRANDS LACS

Indice annuel des observations (pourcentage des stations de surveillance où des espèces ont été observées) de 1995 à 2007



dreamstime.com

Milieux humides, parc provincial Algonquin

Source : Archer et al., 2009¹.

Photos : *dreamstime.com* : Crapaud d'Amérique, Rainette Crucifère, Grenouille des bois, et Grenouille verte ; *iStock.com* : Rainette faux-grillon de l'Ouest, Grenouille léopard, Ououaron, et Rainette versicolore.

ESPÈCES PRÉSENTANT UN INTÉRÊT

POISSONS UTILISANT DES HABITATS D'EAU DOUCE

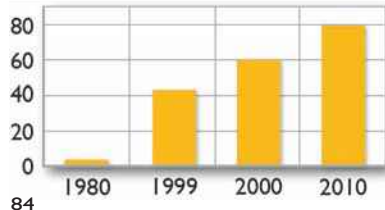
Des poissons sont présents dans presque tous les habitats aquatiques, et ils représentent le plus important groupe de vertébrés au monde¹. Bien que l'eau douce soit relativement rare à l'échelle mondiale, couvrant seulement 1 % de la surface de la Terre, environ 43 % des 29 000 à 32 000 espèces de poissons vivent en eau douce pendant au moins une partie de leur vie^{2,3}. Avec plus de 8500 rivières et deux millions de lacs, couvrant presque 9 % de la superficie totale du territoire⁴, le Canada a une part disproportionnée des habitats d'eau douce du monde, mais compte seulement environ 200 espèces de poissons d'eau douce et de poissons diadromes indigènes. (Les poissons diadromes effectuent une partie de leur cycle vital en mer et une autre partie en eau douce².)

Les poissons sont parmi les ressources naturelles les plus importantes du monde, fournissant de nombreux biens et services, y compris une prise mondiale annuelle de 92 millions de tonnes; 10,1 millions de tonnes provenant d'eaux intérieures, dont la majorité est constituée d'eau douce⁵. La prise commerciale en eau douce au Canada est de plus de 32 000 tonnes, ayant une valeur de près de 68 millions de dollars⁶.

Poissons d'eau douce et poissons diadromes indigènes en péril

Le Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPA) a évalué 18 % (35 espèces) des poissons d'eau douce et des poissons diadromes comme étant en voie de disparition ou menacés dans l'ensemble de leur aire de répartition ou dans certaines parties de celle-ci. Cinquante-huit espèces (29 %) ont été évaluées comme étant en péril, ce qui comprend les espèces évaluées comme étant disparues du pays et préoccupantes, ainsi que celles qui sont en voie de disparition ou menacées⁷⁻⁹. Le nombre de poissons en péril augmente depuis les années 1980. Les principales causes du déclin des populations de poissons d'eau douce canadiens sont la perte et la fragmentation de leurs habitats – causées par les barrages, les déversoirs, les routes et la dégradation de la zone riveraine – et les espèces aquatiques non indigènes^{3,10-12}. La surpêche, la pollution, les changements climatiques et les interactions des espèces sauvages et des espèces d'élevage sont également associés au déclin des populations de poissons d'eau douce².

POISSONS D'EAU DOUCE ET POISSONS DIADROMES EN PÉRIL



Nombre d'espèces disparues du pays, en péril, menacées ou préoccupantes

Remarque : Les poissons diadromes fréquentent tant l'eau de mer que l'eau douce. Les tendances tiennent compte de changements dans la situation des espèces ainsi que de l'ajout de nouveaux renseignements. Sources : Données compilées par Hutchings, 2010⁸, à partir de Hutchings et Festa-Bianchet, 2009⁷ et COSEPA, 2010⁹.

L'ESTURGEON, UNE ESPÈCE EN PÉRIL

Chacune des 24 espèces d'esturgeons au monde est en péril, quoiqu'il y ait différentes définitions du terme « en péril ». Deux des cinq espèces au Canada sont classées comme étant en voie de disparition ou menacées¹³. L'esturgeon blanc, le plus grand poisson d'eau douce au Canada, est limité à la côte ouest de l'Amérique du Nord⁴. Sa taille (une longueur pouvant atteindre six mètres), sa longévité (plus de 100 ans) et son âge de maturité tardif (entre 14 et 30 ans) le rendent particulièrement vulnérable à la surexploitation et à la dégradation de son habitat¹⁵. Parmi les six populations d'esturgeon blanc de la Colombie-Britannique, trois sont en déclin (Columbia, Kootenay, Nechako), une est actuellement plus stable avec certaines fluctuations (cours inférieur du Fraser), et deux sont stables (cours moyen et supérieur du Fraser). Le faible taux de survie des juvéniles, lié aux détournements de rivière, aux changements dans la quantité et la qualité des sédiments et à la régularisation du débit d'eau, ainsi que les barrages, constituent les principales raisons de la mise en péril des trois populations en déclin^{15,16}.

POPULATIONS D'ESTURGEONS BLANCS DE LA RIVIÈRE NECHAKO

Production de juvéniles, de 1945 à 1990



L'esturgeon jaune a auparavant fait l'objet de pêche commerciale soutenue à grande échelle. Des réductions de population de 50 à 98 % ont été observées dans les rivières de l'Ouest canadien, et l'esturgeon jaune est disparu de la rivière Rouge, de la rivière Assiniboine et du lac Winnipeg. Les populations des Grands Lacs ont été réduites à une fraction de leur taille originale, et les populations dans la rivière des Outaouais et le fleuve Saint-Laurent indiquent de récents déclin. Avant la fin du siècle dernier, la surpêche constituait la principale menace pour l'esturgeon jaune. Au cours des dernières années, les déclin ont été attribués à la fragmentation et à la dégradation des habitats dans les Grands Lacs, et ailleurs, les causes incluent également la surpêche, les barrages, les contaminants et les espèces envahissantes¹³.

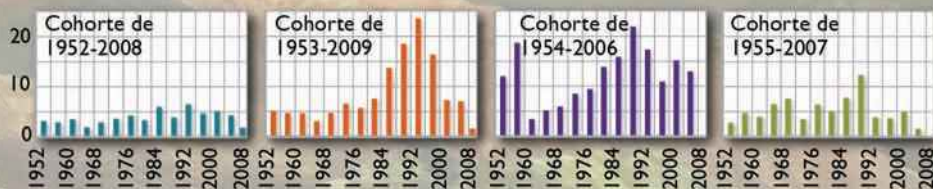
Tendances mondiales



On estime que 37 % des poissons d'eau douce du monde sont menacés d'extinction¹⁷.

RETOURS DU SAUMON ROUGE DU FLEUVE FRASER

Nombre de saumons (en millions) durant la montaison, de 1952 à 2009



Remarque : Pour la majorité des saumons rouges, il faut quatre ans pour retourner frayer après l'éclosion.

Source : Adapté de Lapointe, 2010²².

RETOURS DU SAUMON ROUGE DU FLEUVE FRASER

Moyenne courante sur 4 ans de l'indice de productivité (retours/généteur), de 1952 à 2009

Source : Adapté de Pêches et Océans Canada (MPO), 2010²³.

Le fleuve Fraser est légendaire pour ses migrations de saumon rouge. Depuis les années 1990, le nombre de saumons rouges de montaison a varié grandement, selon la cohorte (voir les graphiques des quatre cohortes ci-dessus), alors que le taux de survie – la proportion de poissons qui atteignent l'âge adulte et reviennent frayer – a connu un déclin. En 2009, seulement 1,5 million de saumons rouges adultes ont effectué une montaison – le plus petit nombre depuis 1947. Un groupe scientifique étudiant les preuves de déclin du nombre d'adultes de montaison a conclu que la principale cause consiste en des conditions physiques et biologiques défavorables dans le détroit de Georgia, combinées avec des agents pathogènes d'eau douce et d'eau salée^{23, 24}. En 2010, les estimations de mi-été prévoient la plus importante migration de saumon rouge du fleuve Fraser depuis 1913²⁵.

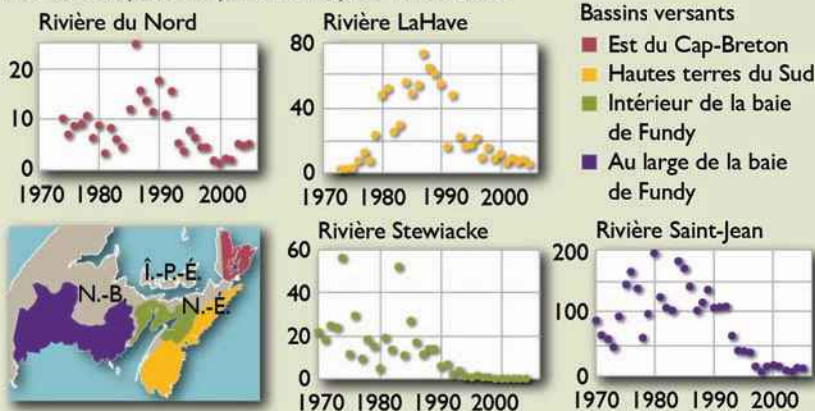
Certaines années, le réchauffement des eaux et la réduction des débits en raison des changements climatiques ont eu une incidence sur la migration, la fraie et le succès de reproduction du saumon. La survie et la fraie du saumon rouge se détériorent lorsque la température des rivières augmente au-delà des seuils associés aux stocks^{26, 27}. Depuis les années 1950, les températures d'été moyennes dans le fleuve Fraser ont augmenté d'environ 1,5 °C^{26, 28}. Cette tendance est susceptible de se poursuivre, augmentant la probabilité d'exposition du saumon rouge à des températures de l'eau qui nuiront à sa survie²⁹.

Saumon

Les lacs et les rivières du Canada fournissent des habitats de fraie pour cinq espèces de saumon sauvage sur la côte Ouest¹⁸ et une espèce sur la côte Est. Le saumon sauvage constitue une denrée de base pour les peuples autochtones, et cette espèce est un fondement de leur culture^{19, 20}. Il est à la base des pêches commerciales et pêches récréatives, ainsi que des activités de pêche pratiquées par les Autochtones à des fins de subsistance ou à des fins cérémoniales ou sociales sur les deux côtes^{20, 21}. Le saumon sauvage est vénéré par la population canadienne, en partie en raison du côté mystique de son cycle de vie : après avoir grandi dans l'océan, il effectue une migration sur de grandes distances pour frayer en eau douce.

TENDANCES DES POPULATIONS DU SAUMON ATLANTIQUE

Nombre de poissons (en centaines), de 1970 à 2005

Source : Adapté de Gibson et al., 2006³⁰

Le retour du saumon atlantique dans bon nombre de rivières en Amérique du Nord a connu un déclin depuis les années 1980 ou 1990, les populations du nord connaissant une hausse et les populations du sud demeurant à des niveaux faibles³⁰. Par exemple, dans les rivières de l'intérieur de la baie de Fundy, des montaisons de 30 000 à 40 000 poissons dans le milieu des années 1980 ont été réduites à quelques centaines de poissons, et dans le sud de la Nouvelle-Écosse, la majorité du saumon existe uniquement en tant que population relique ou est disparu de la région^{31, 32}. Bien que les facteurs contribuant à la faible survie en mer demeurent principalement inconnus, les déclinés des populations d'eau douce découlent de l'incidence des barrages, de la perte de frayères, des espèces envahissantes, des augmentations de température des cours d'eau, de l'envasement, des contaminants³³, du braconnage²⁰ et, dans le sud de la Nouvelle-Écosse, de dépôts acides^{20, 32}.

ESPÈCES PRÉSENTANT UN INTÉRÊT

ANGUILLE D'AMÉRIQUE

L'anguille d'Amérique est un exemple d'espèce auparavant abondante qui est à l'heure actuelle inscrite en tant qu'espèce préoccupante par le Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPIC). Depuis les années 1970, les populations ont connu un déclin de 99 % dans le corridor fluvial du Saint-Laurent³⁴, et des déclinés moins extrêmes ont été observés tant dans l'estuaire du fleuve Saint-Laurent que dans le golfe du Saint-Laurent^{35, 36}. La longue durée de vie des anguilles d'Amérique, combinée avec leurs grandes distances de migration pouvant atteindre 4500 km, les rendent vulnérables à un vaste éventail de facteurs de stress, tels que la mortalité dans les turbines hydroélectriques, les obstacles physiques tels que les barrages, la pêche excessive et la modification de leur habitat. Les changements climatiques, donnant lieu à des changements dans les courants océaniques qui transportent les larves d'anguilles à partir des lieux de fraie, peuvent également contribuer aux déclinés de population. Auparavant, l'anguille d'Amérique alimentait tant la pêche de subsistance que la pêche commerciale au Canada³⁶.

ANGUILLE D'AMÉRIQUE EN ONTARIO

Nombre (en milliers) moyen d'anguilles par jour au barrage hydroélectrique R.H. Saunders, de 1974 à 2005

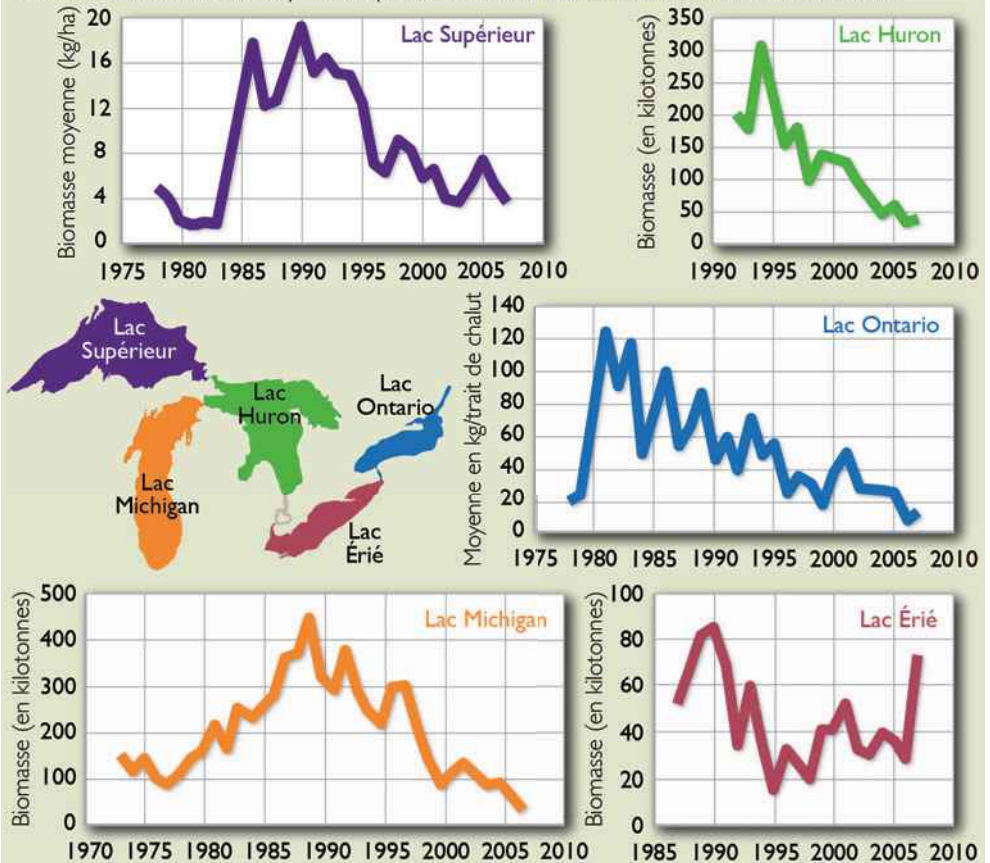


Remarque : Aucune donnée disponible pour 1996.

Source : Adapté de Ministère des Richesses naturelles de l'Ontario, 2007³⁴.

POISSONS-PROIES DANS LES GRANDS LACS

Tendances des biomasses de poissons-proies en fonction de relevés annuels au chalut de fond



Source : Adapté d'Environnement Canada et de l'Environmental Protection Agency des É.-U., 2009³⁷.

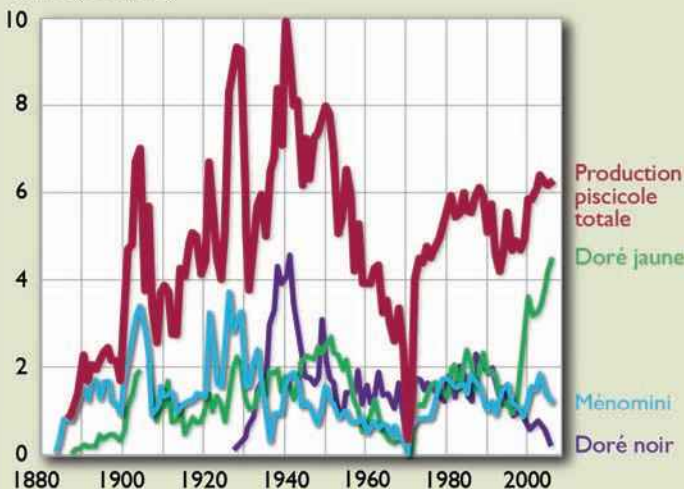
Le terme « poisson-proie » désigne les espèces de poisson qui constituent les principaux aliments des poissons commerciaux et des poissons de sport populaires. Un poisson est jugé un poisson-proie s'il demeure de petite taille, s'alimente habituellement à partir de zooplancton ou d'espèces de fond, et que sa population est suffisamment abondante pour alimenter une population de poissons prédateurs³⁸. Les poissons-proies constituent la majorité de la biomasse de poissons et constituent le fondement des pêches des Grands Lacs (voir la page suivante), puisqu'ils sont mangés par les poissons prédateurs tels que la truite, le doré jaune et l'achigan. Les poissons-proies incluent les espèces indigènes telles que le chabot visqueux, l'omisco, le cisco et le cisco de fumage, ainsi que les espèces non indigènes telles que le gaspareau, l'éperlan arc-en-ciel et le gobie à taches noires. Les déclinés de populations de poissons-proies surviennent depuis les années 1980 et 1990. Les causes les plus probables consistent en l'ensemencement du saumon du Pacifique, qui a eu pour but de réduire les populations non indigènes de poissons-proies; la réduction des éléments nutritifs; et la présence des moules zébrées et quaggas, qui sont des espèces non indigènes qui filtrent les éléments nutritifs de la colonne d'eau et réduisent la quantité de nourriture pour les invertébrés mangés par les poissons proies³⁷.

PÊCHE COMMERCIALE

Les lacs et les rivières du Canada soutiennent d'importantes pêches commerciales. Le lac Winnipeg soutient la plus importante pêche commerciale au Manitoba, évaluée à environ 20 millions de dollars par an. La production piscicole commerciale a été très variable dans le lac Winnipeg au cours des 125 dernières années, tant en ce qui a trait aux espèces qu'à la quantité de poissons pêchés. Par exemple, un déclin important de la production piscicole des années 1940 jusqu'aux années 1960 a été suivi d'une augmentation depuis les années 1970. La production de doré jaune se situe actuellement à des sommets historiques et représente l'espèce de pêche la plus importante. Le doré noir, par contre, connaît un déclin depuis les années 1970. Le doré jaune profite de l'invasion de l'éperlan arc-en-ciel et de l'enrichissement en éléments nutritifs. On estime que ces mêmes facteurs contribuent au déclin du doré noir^{39, 40}.

PRODUCTION PISCICOLE COMMERCIALE DANS LE LAC WINNIPEG

Tonnes (en milliers)



Sources : Adapté de Manitoba Water Stewardship Fisheries Branch, cité dans Shipley et Kling, 2010³⁹.

La pêche commerciale des Grands Lacs a une valeur au quai, en Ontario, qui varie entre 29 et 37,5 millions de dollars par an de 2004 à 2008⁴¹, générant ainsi 850 millions de dollars par année en retombées directes et indirectes pour l'économie de l'Ontario. La récolte commerciale globale connaît un déclin depuis les années 1980. Les principales espèces récoltées à l'heure actuelle sont le doré jaune et la perchaude, toutes deux des espèces indigènes, ainsi que l'éperlan arc-en-ciel, une espèce non indigène⁴². La surpêche et la prédation par la lamproie marine non indigène ont mené à l'effondrement des populations de touladis à la fin des années 1950. La restauration, y compris l'ensemencement, a permis de maintenir une pêche, et le touladi se reproduit à l'heure actuelle dans le lac Supérieur et le lac Huron^{37, 43}.

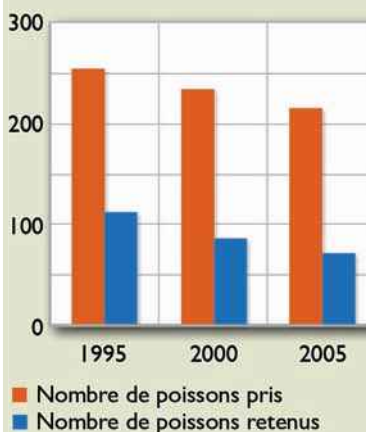


iStock.com

Lac de l'intérieur de la Colombie-Britannique

PÊCHE RÉCRÉATIVE EN EAUX DOUCES

Nombre de poissons (en millions)



Source : Adapté d'Orok et Johnson, 2005⁴⁴.

Environ 3,2 millions de personnes ont participé à la pêche récréative en eaux douces ou à la pêche à la ligne en 2005, en baisse par rapport à 4,2 millions de personnes en 1995. La réduction du nombre de pêcheurs à la ligne a donné lieu à une réduction du nombre de poissons pris et du nombre de poissons retenus. Elle a également eu une incidence économique. Les dépenses directes sur la pêche à la ligne se chiffraient à environ 2,5 milliards de dollars en 1995, en 2000 et en 2005. Bien que la valeur en dollars des dépenses n'ait pas changé, cela représente une baisse de 19 % en dépenses sur 10 ans lorsque corrigée en fonction de l'inflation. Les pêcheurs à la ligne ciblent certaines des mêmes espèces visées par la pêche commerciale, notamment le doré jaune et la perchaude, bien que d'autres espèces, telles que l'omble de fontaine, la truite arc-en-ciel, l'achigan et le grand brochet, soient également importantes. En 2000, l'Année des volontaires, les pêcheurs à la ligne canadiens ont consacré plus d'un million de jours au nettoyage d'habitats et à d'autres activités liées à l'amélioration de la pêche récréative^{44, 45}.



Rob Stenner

ESPÈCES PRÉSENTANT UN INTÉRÊT

OISEAUX

Les oiseaux sont présents partout, il sont facile à observer, ils se nourrissent à différents niveaux trophiques et réagissent aux changements environnementaux, ce qui fait d'eux de bons indicateurs de la santé des écosystèmes.

Les oiseaux jouent un rôle écologique important en servant de nourriture à d'autres espèces, en dispersant les graines, en contrôlant les insectes, en pollinisant les plantes et en modifiant l'habitat. Beaucoup d'espèces ont également une importance économique et culturelle. En effet, les oiseaux sont à la fois source de nourriture, de loisir et de plaisir pour les humains, ils font l'objet d'études variées et, enfin, ils jouent un rôle important au sein de nombreuses cultures.

Au cours des 20 dernières années, l'état des oiseaux s'est détérioré dans le monde, de plus en plus d'espèces étant sur le point de disparaître¹. Un fait particulièrement préoccupant est le déclin d'espèces autrefois communes¹. Au cours des 40 dernières années, la population de 20 espèces d'oiseaux communes de l'Amérique du Nord a diminué de plus de la moitié^{1,2}. De plus, l'aire de répartition des oiseaux se déplace vers le nord en raison des changements climatiques; près de 60 % des 305 espèces observées en Amérique du Nord durant l'hiver se sont déplacées vers le nord, de 1,4 km par année en moyenne (56 km au cours des 40 dernières années)³, et les aires de reproduction des espèces du sud de l'Amérique du Nord se sont déplacées vers le nord, de 2,4 km par année en moyenne⁴.

Le Canada fournit des habitats essentiels de reproduction, de migration et d'hivernage à un important pourcentage des populations mondiales de nombreuses espèces. Néanmoins, l'état et les tendances des oiseaux au Canada ne sont que partiellement compris. Il existe des données de qualité pour beaucoup d'espèces, particulièrement dans le sud du Canada, mais pour beaucoup d'autres, seules des données localisées existent, notamment dans le Nord.

Tendances mondiales

À l'échelle planétaire, plus de 150 espèces d'oiseaux ont disparu depuis le 16^e siècle, et une espèce sur huit est menacée d'extinction à l'heure actuelle. Au cours des 20 dernières années, on a observé une diminution régulière des espèces d'oiseaux des écosystèmes terrestres, d'eau douce et marins. Entre 1988 et 2008, le statut de 225 espèces d'oiseaux est passé à un niveau de risque supérieur¹.

OISEAUX DE RIVAGE

Soixante pour cent (60 %) des oiseaux de rivage de l'Amérique du Nord se reproduisent dans l'Arctique, l'Arctique canadien représentant 75 % de l'aire de reproduction de 15 à 49 espèces communes⁵. Au Canada se trouvent également des sites de migration qui ont une grande importance, dont trois sont importants à l'échelle de l'hémisphère : la baie de Fundy, l'estuaire du fleuve Fraser et les lacs Chaplin, Old Wives et Reed en Saskatchewan⁶. Quelques sites de reproduction dans le sud, par exemple les Prairies, ont une importance à l'échelle mondiale pour certaines espèces⁷.

Au Canada, les données sur les populations d'oiseaux de rivage sont incomplètes, mais la plupart indiquent une tendance à la baisse⁷⁻⁹. Des 35 espèces examinées en 2000, 49 % affichaient une tendance négative significative dans un secteur de leur aire de répartition⁵. Parmi les ensembles de données les plus complets du Canada, mentionnons le Relevé des oiseaux nicheurs et l'Atlantic Canada Shorebird Survey. Selon les résultats de ces relevés :

- entre 1976 et 2007, les populations de 4 des 12 espèces d'oiseaux de rivage (33 %) se reproduisant dans le sud du Canada ont diminué de façon significative. Aucune augmentation significative n'a été observée¹⁰;
- entre 1974 et 2006, les populations de 5 des 15 espèces migratrices d'oiseaux de rivage (33 %) sur la côte de l'Atlantique présentaient des déclin significatifs^{11,12}.

Les causes possibles du déclin des oiseaux de rivage sont entre autres la perte et la dégradation de l'habitat, les changements climatiques, la modification des régimes de prédation (p. ex., l'augmentation du nombre de Faucons pèlerins peut pousser les oiseaux de rivage à se déplacer plus rapidement vers une autre zone, ce qui se traduit par un déclin apparent¹³), les perturbations anthropiques, les contaminants et les maladies⁵. On prévoit une accélération de ces changements en raison des modifications prévues dans l'habitat de reproduction dans l'Arctique¹⁴ ainsi que des inondations et des sécheresses ailleurs dans l'aire de répartition des oiseaux de rivage⁷, lesquelles seront provoquées par les changements climatiques.



Jason Puddifoot
Bécasseaux d'Alaska

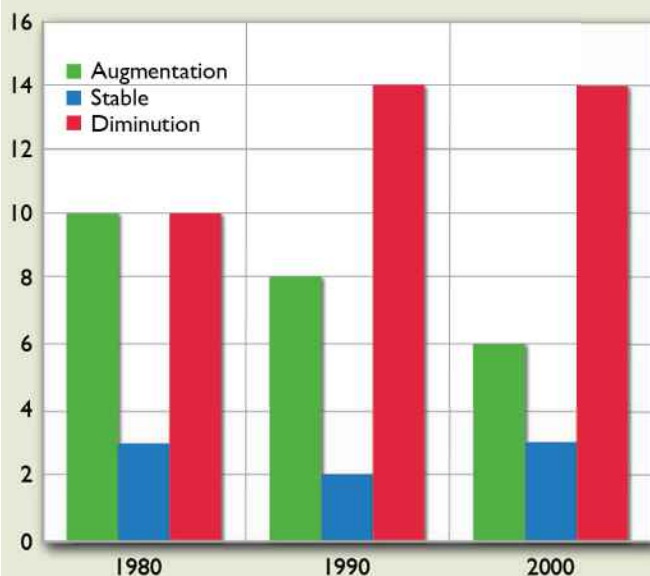


John Chardine

Les populations de Fous de Bassan comme celle-ci sur l'île Bonaventure, au Québec, ont augmenté en Amérique du Nord depuis les années 1950

TENDANCES DE L'ÉTAT DES POPULATIONS D'OISEAUX DE MER REPRODUCTRICES AU CANADA

Nombre de populations dans chaque catégorie



Remarques : Seules les populations dont les populations reproductrices sont importantes, pour lesquelles des ensembles de données à long terme existent et qui ne sont pas touchées par l'activité humaine terrestre sont incluses.

Source : Adapté de Gaston et al., 2009¹⁵.



Mark Mallory
Mouettes blanches

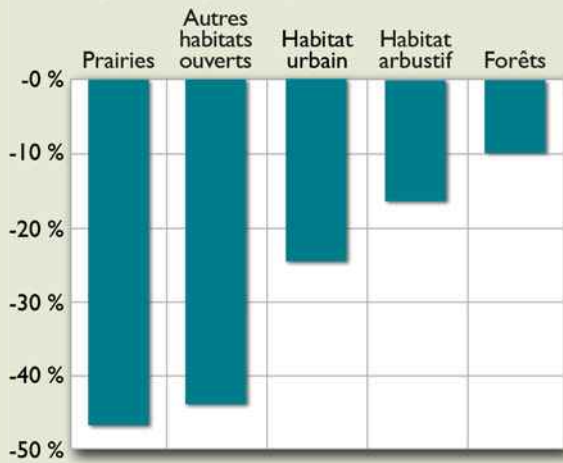
Dans le monde entier, la situation des oiseaux de mer se détériore plus rapidement que celle de n'importe quel autre groupe d'oiseaux¹. Au Canada, les tendances varient selon la région et sont le résultat d'une variété de facteurs, y compris les changements climatiques, les prises accessoires, l'extraction des ressources, le transport et la pollution¹⁵⁻²⁰. Une tendance à la reproduction plus hâtive que des modifications de l'alimentation et de l'état de la population²¹⁻²³ ont été observées chez plusieurs populations²⁴.

- **Pacifique** – Les populations du Sud, qui sont influencées par les variations de température à la surface de la mer, lesquelles sont liées à la remontée du courant de Californie, sont en déclin depuis les années 1970¹⁵. Ce phénomène s'expliquerait en partie par une mauvaise synchronisation entre la période de reproduction et la saison où la nourriture est la plus abondante²⁵. Les populations au nord de l'influence du courant ont cependant généralement augmenté depuis les années 1980¹⁵.
- **Atlantique** – Avant 1990, les populations affichaient généralement une tendance positive. Cependant, un événement important de courant froid survenu en 1990, qui coïncidait avec une période de surpêche, a perturbé les réseaux trophiques²⁶⁻²⁹, modifiant immédiatement l'alimentation, l'état des populations et les populations mêmes, particulièrement chez les goélands²⁴. Les populations de la plupart des oiseaux de mer plongeurs ont augmenté durant cette période, en partie en raison de la fermeture de la pêche au filet maillant, qui causait la noyade d'un nombre important d'oiseaux³⁰.
- **Arctique** – À l'exception des populations de Mouettes blanches, qui diminuent rapidement, les changements se produisent lentement au sein des populations d'oiseaux de mer Arctiques et sont possiblement le résultat d'événements qui surviennent dans les aires d'hivernage du nord-ouest de l'Atlantique^{31,32}. Les changements de l'alimentation et de la croissance observés pourraient être liés à la diminution de la glace de mer dans la baie d'Hudson. Cela pourrait avoir des répercussions négatives sur les populations à long terme³². À l'opposé, dans le Haut-Arctique, la diminution de la glace de mer pourrait présenter des avantages pour les oiseaux^{33,34}.

ESPÈCES PRÉSENTANT UN INTÉRÊT

POPULATIONS D'OISEAUX TERRESTRES DU CANADA

Pourcentage de changement par type d'habitat, de 1970 à 2000



Remarque : Les données des années 2000 regroupent seulement les données de 2000 à 2006.

Source : Downes et al., 2010³⁵, selon le Relevé des oiseaux nicheurs³⁶.



Pic mineur, oiseau forestier, augmentation de 30 %



Stumelle des prés, oiseau des prairies, déclin de 77 %



Crécerelle d'Amérique, oiseau d'un autre type d'habitat ouvert, diminution de 45 %



Roselin familier, oiseau de milieu urbain, augmentation de plus de 200 %



Paruline triste, oiseau des prairies, déclin de 48 %

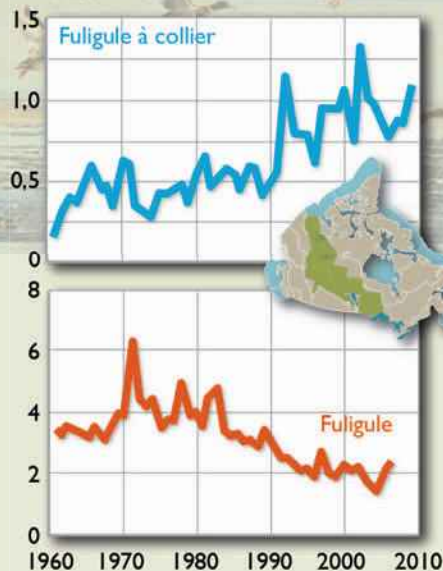
Photos : iStock.com.

Les populations d'oiseaux terrestres de tous les types d'habitats, sauf de l'habitat forestier, ont diminué de façon significative entre 1968 et 2006³⁵. Aucune tendance positive significative n'a été constatée entre 1968 et 2006 au sein des divers groupes d'oiseaux terrestres, qu'ils soient regroupés par habitat, par mode d'alimentation ou par stratégie de migration, bien que des tendances positives significatives aient été observées chez quelques espèces en particulier³⁵.

- Les oiseaux des **prairies**, qui présentent une réduction de la population totale supérieure à 40 % depuis les années 1970, connaissent de forts déclin significatifs dans toutes les régions du pays, et ce, pour la plupart des espèces. Ce constat correspond aux déclin observés partout en Amérique du Nord^{10,37}. Ce phénomène serait attribuable à la perte de l'habitat et à l'intensification de l'agriculture³⁵.
- Les populations d'oiseaux **d'autres habitats ouverts** diminuent depuis la fin des années 1980. L'assemblage comprend plusieurs espèces d'oiseaux insectivores se nourrissant en vol, et nombre d'entre elles montrent des signes de décroissance³⁵.
- Le groupe **urbain** est principalement constitué de deux espèces introduites : l'Étourneau sansonnet et le Moineau domestique, qui, même si elles sont encore abondantes, connaissent un déclin au Canada et en Europe³⁵.
- Le déclin des oiseaux de l'habitat **arbustif ou de début de succession** est fortement influencé par la diminution des populations plutôt abondantes de bruants³⁵. Des réductions significatives ont été observées dans l'écozone⁺ maritime de l'Atlantique, dans les plaines boréales et dans l'écozone⁺ du Bouclier boréal.
- Comme c'est le cas aux États-Unis³⁷, les populations d'oiseaux **forestiers** varient très peu dans l'ensemble, bien que les données indiquent une diminution depuis les années 1990³⁵. Les tendances des espèces individuelles varient, certaines espèces montrant un déclin tandis que d'autres sont stables ou en hausse. Des réductions à différents degrés ont été observées dans l'écozone⁺ maritime du Pacifique, la Cordillère montagnarde et le bassin intérieur de l'Ouest, tandis qu'on a remarqué une augmentation des populations dans les Prairies et les plaines à forêts mixtes, où les oiseaux ont réagi à une augmentation du couvert forestier. Environ 60 % des oiseaux terrestres du Canada se reproduisent dans la forêt boréale³⁸.
- Les populations d'oiseaux qui **se nourrissent en vol et au sol** ont diminué de façon significative depuis les années 1970, soit de 35 et 27 % respectivement³⁵. Les oiseaux **insectivores en vol**, comme les hirondelles et les moucherelles, se distinguent comme un groupe présentant d'importants déclin^{39,40}. Les causes demeurent inconnues, mais incluent probablement des changements liés à la nourriture, au climat, et à l'habitat.
- Les populations d'espèces **migratrices sur de longues et de courtes distances** ont diminué de façon significative, soit de 21 et de 24 % respectivement, tandis que les populations d'oiseaux résidents n'ont pas varié³⁵. Les migrateurs sur de courtes distances comprennent de nombreuses espèces des prairies, alors que les espèces migratrices sur de longues distances comptent beaucoup d'insectivores qui se nourrissent en vol. La perte et la fragmentation de l'habitat dans les aires d'hivernage sont une cause probable de ces diminutions^{41,42}.

TENDANCES DÉMOGRAPHIQUES DU FULIGULE À COLLIER ET DU PETIT FULIGULE ET DU FULIGULE MILOUINAN DANS L'OUEST DE LA RÉGION BORÉALE

Millions, de 1961 à 2009



Source : Comité sur la sauvagine du Service canadien de la faune, 2009⁴³

Environ 70 % des Fuligules à collier et des Petits Fuligules et des Fuligules milouinans se reproduisent dans l'ouest de la forêt boréale du Canada et beaucoup de caractéristiques du cycle vital de ces espèces sont semblables⁴⁵. Cependant, les populations de Petits Fuligules et de Fuligules milouinans ont diminué de 1,7 % par année en moyenne entre 1961 et 2009, tandis que celles du Fuligule à collier ont augmenté de 2,5 % par année⁴³. Les raisons du déclin des populations de Petits Fuligules et de Fuligules milouinans ne sont pas claires, mais selon les hypothèses avancées, la contamination ou la modification des ressources alimentaires et la diminution de la survie des femelles ou du succès de reproduction, attribuables à des changements dans la forêt boréale, pourraient être en cause^{46, 47}. Une autre cause possible pour les espèces qui se reproduisent tard dans la saison comme le Petit Fuligule et le Fuligule milouinan est l'absence de synchronisation entre la période de nidification et la disponibilité de la nourriture, causée par une variation des températures⁴⁵. Un déclin des populations a également été observé chez d'autres espèces qui se reproduisent tard dans la saison comme les macreuses^{43, 45}. Le Fuligule à collier se reproduit plus tôt dans la saison.



iStock.com

SAUVAGINE

Depuis 1948, le Canada et les États-Unis effectuent en coopération le suivi de la sauvagine. Les préoccupations suscitées par le déclin des populations dans les années 1980 ont conduit à l'élaboration d'une grande initiative de coopération internationale, le Plan nord-américain de gestion de la sauvagine, qui vise à s'attaquer à ces déclins. Bien que les populations de canards fluctuent beaucoup d'une année à l'autre et d'une région à l'autre, la tendance générale pour la plupart des canards reproducteurs de l'intérieur indique que les populations ont augmenté ou n'ont pas changé de façon significative entre 1961 et 2009^{43, 44}. Néanmoins, les populations de certaines espèces demeurent faibles, par exemple celles du Canard pilet, du Canard d'Amérique et celles du Fuligule milouinan et du Petit fuligule qui ont diminué de façon significative dans les prairies et dans l'ouest de la région boréale^{43, 44}.

CANARD NOIR

Plus de 90 % de la population mondiale de Canards noirs se reproduisent dans l'est du Canada⁴⁸ et cette population a diminué de près de 50 % entre 1955 et 1985⁴⁹. La population de cette espèce, qui est l'un des canards les plus abondants de l'est du Canada, est stable et se maintient à environ 450 000 individus depuis 1990, bien qu'elle continue de diminuer dans les plaines à forêts mixtes^{43, 44}. Les causes de cette diminution ne sont pas claires, mais comprennent probablement la perte de l'habitat causée par l'aménagement et l'agriculture^{49, 50} ainsi que le phénomène de déplacement provoqué par la compétition avec le Canard colvert⁵¹, dont la population s'accroît et l'aire de répartition s'étend^{49, 50, 52}. Les augmentations de la population dans d'autres régions pourraient être dues aux changements de pratiques de gestion, comme l'augmentation des restrictions de chasse⁵³.

CANARDS DE MER

Les données sur les canards de mer sont plus restreintes, car la plupart se reproduisent dans des zones éloignées et inaccessibles dans le Nord. D'après les données existantes, les tendances sont variées. Les raisons des déclins des populations sont en grande partie inconnues⁴³, mais la diminution des eiders pourrait être liée à leur récolte et le choléra aviaire est peut-être un nouveau problème⁵⁴.

- ↑ des harles dans les Prairies, la région boréale et la région de l'Atlantique
- ↑ du Garrot à œil d'or dans les Prairies et la région de l'Atlantique
- ↑ du Petit Garrot dans les Prairies et la région boréale
- ↓ des macreuses dans les Prairies et la région boréale; ↑ de la Macreuse à front blanc dans la région de l'Atlantique⁴³
- ↓ de l'Harelde kakawi dans la région boréale
- ↓ des populations reproductrices d'eiders de l'Arctique⁵⁴⁻⁵⁸



iStock.com

Eider à tête grise

ESPÈCES PRÉSENTANT UN INTÉRÊT

CARIBOU

Le caribou est largement réparti dans presque tout le Canada et il joue d'importants rôles écologiques tant comme herbivore, en influant sur la structure des communautés végétales, que comme proie, en assurant la subsistance des populations de grands et moyens prédateurs et de détritatives. Le caribou est également une source d'éléments nutritifs dans les systèmes où ces éléments sont plutôt limités. Les caribous font partie intégrante de nombreuses cultures, particulièrement la culture autochtone, qui s'est développée avec le caribou au cours de milliers d'années¹.

Caribou de l'Arctique et de la taïga

L'abondance du caribou du nord du Canada, comme l'abondance d'autres herbivores nordiques, tels les lemmings et les lièvres, est cyclique. En général, l'abondance des caribous a connu une augmentation, partant des très faibles effectifs du milieu des années 1970 pour atteindre un sommet au milieu des années 1990 ; ce nombre a chuté de nouveau jusqu'en 2009 et, dans certains cas, a atteint des valeurs aussi faibles que celles observées précédemment². Certaines hardes, notamment celles de Bathurst et de Beverly, qui mettent bas au centre de l'Arctique, ont considérablement diminué au cours des dernières années^{3,4}. La tendance actuelle à la baisse peut, du moins en partie, être liée aux cycles naturels de l'abondance².

L'abondance du caribou de Peary, qui vit sur les îles du Haut-Arctique et est désigné espèce en voie de disparition par le Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC)⁵, est grandement influencée par les conditions climatiques. Les hivers rigoureux périodiques entraînent une mortalité à grande échelle et une diminution de la productivité⁵. Les populations ont diminué jusqu'à 98 % dans plusieurs îles^{6,7}. Au cours de deux hivers dans les années 1990, plus de 95 % de la population de caribous de Peary dans la moitié ouest de son aire de répartition a été décimée en raison d'une neige abondante et de la formation de couches de glace dans la neige⁶, des phénomènes qui pourraient devenir plus fréquents et plus largement répandus avec les changements climatiques^{6,8,9}.

Les modifications importantes survenues dans l'aire de répartition du caribou depuis les années 1970 pourraient empêcher que certaines hardes de caribous se rétablissent et atteignent les effectifs records antérieurs¹⁰. Ces modifications comprennent les effets des changements climatiques, y compris la modification du régime des incendies de forêt¹¹, la présence humaine accrue et l'augmentation des projets d'exploitation, en particulier les activités minière, pétrolière et gazière¹²⁻¹⁴. La récolte de caribous par les humains ainsi que la prédation sont également connus pour avoir des répercussions sur l'abondance de certaines hardes de caribous⁵.

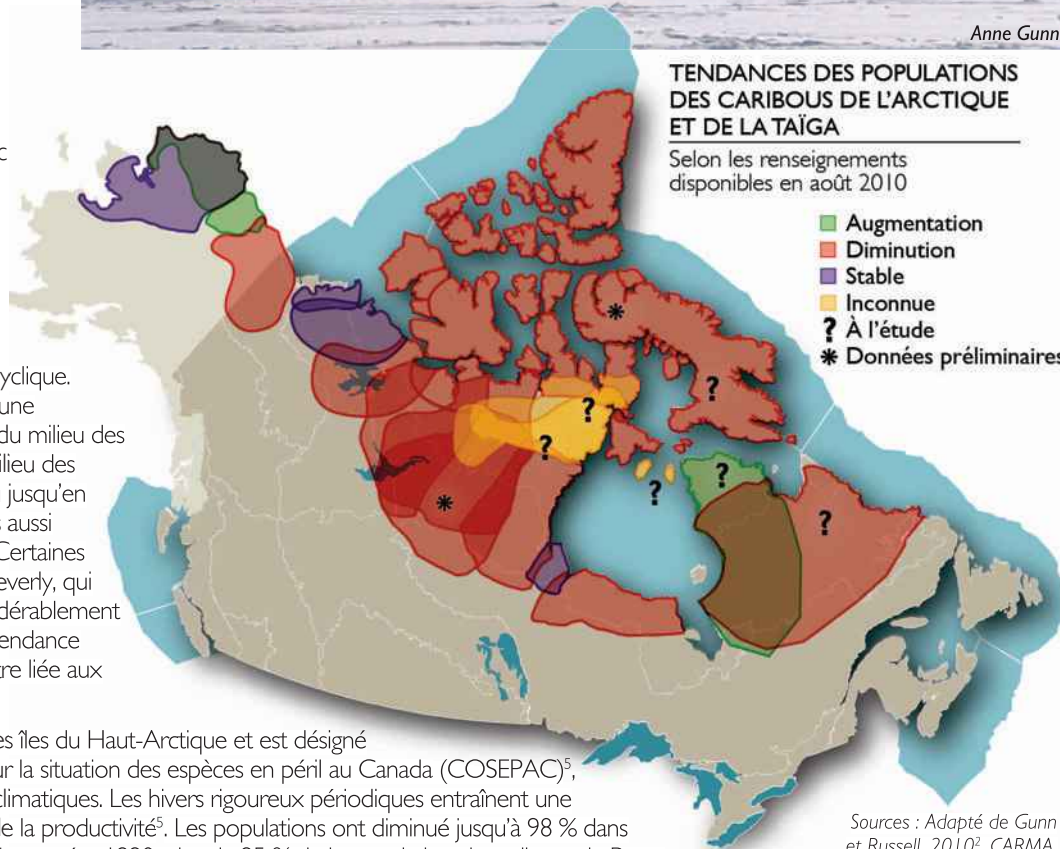


Anne Gunn

TENDANCES DES POPULATIONS DES CARIBOUS DE L'ARCTIQUE ET DE LA TAÏGA

Selon les renseignements disponibles en août 2010

- Augmentation
- Diminution
- Stable
- Inconnue
- ? À l'étude
- * Données préliminaires



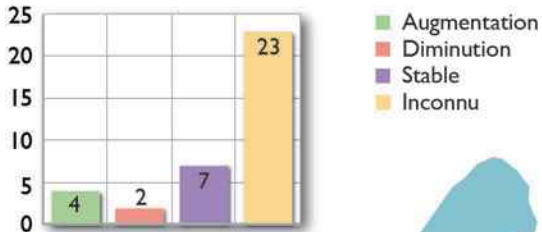
Sources : Adapté de Gunn et Russell, 2010², CARMA, 2009¹⁰, Magoun et al., 2005¹⁵, Elliot, 1998¹⁶.

ÉTAT DES POPULATIONS DES CARIBOUS DES BOIS HABITANT LES FORÊTS

Population des montagnes du Nord

Statut selon le COSEPAC : préoccupante

Nombre de hardes, 2010

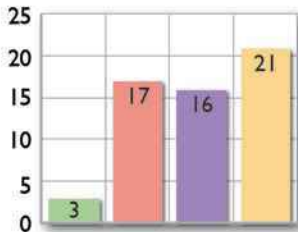


Source : Northern Mountain Caribou Management Planning Team, 2010¹⁹.

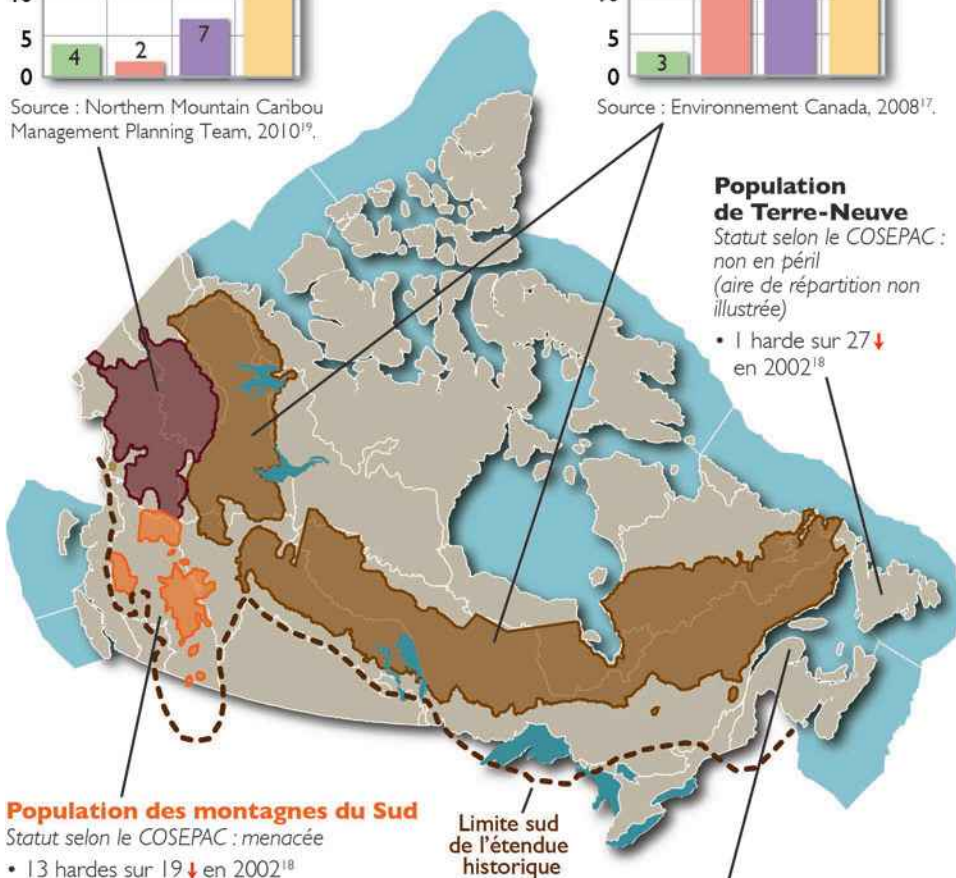
Population boréale

Statut selon le COSEPAC : menacée

Nombre de hardes, 2008



Source : Environnement Canada, 2008¹⁷.



Population des montagnes du Sud

Statut selon le COSEPAC : menacée

- 13 hardes sur 19 ↓ en 2002¹⁸
- Aire de répartition en Colombie-Britannique ↓ jusqu'à 40 % en 2002¹⁸

Population de la Gaspésie-Atlantique

Statut selon le COSEPAC : en voie de disparition (aire de répartition non illustrée)

- Il restait moins de 200 adultes en 2002¹⁸
- La population est isolée et occupe une fraction de son aire de répartition initiale¹⁸

Sources : Aire de répartition de la population boréale et limite sud de l'étendue historique adaptées d'Environnement Canada, 2008¹⁷, aire de répartition des populations des montagnes du Nord et du Sud adaptée de Thomas et Gray, 2002¹⁸.

Caribou des bois sylvicole

Le caribou des bois sylvicole est relativement peu migrateur et vit en plus petits groupes que ses homologues nordiques. Il partage son temps entre la forêt mature riche en lichens et les espaces ouverts, dont la toundra alpine¹⁸. Autrefois présent dans la majeure partie du pays, son aire de répartition a diminué, et sa limite sud continue de remonter vers le nord^{18, 20}. Le caribou a disparu de la Nouvelle-Écosse et du Nouveau-Brunswick depuis 1930²¹.

L'état de nombreuses hardes demeure inconnu. Cependant, lorsque les données existent, elles montrent des déclinés évidents, particulièrement de la population boréale¹⁷ et de celle des montagnes du Sud²². Les populations de caribous des bois diminuent principalement en raison de la perte et de la dégradation de l'habitat, ainsi que de la fragmentation du paysage causé par les routes et autres aménagements linéaires. Ces facteurs ont entraîné l'isolement des populations et l'augmentation de la vulnérabilité aux prédateurs^{17, 23-25}. La surexploitation du caribou, les incendies et les changements climatiques sont aussi des facteurs pouvant jouer un rôle dans le déclin de la population^{17, 18, 26}. En général, les populations qui sont stables ou en augmentation se trouvent en régions éloignées, où l'activité industrielle est minime ou absente, et où la lutte contre les prédateurs a été utilisée comme outil de gestion²⁷.

Tendances mondiales

La répartition du caribou et du renne est circumpolaire dans les zones boréales et la toundra du monde entier. Les populations sauvages ont décliné en Russie, et elles sont en grande partie disparues de l'Europe, à l'exception d'une petite population de rennes stable en Norvège et d'une population en croissance en Finlande²⁸. La perte d'habitat et les changements climatiques constituent des menaces à l'échelle mondiale²⁹.

PRODUCTIVITÉ PRIMAIRE

CONSTATATION CLÉ 18. 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** désigne la conversion de l'énergie solaire en matière organique par la photosynthèse. En milieu terrestre, elle dépend de la température et de la disponibilité en eau et des éléments nutritifs, qui varie en fonction de l'utilisation des terres. Dans les écosystèmes aquatiques, la productivité primaire dépend de la disponibilité des éléments nutritifs, de la lumière et, dans une moindre mesure, de la température et d'autres facteurs. **La productivité primaire est importante**, car elle est le processus qui forme la base de la plupart des réseaux trophiques dans la plupart des écosystèmes.

La productivité primaire a augmenté de façon significative sur 22 % du territoire végétalisé du Canada entre 1985 et 2006 et a diminué sur moins de 1 % du territoire¹. Cette tendance de la productivité primaire est fondée sur les changements de l'indice de végétation par différence normalisée (IVDN), une mesure par télédétection de l'activité photosynthétique; il s'agit d'un bon indicateur de la quantité de végétation verte en santé²⁻⁴.

Le Nord, qui a connu les plus fortes hausses de température, a enregistré les plus grandes augmentations de productivité primaire. Le paysage du nord du Canada devient de plus en plus vert en raison de changements de la végétation qui se manifestent par le passage d'un couvert où dominaient les lichens et les mousses à un couvert d'arbustes et de graminées⁵, ainsi que par des modifications de la croissance et de la densité des arbres en montagne et à la limite septentrionale des arbres⁶⁻⁸.

Dans la partie sud du Canada, l'augmentation de la productivité primaire est vraisemblablement plus fortement liée aux changements d'utilisation des terres qu'aux changements climatiques³. Par exemple, dans les Prairies, ces augmentations sont liées à l'augmentation des superficies cultivées³. Les petites baisses de productivité primaire observées dans certaines zones peuvent être attribuables au développement urbain et industriel ou, comme c'est le cas dans le centre de la Colombie-Britannique, aux infestations d'insectes forestiers. Certaines augmentations de la productivité primaire peuvent aussi être associées au feu, les brûlis pouvant présenter des tendances positives ou négatives de l'IVDN, selon l'âge du brûlis³.

Tendances mondiales

Il a été estimé que l'activité photosynthétique a augmenté sur environ 25 % de la superficie végétalisée de la Terre et a diminué sur plus de 7 % de ce territoire entre 1982 et 1999. Les plus fortes augmentations se sont produites dans les tropiques, en raison d'une moins grande couverture nuageuse et d'une plus forte exposition au soleil, ainsi qu'aux hautes latitudes de l'hémisphère Nord, en raison de la température accrue et de la plus grande disponibilité en eau⁹.

État et tendances

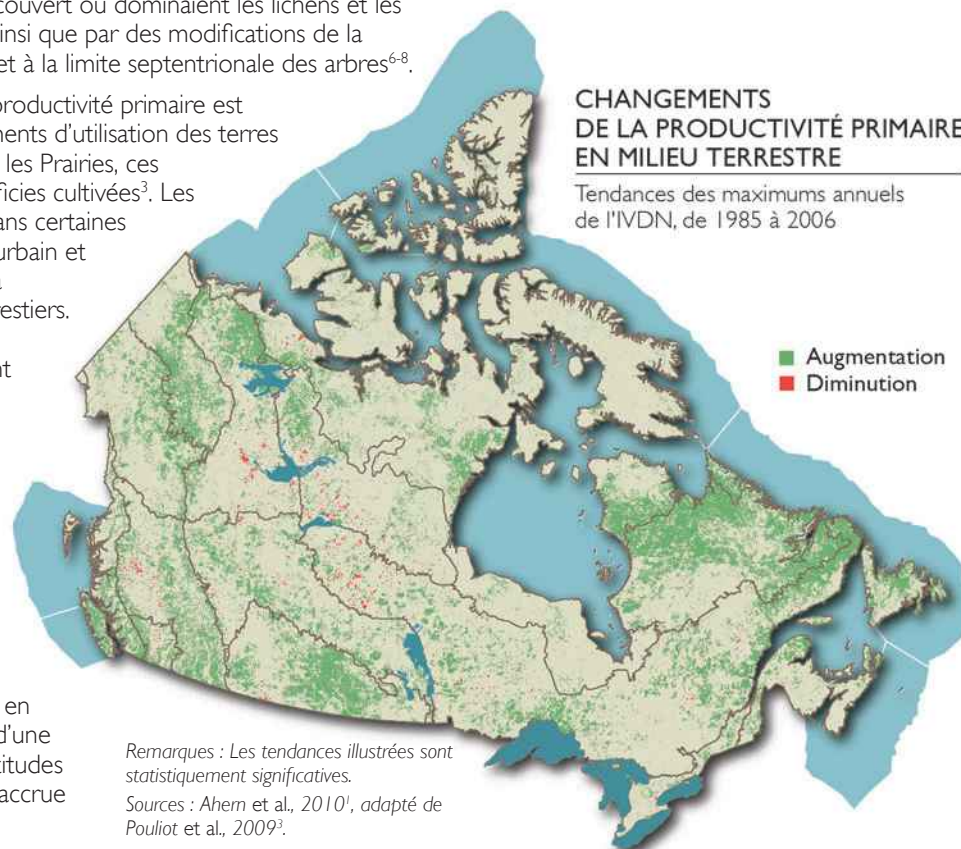
impacts variables et mal compris sur les écosystèmes



certains ensembles de données fiables



nouveau problème pouvant causer des impacts environnementaux majeurs



Remarques : Les tendances illustrées sont statistiquement significatives.

Sources : Ahem et al., 2010¹, adapté de Pouliot et al., 2009³.

PRODUCTION PRIMAIRE DANS LES LACS DE L'ARCTIQUE, LAC LOST PACK, NUNAVUT

Chlorophylle *a* (mg/g, différence par rapport à la valeur moyenne)



Remarques : La chlorophylle *a* est le principal pigment dans les plantes et les algues et constitue une mesure de la production primaire. Les valeurs sont obtenues par l'analyse spectrale de carottes de sédiments lacustres.

Source : Adapté de Michelutti et al., 2005¹⁰.

La figure montre les reconstitutions de la chlorophylle *a* du lac Lost Pack, un des six lacs de l'île de Baffin dont les tendances à long terme ont été étudiées. Tous les lacs présentent des augmentations importantes de la production primaire déduite dans les sédiments les plus récents, et qui suivent des périodes prolongées de valeurs comparativement faibles¹⁰. La datation des carottes de sédiments indique que ces augmentations rapides ont commencé à la fin du 19^e siècle et se poursuivent à l'heure actuelle. Les augmentations constituent, dans la plupart des lacs, un écart par rapport aux niveaux relativement stables de production primaire qui ont persisté pendant des millénaires. L'augmentation généralisée de la production en eau douce dans la majeure partie du nord du Canada peut également être déduite à partir des changements importants de la composition taxinomique des algues dans les étangs et les petits lacs de plusieurs régions (également constatés par l'étude de carottes de sédiments)^{11, 12}.

Cette transformation de la communauté algale s'explique par le réchauffement du climat qui entraîne des saisons de croissance sans glace plus longues et des changements connexes dans les écosystèmes lacustres^{13, 14}. Les changements sont plus prononcés dans le Haut-Arctique, mais de telles variations de la composition algale sont observées à plusieurs endroits dans l'hémisphère Nord, les changements aux latitudes tempérées étant plus récents¹⁵.

PRODUCTION PRIMAIRE MARINE

Chlorophylle totale (mg/m³) dans le Pacifique Nord, de 1908 à 2008



Remarques : La tendance (ligne) et les valeurs moyennes annuelles (points) ont été estimées à l'aide d'une modélisation statistique. La ligne pointillée représente les portions de la tendance estimées d'après des données limitées, d'où l'indice de confiance moins élevé.

Source : Adapté de Boyce et al., 2010¹⁶.

Les mesures par satellite de la couleur des océans ont montré des tendances variables à l'échelle de la décennie de la production primaire marine, notamment une augmentation à court terme dans l'océan Arctique de 1998 à 2008^{17, 18}. Dans une étude récente¹⁶, l'ensemble de données et la période examinée ont été étendus en utilisant aussi des mesures à plus long terme de la transparence de l'eau et des concentrations de chlorophylle. Cette étude a conclu que, au cours des 110 dernières années, la production primaire a baissé dans la plupart des régions océaniques du monde¹⁶. Les régions aux hautes latitudes, dont le Pacifique Nord, ont montré les plus importants déclin à long terme. Le déclin global de l'abondance du phytoplancton est estimé à 1 % par an, pour une diminution totale de 40 % depuis 1950. Les tendances à plus court terme étaient reliées aux oscillations climatiques, tandis que les baisses à long terme étaient plus fortement liées à l'augmentation des températures de la surface de la mer, ce qui entraîne un moins grand mélange des eaux océaniques et réduit l'apport d'éléments nutritifs pour le phytoplancton. Les exceptions sont les océans Arctique et Antarctique, pour lesquels les causes des baisses de la production primaire observées à long terme sont moins claires, mais ont peut-être un lien avec l'augmentation de l'intensité des vents¹⁶.

PERTURBATIONS NATURELLES

CONSTATATION CLÉ 19. 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.

changement évident, mais l'orientation, l'interprétation et les conséquences sur la biodiversité sont mal comprises



données incomplètes, mais données fiables sur les feux et certains insectes



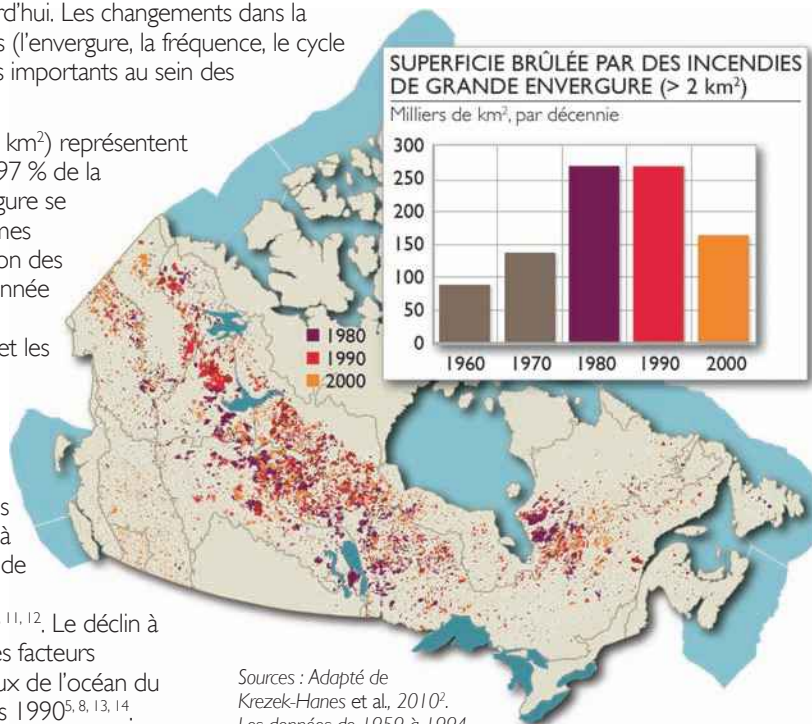
Les perturbations naturelles sont des phénomènes isolés, parfois cycliques, qui modifient de façon importante la structure ou la composition d'un écosystème. L'envergure, la fréquence, la gravité, le cycle saisonnier et la durée de la perturbation déterminent les répercussions sur la biodiversité. Les régimes de perturbation de grande envergure sont importants, car ils ont façonné les écosystèmes. Même si d'autres agents de perturbation sont importants, cette constatation clé porte principalement sur les incendies et les infestations d'insectes indigènes, qui sont très répandus et qui sont des catalyseurs écologiques d'une importance particulière dans les forêts et les prairies. Les incendies et les infestations d'insectes ont une incidence les uns sur les autres, et tous deux sont influencés par les conditions météorologiques, le climat, la dynamique de la végétation et la gestion par les humains.

INCENDIES

Les incendies jouent un rôle essentiel au sein des écosystèmes et dans le cycle nutritif, car ils influencent la composition des espèces et la structure par âge, ils maintiennent la productivité et la diversité des habitats, et ils ont une incidence sur les insectes, les maladies et le cycle du carbone. En raison de l'influence écologique des incendies, les caractéristiques des incendies du passé ont façonné les forêts d'aujourd'hui. Les changements dans la dynamique des incendies influencent les caractéristiques des incendies (l'envergure, la fréquence, le cycle saisonnier, la gravité et le type) et peuvent entraîner des changements importants au sein des écosystèmes.

Les incendies de grande envergure (ceux qui s'étendent sur plus de 2 km²) représentent environ seulement 3 % de tous les incendies, mais sont à l'origine de 97 % de la superficie totale brûlée¹. Plus de 90 % des incendies de grande envergure se produisent dans la forêt boréale², où les conditions climatiques extrêmes favorables aux incendies sont fréquentes, et les mesures de suppression des incendies sont plus rares^{1,3,4}. La fréquence des incendies varie d'une année et d'une région à l'autre. Elle est influencée par les conditions météorologiques, le climat, les matières combustibles, la topographie et les humains^{4,6}. La superficie totale brûlée annuelle a varié entre 500 km² et 75 000 km² entre 1959 et 2009².

Depuis les années 1850, la fréquence et la superficie brûlée par les incendies de grande envergure connaissent de façon manifeste un déclin à long terme, particulièrement dans l'est du Canada⁷⁻¹⁰. Or, dans les années 1960 à 1980-1990, la superficie brûlée annuellement était à la hausse. Cette augmentation a été attribuée à une utilisation accrue de la forêt par les humains, à une meilleure détection des incendies et à l'augmentation des températures au cours des 40 dernières années^{1,3,11,12}. Le déclin à court terme observé de 2000 à 2009 s'explique peut-être par d'autres facteurs climatiques, tels que les modes de circulation à grande échelle des eaux de l'océan du Pacifique Nord, qui ont commencé à se refroidir au milieu des années 1990^{5,8,13,14}. L'activité des incendies est fortement liée à la température^{3,6,15}, et cette activité augmente avec l'augmentation de la température.



Sources : Adapté de Krezek-Hanes et al., 2010². Les données de 1959 à 1994 sont tirées d'une importante base de données sur les incendies de Stokes et al., 2003¹, et celles de 1995 à 2009 ont été obtenues auprès du Centre canadien de télédétection.



iStock.com

Cycle saisonnier

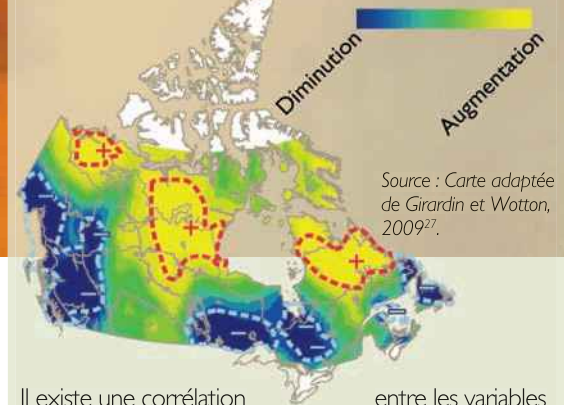
La saison des incendies s'échelonne du mois d'avril à la mi-octobre². Le temps de l'année durant lequel se produisent les incendies peut avoir une incidence sur la capacité de régénération des forêts et l'intensité¹⁶. Bien que les humains soient responsables d'environ 65 % des incendies (de petite ou grande envergure) au Canada, la plupart s'étendent sur moins de 2 km². Ainsi, entre 1959 et 1997, ils représentaient seulement 15 % de la superficie totale brûlée^{1, 17}. Ces incendies se produisent principalement au printemps et à proximité des établissements humains. La majorité des incendies de la forêt boréale (taïga) sont causés par la foudre et ont tendance à se produire tard dans la saison des incendies^{1, 5, 18}. Ils sont souvent plus graves, parce que la matière combustible est sèche, ce qui provoque de graves incendies de forte intensité, et parce qu'ils sont moins susceptibles d'être éteints¹⁹. Dans d'autres pays, comme c'est le cas dans l'ouest des États-Unis, tout semble indiquer que la saison des incendies s'est allongée, comme le témoignent les incendies de forêt qui prennent naissance plus tôt au printemps²⁰. Ce phénomène semble également se produire au Canada.

DIMINUTION DES INCENDIES CONSIDÉRÉS COMME UN AGENT DE PERTURBATION

Au cours du siècle dernier, les humains ont eu une importante influence sur les incendies. La transformation des terres et la suppression des incendies ont entraîné une situation où les incendies de grande envergure ne sont presque plus considérés comme des agents de perturbation importants dans les plaines à forêts mixtes, les Prairies et l'écozone⁺ maritime de l'Atlantique². La suppression des incendies s'est avérée un succès depuis les années 1970^{21, 22}, et ce succès a également touché d'autres secteurs. Par exemple, dans l'intérieur de la Colombie-Britannique, ce phénomène a favorisé le peuplement de prairies et de forêts de pins ponderosa par des douglas de Menzies et d'autres arbres et arbustes, et a fait augmenter la quantité de matières combustibles, rendant ainsi les forêts plus susceptibles aux incendies de plus grande intensité^{23, 24} et augmentant leur vulnérabilité aux infestations d'insectes²⁵. Les mesures de suppression actives couvrent maintenant 90 % des plaines boréales, 64 % du Bouclier boréal, 41 % de la Cordillère boréale, 20 % de la taïga des plaines et 2 % de la taïga du Bouclier⁴. Les conséquences écologiques néfastes de la suppression des incendies ont été reconnues, et les responsables de la gestion ont commencé à réintroduire les brûlages dirigés sur une base restreinte dans certaines parties du Canada. La suppression des incendies est un juste équilibre entre le maintien de la fonction écologique et la protection de la vie humaine et des propriétés²⁶.

CHANGEMENT DANS LE RISQUE D'INCENDIE DE FORÊT

Indice de sécheresse en juillet, de 1901 à 2001



Source : Carte adaptée de Girardin et Wotton, 2009²⁷.

Il existe une corrélation entre les variables de sécheresse et l'activité des incendies, et les variables peuvent servir à reconstituer l'historique des feux ou à prédire les risques futurs d'incendie de forêt²⁸⁻³⁰. Le changement dans les risques d'incendie de forêt observé entre 1901 et 2002 a été déduit au moyen de l'indice de sécheresse, qui est un indice de la teneur en eau du sol. Il est l'une des mesures utilisées par les agences chargées de la gestion des feux pour surveiller les risques^{27, 31}. D'après les résultats basés sur les changements dans l'humidité du sol, les risques d'incendie de forêt ont été à la baisse dans les régions au sud de la baie d'Hudson, dans l'est des provinces maritimes et dans l'ouest du Canada. Ce phénomène est attribuable en grande partie à une augmentation marquée des précipitations, ce qui a entraîné une réduction considérable de la sécheresse. Par contre, les risques ont augmenté dans les régions de la taïga du Bouclier, en Arctique et dans le nord de la taïga des plaines^{27, 31}. La présente analyse tient compte uniquement des variables climatiques et non des autres facteurs comme la gestion et l'allumage des incendies par les humains, les infestations d'insectes et les changements dans la végétation³¹.

Tendances mondiales

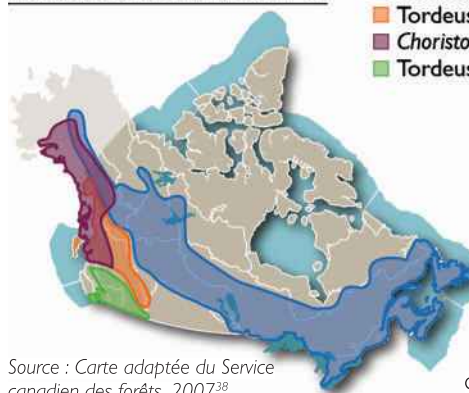
À l'échelle mondiale, la superficie totale brûlée annuellement est en hausse depuis les années 1950³². On s'attend à ce que les conditions météorologiques propices aux incendies forestiers continuent de s'aggraver et à ce que la superficie brûlée continue d'augmenter en Europe³³, en Russie³⁴, au Canada et aux États-Unis^{6, 15, 35}, en Amérique du Sud, en Asie centrale, en Afrique du Sud et en Australie³⁶, et ce, en raison de l'augmentation des températures^{3, 37}.

PERTURBATIONS NATURELLES

INSECTES

Les infestations d'insectes à grande échelle représentent un régime de perturbations naturelles important au Canada. Les changements des caractéristiques des infestations de certains insectes sont manifestes, mais ne sont pas uniformes : certaines augmentent en gravité, d'autres diminuent en gravité et d'autres demeurent inchangées; les données à long terme font défaut pour de nombreuses infestations. Les incendies et les infestations d'insectes ont une incidence les uns sur les autres, et tous deux sont influencés par le climat. Par exemple, les changements dans la structure du paysage forestier à certains endroits en raison de la suppression des incendies ont rendu les forêts plus vulnérables aux infestations de certains insectes. Parallèlement, les infestations d'insectes peuvent influencer la dynamique des incendies, notamment en intensifiant les incendies de forêt dans les peuplements ayant déjà subi une infestation.

TORDEUSE DE L'ÉPINETTE



Source : Carte adaptée du Service canadien des forêts, 2007³⁸.

La tordeuse de l'épinette, un insecte indigène des forêts boréales et mixtes du Canada, est l'un des insectes phytophages les plus répandus et ayant le plus d'influence au Canada. Parmi les quatre sous-espèces présentes au Canada, la plus répandue est la tordeuse des bourgeons de l'épinette (*Choristoneura fumirana*). Ses hôtes préférés sont le sapin baumier, l'épinette blanche et l'épinette rouge, mais elle peut également provoquer la défoliation de l'épinette noire³⁹. Elle cause des dommages surtout aux peuplements forestiers plus anciens et plus denses, quoique lors d'infestations graves, tous les peuplements hôtes sont vulnérables⁴⁰. Combinée aux incendies, la tordeuse des bourgeons de l'épinette est la perturbation naturelle prédominante dans la forêt boréale⁴¹. Les cycles périodiques d'infestations de la tordeuse de l'épinette, qui reviennent tous les 30 à 55 ans⁴², jouent un rôle important dans la transformation des écosystèmes forestiers, car ils influencent la composition des espèces, la répartition des classes d'âge, la dynamique de la succession et les conditions de la forêt^{43, 44}. Les infestations se produisent plus ou moins de manière synchrone sur de vastes étendues, mais la durée de l'infestation varie d'une région à l'autre⁴⁵. La dernière infestation ayant atteint un sommet s'est produite en 1975, alors qu'une superficie de plus de 510 000 km² avait été défoliée à l'échelle nationale⁴⁶.

La tordeuse occidentale de l'épinette touche une superficie beaucoup plus petite. La dernière défoliation ayant atteint un sommet s'est produite en 2007, alors qu'environ 8600 km² avaient été défoliés à l'échelle nationale⁴⁶. La gravité de l'attaque est faible. Par exemple, 95 % de la superficie atteinte en Colombie-Britannique en 2008 a été classée comme ayant été faiblement atteinte⁴⁷. Dans le cadre d'une étude, les attaques historiques dans la région forestière de Kamloops ont été cartographiées. Cette étude a révélé une augmentation des attaques au cours des quatre infestations survenues entre 1916 et 2003, particulièrement après 1980⁴⁸.

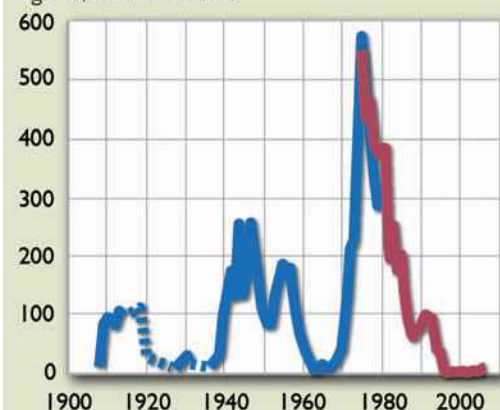
- Tordeuse des bourgeons de l'épinette
- Tordeuse bisannuelle de l'épinette
- *Choristoneura orae* (tordeuse côtière de l'épinette)
- Tordeuse occidentale de l'épinette



La tordeuse de l'épinette, un insecte indigène des forêts boréales et mixtes du Canada, est l'un des insectes phytophages les plus répandus et ayant le plus d'influence au Canada. Parmi les quatre

SUPERFICIE DÉFOLIÉE PAR LA TORDEUSE DES BOURGEONS DE L'ÉPINETTE À L'EST DE LA FRONTIÈRE DU MANITOBA ET DANS LE MAINE, AUX ÉTATS-UNIS

Milliers de km² touchés par une défoliation modérée à grave, de 1909 à 2007



Sources : Les données antérieures à 1909 jusqu'à 1980 (ligne bleue) ont été adaptées de Kettela, 1983⁴⁹; les données de 1974 à 2008 (ligne mauve) ont été adaptées de la Base de données nationale sur les forêts, 2010⁴⁶ et de Strubbe, 2008⁵⁰.

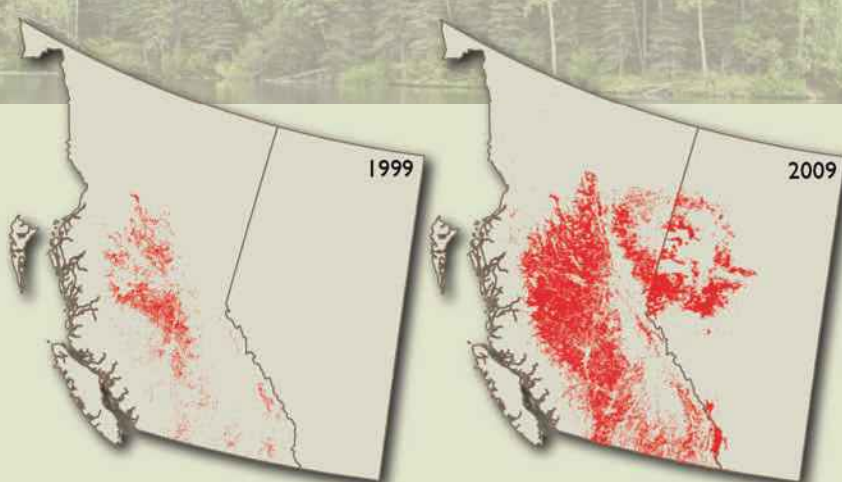
Aucun consensus n'a été établi à savoir si la fréquence des infestations de la tordeuse des bourgeons de l'épinette a changé^{44, 45, 51, 52}. On a cependant observé une augmentation générale de la superficie ayant subi une défoliation en Ontario et au Québec, représentant 98 % de la superficie atteinte durant le dernier sommet de l'infestation^{46, 49}. Il n'existe aucun consensus à savoir si ce phénomène constitue une tendance. Parallèlement, la gravité des infestations au Nouveau-Brunswick s'est atténuée entre 1949 et 2007⁵³. Les conclusions d'études voulant que les caractéristiques des attaques aient changé l'expliquaient par la suppression des incendies, les pratiques d'exploitation forestière, les hausses de température au printemps, l'épandage d'insecticides et les reconstitutions moins fiables des infestations historiques^{44, 54, 55}.

DENDROCTONE DU PIN PONDEROSA

Le dendroctone du pin ponderosa est une espèce indigène de l'ouest de l'Amérique du Nord. Au moins quatre infestations de grande envergure sont survenues en Colombie-Britannique au cours des 120 dernières années²⁵. Toutefois, le cycle de perturbation a changé au cours des dix dernières années, comme en fait foi une infestation d'une intensité inégalée en Colombie-Britannique^{58, 59}. En 2005, il s'est propagé en Alberta⁶⁰, et la propagation a été rapide, touchant notamment des hybrides du pin gris et du pin lodgepole^{61, 62}. Non seulement les attaques provoquent des changements dans la forêt, mais elles peuvent également entraîner des changements de la température de l'eau et des régimes d'écoulement de l'eau, en plus d'augmenter l'érosion du sol et des rives des cours d'eau⁶³. Les peuplements tués par ce dendroctone sont plus vulnérables aux incendies⁶⁴⁻⁶⁷, et l'augmentation des attaques des insectes combinée à la suppression des incendies historiques pourrait entraîner une augmentation d'incendies de forêt intenses qui remplaceront les peuplements⁶⁸. L'infestation semble avoir atteint un sommet en Colombie-Britannique, probablement en raison du fait que les principales essences hôtes dans le plateau central avaient déjà été attaquées, tandis que le terrain variable et la plus grande diversité des arbres ont ralenti la propagation dans d'autres régions⁵⁸.

SUPERFICIE CUMULATIVE TOUCHÉE

En 1999 et 2009



Sources : Cartes adaptées de B.C. Ministry of Forests and Range, 2010⁵⁶; Alberta Sustainable Resource Development, 2010⁵⁷.

SECTEURS TOUCHÉS ANNUELLEMENT PAR LE DENDROCTONE DU PIN PONDEROSA EN COLOMBIE-BRITANNIQUE

Superficie en milliers de km², de 1928 à 2009



Sources : Adapté de la Base de données nationale sur les forêts, 2010⁵⁹; B.C. Ministry of Forests and Range, 2010⁶⁰; Taylor et al., 2006²⁵.

La présence des hôtes, le climat et les pratiques de gestion forestière ont tous une influence sur la dynamique entourant le dendroctone du pin ponderosa²⁵. Les changements ayant contribué à l'infestation actuelle comprennent notamment les facteurs qui suivent :

- Le pin lodgepole devient plus susceptible aux attaques avec l'âge, et la proportion de peuplements plus vieux de pins lodgepoles s'est accrue de 17 % au début du 20^e siècle à 55 % en 2002⁶⁴, ce qui est surtout attribuable à la suppression des incendies^{25, 64, 67, 70} et aux pratiques d'exploitation qui changent la structure des forêts^{64, 67, 71}.
- Le climat s'est modifié depuis 1920, au point de devenir favorable au dendroctone⁷². Des hivers plus chauds⁷³ ont favorisé la survie des dendroctones. La température au printemps et à la fin de l'automne a également une incidence sur la mortalité⁷¹. Par exemple, un printemps hâtif favorise la survie au printemps^{58, 72, 74}.

RÉSEAUX TROPHIQUES

CONSTATATION CLÉ 20. 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 sont formés des relations entre les divers organismes d'un système constitué à la base de producteurs primaires (plantes, algues et micro-organismes) et dans lequel intervient un ensemble de consommateurs et de décomposeurs¹. **Les cycles de population** consistent en sommets et en baisses périodiques réguliers dans l'abondance annuelle qui sont largement dictés par la dynamique de certains réseaux trophiques. **Les réseaux trophiques et les cycles des populations sont importants** parce qu'ils forment la structure et les fonctions des écosystèmes. Les changements de la diversité des espèces résultent souvent de changements dans les réseaux trophiques.

Le déclin de la morue et d'autres espèces de poisson prédatrices au large de la côte Atlantique constitue un exemple des effets dévastateurs qui peuvent se produire lorsqu'une composante importante d'un réseau trophique subit de graves réductions. Cette perte de poissons prédateurs a entraîné d'autres transformations de l'écosystème, dont, entre autres, de grandes augmentations des crevettes (voir Zones marines).

État et tendances

quelques changements majeurs; tendances inconnues pour plusieurs



données seulement pour certaines parties des réseaux trophiques et certaines régions

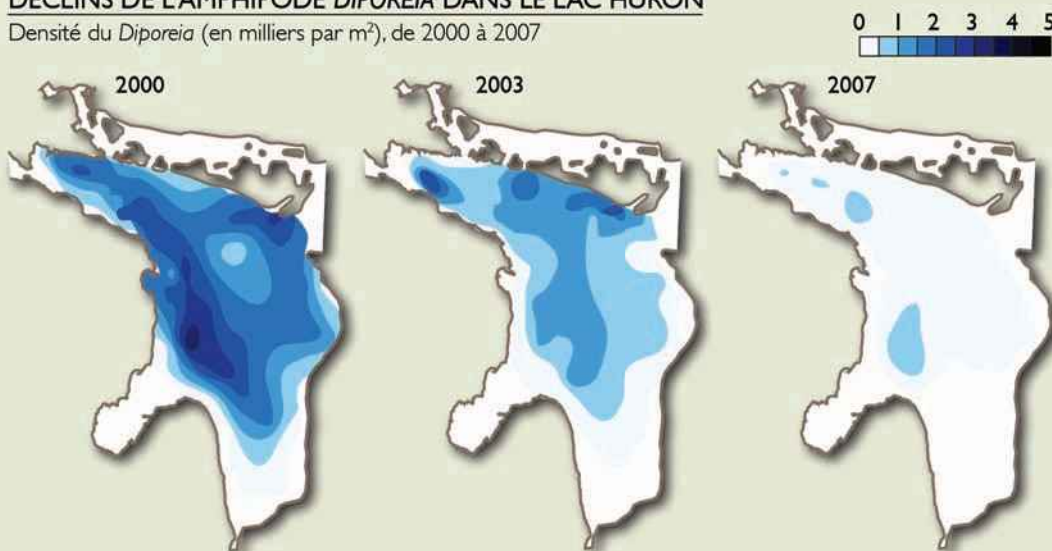


premières indications de changements dans certains cycles de population



DÉCLINS DE L'AMPHIPODE *DIPOREIA* DANS LE LAC HURON

Densité du *Diporeia* (en milliers par m²), de 2000 à 2007



Source : Environnement Canada et U.S. Environmental Protection Agency, 2009².



Tomas Hook

Diporeia adulte (taille d'un grain de riz)

Les petits invertébrés jouent un rôle majeur dans les réseaux trophiques des Grands Lacs, car ils relient la base du réseau (algues, bactéries et particules de matière organique), dont ils se nourrissent, avec les poissons, dont ils sont la proie. Depuis 1995, les populations de l'amphipode *Diporeia*, historiquement abondantes, largement répandues et dominant les réseaux trophiques en eau profonde, ont décliné brusquement dans tous les lacs, sauf dans le lac Supérieur². Ces déclinés coïncident avec l'introduction des moules zébrées et quagga envahissantes. Toutefois, cette tendance continue à la baisse est plus complexe et découle probablement de l'interaction de plusieurs causes. Les déclinés de *Diporeia* ont eu des répercussions importantes sur les réseaux trophiques des Grands Lacs ainsi que des effets défavorables sur les espèces de poisson fourrage et les espèces commerciales. Par exemple, la croissance et la condition corporelle du grand corégone ont diminué de façon significative dans certaines zones des lacs Huron, Ontario et Michigan lors du déclin de *Diporeia*².



iStock.com

Déclin des prédateurs terrestres

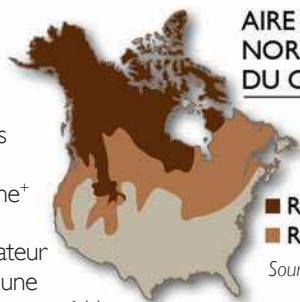
La plupart des grands carnivores indigènes, dont le carcajou, ont subi de graves diminutions de leur abondance ou sont disparus de la majeure partie de leurs aires de répartition historiques dans les régions les plus peuplées de l'Amérique du Nord. Les aires de répartition actuelles et les plus grandes populations encore existantes se trouvent généralement dans le nord et l'ouest du continent³.

Dans l'écozone⁺ boréale de Terre-Neuve, le loup, grand prédateur indigène, est disparu dans les années 1920⁴. Le coyote de l'Est, observé dans cette écozone⁺ pour la première fois en 1987, est devenu un prédateur important qui se nourrit d'une variété d'espèces et est en compétition avec des prédateurs indigènes comme l'ours, le lynx et le renard roux⁵.

Dans l'écozone⁺ des plaines à forêts mixtes, des changements chez les prédateurs et en matière de récolte, combinés à des hivers plus doux et à une augmentation de l'abondance de la nourriture sur les terres modifiées par les activités agricoles et forestières, ont entraîné la croissance rapide des populations de cerfs de Virginie au cours des dernières décennies^{6,7}. Le broutage par un nombre élevé de cerfs a modifié les communautés végétales des forêts^{8,9}, ce qui a par conséquent perturbé l'habitat d'autres espèces, notamment les insectes, les oiseaux et les petits mammifères⁹.

Dans les Prairies, le déclin du loup gris a commencé avec la disparition du bison des Prairies à la fin des années 1800 et s'est poursuivi en raison de la chasse excessive des ongulés et de la lutte contre les prédateurs¹⁰. Avec la perte du loup, la dynamique prédateur-proie a changé. Dans la partie sud-est de l'Alberta, l'abondance du coyote de l'Ouest a augmenté de 135 % entre la période 1977-1989 et la période 1995-1996¹¹.

Le changement du prédateur de niveau trophique supérieur, qui est passé du loup, qui chasse principalement les ongulés, au coyote de l'Ouest, qui a un régime alimentaire plus diversifié^{11,12} et qui chasse peu les ongulés¹³, est venu modifier l'abondance et la répartition des espèces proies.



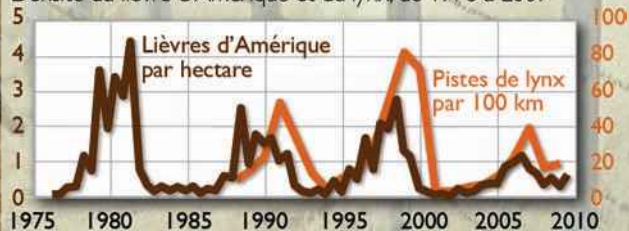
AIRE DE RÉPARTITION NORD-AMÉRICAINE DU CARCAJOU

■ Répartition actuelle
■ Répartition historique

Source : Adapté de Hummel et Ray, 2008³.

CYCLES DU LIÈVRE D'AMÉRIQUE ET DU LYNX EN FORÊT BORÉALE, KLUANE, YUKON

Densité du lièvre d'Amérique et du lynx, de 1976 à 2009



Source : Krebs, 2010¹⁴.

En 2006, les maximums de densité de population au Yukon étaient moins élevés et plus brefs que les sommets antérieurs. Une atténuation similaire du cycle du lièvre est maintenant observée dans les Territoires du Nord-Ouest¹⁵. Il est nécessaire d'assurer un suivi continu pour déterminer s'il s'agit d'un changement des cycles ou de fluctuations naturelles.

CYCLES DES POPULATIONS DE PETITS MAMMIFÈRES DE L'ARCTIQUE

Il faut de longues séries de données pour détecter et comprendre un changement dans un écosystème, surtout si les populations sont cycliques¹⁶. Les programmes de suivi des petits mammifères menés dans les Territoires du Nord-Ouest et au Nunavut ne sont pas en place depuis assez longtemps pour déceler des tendances. Les cycles de populations des lemmings à l'île Bylot au Nunavut ont montré des signes d'affaiblissement au milieu des années 2000¹⁷, mais les densités élevées de cette espèce en 2008 et en 2010 ont permis de stabiliser la tendance à long terme¹⁸.

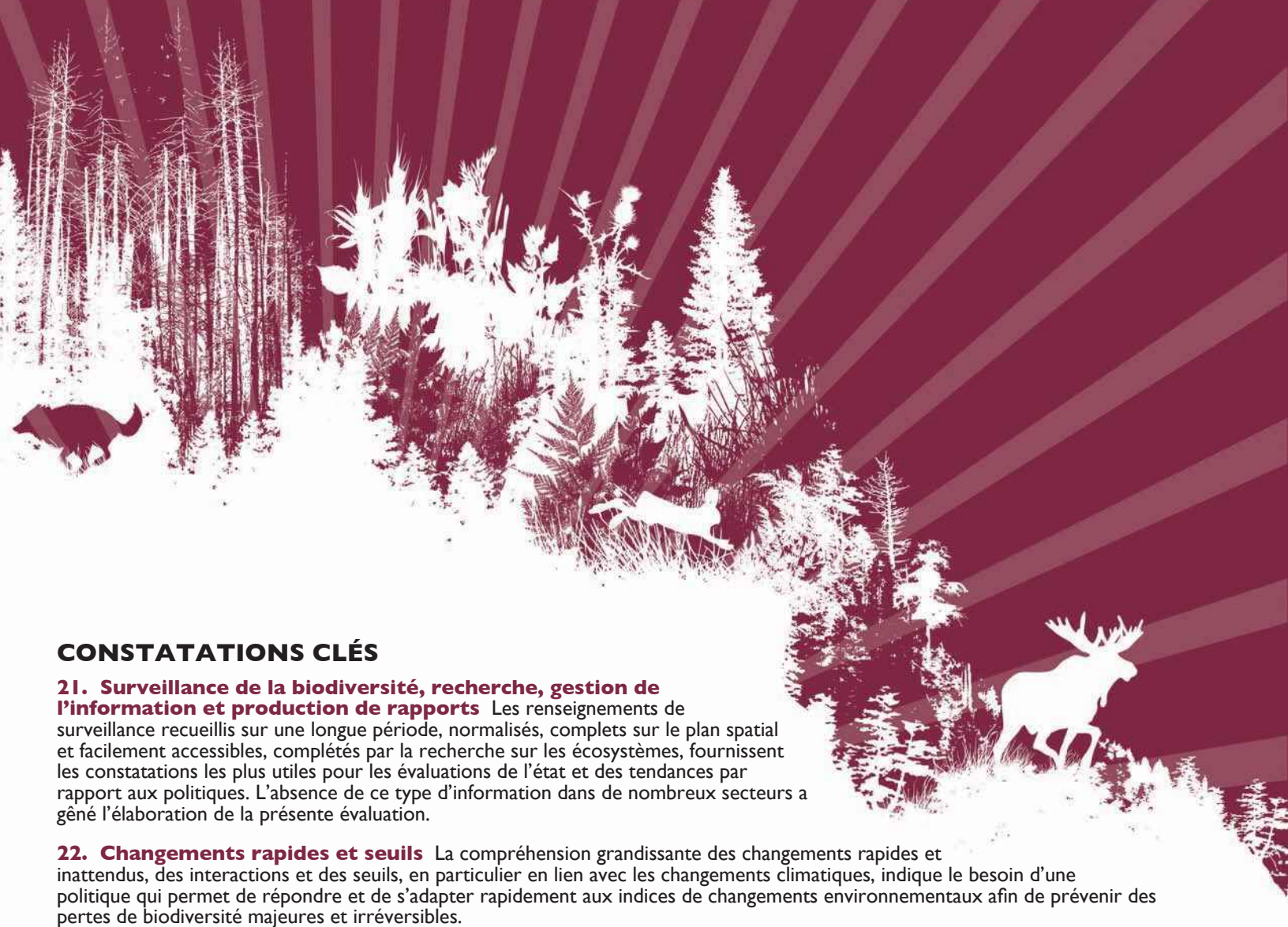
Tendances des cycles des populations

Les cycles des populations constituent des caractéristiques particulièrement importantes de la forêt boréale et de la toundra¹, les plus grands écosystèmes terrestres du Canada. Les herbivores sont au cœur de ces écosystèmes. D'une durée de dix ans, le cycle du lièvre d'Amérique détermine le cycle de nombreux oiseaux et mammifères prédateurs de la forêt boréale¹⁹, tout particulièrement le lynx et le coyote. Le cycle du lièvre est lui-même le résultat de l'interaction entre la prédation et la végétation qui constitue la source de nourriture du lièvre²⁰. Dans la toundra arctique, les lemmings et autres petits rongeurs influent sur la dynamique des populations de nombreux prédateurs²¹.

Tendances mondiales

Dans le nord de l'Europe, les cycles de populations des lemmings, des campagnols, des gallinacés et d'insectes se sont affaiblis sur de grandes superficies depuis le début des années 1990. Des études relient ces phénomènes aux changements climatiques, principalement aux effets des hivers plus doux^{22,23}.

interface science-politique



CONSTATATIONS CLÉS

21. Surveillance de la biodiversité, recherche, gestion de l'information et production de rapports 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.

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

SURVEILLANCE DE LA BIODIVERSITÉ, RECHERCHE, GESTION DE L'INFORMATION, ET COMMUNICATION DES RÉSULTATS

état de passable à médiocre en général, avec certaines données fiables; tendances variables pour l'état de la surveillance et les composantes écosystémiques



CONSTATATION CLÉ 21. 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.

La surveillance de la biodiversité est le processus qui consiste à établir l'état et à faire le suivi des changements dans les organismes vivants et les complexes écologiques dont ils font partie¹. **La surveillance de la biodiversité a une grande importance**, car elle sert de fondement à

l'évaluation de l'intégrité des écosystèmes, de leurs réponses aux perturbations et du succès des mesures adoptées pour conserver ou rétablir la biodiversité. **La recherche** aborde les questions et vérifie les hypothèses sur le fonctionnement et l'adaptation des écosystèmes et la façon dont ils interagissent en présence de facteurs de stress. **La recherche** écologique fournit le contexte pour l'interprétation des résultats de surveillance. Les besoins en matière de politiques et de gestion orientent la progression de la surveillance.

L'examen exhaustif de l'état de la surveillance environnementale et des systèmes d'information environnementale du Canada dépasse la portée du présent rapport. Cette section présente les observations et les leçons apprises au sujet des forces et des faiblesses de l'information et de sa disponibilité pour évaluer l'état et les tendances des écosystèmes canadiens.

Tendances mondiales



La mesure des progrès en vue de l'objectif mondial de réduire le taux de perte de la biodiversité d'ici 2010 dépend de la surveillance de l'abondance des espèces, de la menace d'extinction, de l'étendue et de la condition des habitats, et des biens et services des écosystèmes². Les Nations Unies rapportent que cet objectif mondial n'a pas été atteint¹.

TENDANCES DES ÉCOSYSTÈMES : QUELLE EST LA QUALITÉ DES DONNÉES?



Certaines tendances : données bonnes à passables

Elles comprennent les tendances climatiques, certaines tendances des populations animales et les tendances qui peuvent être mesurées dans de vastes zones à l'aide de la télédétection (comme l'étendue de la glace de mer et les effets du dendroctone du pin ponderosa) ou avec des bases de données nationales (comme les aires protégées). La qualité des données peut varier selon les régions. Par exemple, la majorité des stations de surveillance du débit des cours d'eau se trouve dans la moitié sud du pays et à proximité des agglomérations³. Il existe d'excellents ensembles de données et de grande valeur pour de nombreuses tendances locales et régionales, comme les dates d'arrivée des bernaches aux marais Delta, les niveaux d'acidité des lacs du Bouclier boréal, la présence de contaminants chez les poissons des Grands Lacs et la situation des espèces de poissons de grande valeur sur le plan commercial.



Certaines tendances : données insuffisantes

Il existe des données de qualité pour des régions et des périodes précises, mais la vue d'ensemble fait souvent défaut. La couverture n'est pas assez bonne pour comprendre certaines tendances importantes du biome, comme les changements dans l'étendue des habitats et des milieux humides côtiers. Les tendances de nombreux groupes d'espèces et d'aspects écosystémiques importants pour la biodiversité, tels le pergélisol, la structure des réseaux trophiques et l'expansion de l'ensemble des espèces à l'exception de quelques-unes envahissantes, sont déduites des ensembles de données obtenues dans un nombre limité d'endroits.



Certaines tendances : données inexistantes

Elles comprennent les tendances de processus et de groupes d'espèces qui sont indiscutablement importants pour le maintien d'écosystèmes sains et qui peuvent subir des changements considérables. Il existe peu ou pas d'information sur les tendances concernant des processus comme la décomposition et la pollinisation et sur des tendances concernant la plupart des espèces non commerciales, les espèces de plantes sans fruits, les espèces d'invertébrés et de plus petits organismes, comme les bactéries du sol. Par conséquent, la présente évaluation n'inclut pas de compte rendu sur les tendances relatives à ces composantes de l'écosystème.

L'assemblage de fragments d'information à partir de nombreuses sources disparates est actuellement la seule manière de procéder à l'évaluation de l'état et des tendances des écosystèmes.



iStock.com

La surveillance actuelle des écosystèmes se fait à des échelles spatiales et temporelles différentes, à l'aide de divers paramètres et de protocoles variés pour la collecte et l'analyse des données. Il en résulte une mosaïque d'informations, reflétée dans les lacunes de la présente évaluation et dans les cotes de fiabilité moyenne à faible attribuées à bien des constatations clés. Il s'agit d'un problème qui existe depuis longtemps au Canada, ainsi que dans d'autres pays^{4,5} et qui ne peut être résolu que par une attention accordée à l'établissement de priorités stratégiques de surveillance et à la conception et à l'exploitation continue de systèmes de surveillance à long terme.

Il est possible d'améliorer la capacité d'évaluation en conservant et en tirant parti de la surveillance à long terme actuelle, mais de nouvelles initiatives peuvent s'avérer nécessaires pour répondre aux besoins en matière de politiques.



S. Carrière

Les programmes de surveillance les plus utiles pour cette évaluation possédaient de bonnes conceptions statistiques, des protocoles uniformes et une vaste couverture spatiale fondée sur les écosystèmes, au lieu des administrations. Leur capacité de mesure des tendances et de détection des changements rapides et inattendus augmentait avec leur niveau de cohérence et la durée des données consignées. Il existe peu de programmes à long terme du genre au Canada, et il n'en existe aucun pour plusieurs composantes écologiques importantes. Certaines données sur des tendances sont dépassées en raison de coupures dans la surveillance environnementales depuis les années 1990^{3,6}. Certaines initiatives nouvelles, qui fourniront de l'information sur les tendances pour de futures évaluations, ont débuté au cours de la dernière décennie – par exemple, la surveillance et l'évaluation de l'intégrité écologique de parcs nationaux⁷ et la surveillance des effets cumulatifs sur la biodiversité des écosystèmes de l'Alberta⁸ – quoique beaucoup de lacunes subsistent encore. Le Canada fait également face à une pénurie d'experts en taxonomie qui entrave certains types de surveillance de la biodiversité^{9,11}.



Service canadien des forêts

Les programmes gouvernementaux réguliers de surveillance, conçus pour la gestion des ressources, fournissent également de l'information sur les tendances de certains aspects des écosystèmes, mais sont souvent limités pour pouvoir les appliquer à l'évaluation de la biodiversité. Par exemple, certains inventaires forestiers regroupent les espèces d'arbres selon leur utilisation commerciale, alors que pour l'évaluation de la biodiversité, les arbres doivent être plutôt catégorisés par importance écologique. Il y a une possibilité d'adapter certaines pratiques de surveillance axées sur la gestion en vue de combler des lacunes en matière de surveillance écologique.



Jim Leafloor

La recherche écologique est une ressource importante pour les données sur les tendances. Les programmes de recherche fondés sur des approches multidisciplinaires ont apporté à la présente évaluation certains des meilleurs aperçus sur les changements des fonctions et des structures des écosystèmes. Toutefois, l'association de la surveillance à la recherche se produit souvent à court terme et finit lorsque le cycle de recherche est terminé. Les programmes de surveillance qui font participer des bénévoles de la collectivité¹², tels que le Relevé des oiseaux nicheurs¹³, constituent une autre ressource importante. Les investissements dans la conception de programmes, la gestion de données et la production de rapports, ainsi que dans la formation continue et le soutien aux bénévoles, sont nécessaires pour garantir des résultats à long terme uniformes et pertinents^{14,15}.

Les programmes de surveillance incorporent rarement les connaissances traditionnelles et locales, ce qui a résulté en leur sous-utilisation dans la présente évaluation.



iStock.com

Les connaissances traditionnelles autochtones (CTA) documentées, disponibles dans le domaine public, ont été compilées pour cette évaluation, mais la majeure partie n'a pas été intégrée efficacement. Les efforts d'intégration des connaissances traditionnelles autochtones dans les rapports sur l'état et les tendances ont suscité des inquiétudes au sujet de la présentation d'extraits de connaissance hors de leur contexte culturel, ainsi que des préoccupations concernant la représentativité de cette connaissance, en particulier parce que les périodes de temps et les échelles spatiales n'étaient souvent pas précisées^{16,17}. Les observations et la connaissance des changements à l'échelle locale (ne se limitant pas aux populations autochtones) sont une ressource connexe sous-utilisée^{18,19}. Le rassemblement de différents systèmes de connaissances de façons complémentaires demeure un défi en matière de surveillance et d'évaluation environnementales^{17,20-22}.

SURVEILLANCE DE LA BIODIVERSITÉ

L'amélioration des pratiques de publication, tout comme la gestion de l'information et l'archivage, rendrait les résultats de surveillance plus accessibles pour l'élaboration de politiques et la prise de décision.

Dans l'ensemble, l'information sur l'état de l'écosystème et sur les tendances au Canada est très dispersée, d'où la difficulté de savoir quelle information est disponible et à quel endroit elle se trouve. La qualité de cette information est également variable. Les améliorations requièrent la coordination et l'attention à la gestion des données et aux pratiques de publication.

La gestion de l'information est cruciale à l'intégrité, à l'utilité à long terme et à l'accessibilité des résultats de surveillance. Les programmes de surveillance efficaces comprennent l'organisation et la documentation d'ensembles de données, l'entreposage sécurisé à long terme d'archives consultables et des examens et contrôles de qualité effectués régulièrement. Grâce au progrès technologique, les ensembles de données sont devenus plus vastes et plus complexes, nécessitant ainsi davantage de ressources pour pouvoir les gérer. Parallèlement, les techniques d'analyse spatiale des données et de partage de données d'un réseau à l'autre offrent des possibilités de visualiser et de synthétiser l'information environnementale de façons novatrices, tout en accroissant également le besoin de coordonner les politiques et les normes relatives aux données.



116,78	0,58	2,10
35,09	0,12	0,3
85,11	1,07	0,3
39,88	0,38	
48,86	0,65	
42,52	0,14	
36,11	0,55	
8,21	0,11	
37,35	0,83	
53,27	0,50	
60,45	0,2	
12,56	0,2	
9,73	0,	
27,38	0,	
580	32,73	4
1563	40,43	
4843	31,41	
23100	3,59	
16200	41,8	
146300	75,	
823212	11	
593700	95	
659990	6	
725750	1	
843052		
703712		
620200		
716460		
723610		

OBSERVATIONS SUR L'ACCESSIBILITÉ DE L'INFORMATION POUR LA PRÉSENTE ÉVALUATION

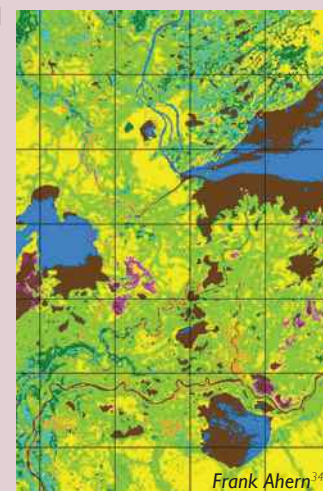
- La documentation scientifique publiée a été la source d'information la plus accessible et la plus utile pour la plupart des aspects de l'évaluation, en particulier les articles qui présentaient des résultats de surveillance de recherches sur les écosystèmes et les facteurs de stress.
- Des rapports d'évaluation bien référencés (sur des régions et des thèmes) se sont également avérés utiles, bien que parfois plus difficiles à repérer, ainsi que des rapports axés sur les résultats produits par l'entremise de programmes de surveillance.
- Certains ensembles de données complets ont pu être consultés, principalement par l'entremise d'organismes gouvernementaux, alors que d'autres ensembles de données, surtout anciens, ont été difficiles, voire impossibles à localiser. Le choix d'intégrer des renseignements supplémentaires numériques, tels que des données et des cartes, pour accompagner les publications a représenté un élément de progrès qui a contribué à la présente évaluation.
- Bon nombre de rapports non publiés et de sites Web consultés étaient périmés ou ne disposaient pas de renseignements suffisants sur les données sur lesquelles ils se basaient pour en faire des sources utiles et crédibles.

De nouvelles technologies et applications ouvrent des horizons dans la surveillance de la biodiversité.

La télédétection (l'utilisation de données provenant de satellites) est de plus en plus utile dans la surveillance environnementale, une tendance qui devrait se poursuivre avec le prolongement des séries chronologiques et si les progrès continuent dans la mise au point d'applications et de la capacité analytique^{23, 24}. La télédétection, lorsqu'elle est vérifiée et complémentée avec des données provenant d'observations sur le terrain, peut fournir des mesures cohérentes et reproductibles des changements qui se produisent dans les écosystèmes à de vastes échelles. Il y a toutefois des limites dans ce qui peut être détecté à partir de l'espace. Par exemple, seulement des changements majeurs survenant dans les milieux humides des prairies peuvent être détectés, car de petits milieux humides asséchés sont habituellement impossibles à distinguer des terres qui l'environnent²⁵.

EXEMPLES D'UTILISATION DE LA TÉLÉDÉTECTION POUR LA PRÉSENTE ÉVALUATION

L'analyse des saisons de couverture de glace sur de grands lacs à l'aide de la télédétection a permis de discerner des tendances pour l'Arctique, une région qui dispose de peu d'observations sur le terrain²⁶. La télédétection a aussi permis d'améliorer la détection de vastes feux de forêt²⁷, de fournir des tendances au sujet de l'étendue de la glace de mer dans l'Arctique²⁸, de mesurer les changements à grande échelle dans la végétation à la limite forestière de l'Arctique de l'Ouest²⁹ et de fournir des tendances relatives à la productivité primaire dans tout le pays³⁰. Des analyses uniques de l'occupation du sol³¹ et du morcellement forestier^{32, 33} ont procuré des mesures de l'état avec le potentiel de fournir des tendances à l'avenir.



Un partenariat d'élaboration de politiques, de recherche et de surveillance produit mieux l'information pertinente aux politiques sur l'état et les tendances des écosystèmes.

Les lacunes sur le plan de l'information identifiées au cours de l'élaboration de la présente évaluation sont rapportées dans les documents de références thématiques et d'écozone⁺. Voici les thèmes communs qui en sont ressortis :

1. Faible compréhension des seuils, des bases de référence et des limites naturelles de variabilité des écosystèmes
2. Renseignements limités sur les changements dans les structures des réseaux trophiques
3. Peu de recherche et de surveillance qui abordent les effets cumulatifs au fil du temps ainsi que les répercussions des facteurs de stress interdépendants
4. Peu d'information relative à l'évaluation des tendances de la capacité des écosystèmes de fournir des biens et services
5. Besoin croissant d'information sur les réponses des écosystèmes aux changements climatiques
6. Tendances en matière d'abondance et d'autres mesures, comme le succès de la reproduction, qui existent pour quelques groupes d'espèces seulement
7. Faible compréhension de l'état, des tendances et des processus écologiques de la biodiversité pour certains des principaux biomes, y compris les écosystèmes aquatiques, les milieux humides, les forêts boréales et les zones côtières
8. Faible couverture de surveillance des régions moins peuplées et plus difficiles d'accès

Le besoin d'informations précises à l'intérieur d'écozones⁺ est une manifestation des lacunes plus générales

d'information. Une surveillance bien conçue de la biodiversité est en mesure de s'adapter pour répondre aux besoins régionaux tout en conservant un ensemble de mesures de base pour pouvoir établir une comparaison entre les régions et au fil du temps³⁵. La surveillance est nécessaire pour détecter les changements survenant dans le temps et dans l'espace, et la recherche est indispensable pour comprendre la signification de ces changements. Il s'agit là d'un processus itératif³⁶. Les réseaux de surveillance basés sur les composantes de l'écosystème (comme le pergélisol) ou les groupes d'espèces (comme les oiseaux de mer) jouent un rôle important pour favoriser un dialogue et une coordination entre ces deux aspects de la science des écosystèmes.



CERTAINS BESOINS D'INFORMATION CONCERNANT LES ÉCOZONES⁺ MARINES

Ce résumé contient des exemples de thèmes communs et de besoins propres aux écozones⁺ reconnus pour les écozones⁺ marines³⁷.

ARCHIPEL ARCTIQUE DU CANADA

- Conséquences de la réduction/ perte de la glace de plusieurs années
- Données sur l'omble chevalier et son habitat
- Données sur les tendances des changements de la structure de la colonne d'eau

La recherche et la surveillance, travaillant de concert, sont nécessaires pour combler ces lacunes.

MER DE BEAUFORT

- Tendances de la communauté benthique
- État et tendances des oiseaux de mer (faible compréhension relativement à l'Arctique de l'Est)

CÔTE NORD ET DÉTROIT D'HÉCATE

- Source de mortalité marine excessive chez certains poissons, y compris le saumon, l'eulakane et le hareng
- Tendances du plancton (disponibles seulement dans l'extrémité sud de l'écozone⁺)

CÔTE OUEST DE L'ÎLE DE VANCOUVER

- Écologie et tendances à long terme des poissons démersaux

DÉTROIT DE GEORGIA

- Tendances relatives aux concentrations de nutriments et aux changements de la composition chimique des eaux profondes
- Cause du changement de synchronisation des pics de biomasse du zooplancton et de son effet sur les réseaux trophiques

COMMUNS À TOUTES LES ÉCOZONES⁺

- État et tendances relatifs au biome côtier
- Tendances à long terme pour le poisson et le zooplancton, et de leurs liens à l'échelle du réseau trophique
- Estimations exactes de l'abondance des populations
- Estimations exactes de l'état et des tendances, inexistantes pour de nombreuses espèces, en particulier les espèces benthiques et non commerciales

BAIE D'HUDSON, BAIE JAMES ET BASSIN FOXE

- Effets écologiques de la diminution des apports d'eau douce des cours d'eau
- Impacts d'un nouveau prédateur de niveau trophique supérieur : l'épaulard

PLATEAUX CONTINENTAUX DE TERRE-NEUVE-ET-LABRADOR

- Dynamiques des populations et distribution du capelan et d'autres petites espèces pélagiques

GOLFE ET ESTUAIRE DU SAINT-LAURENT

- Importance des changements dans le zooplancton
- Productivité côtière et sa contribution à la productivité de l'écozone⁺

GOLFE DU MAINE ET PLATEAU NÉO-ÉCOSSAIS

- Écologie et tendances des eaux profondes au-delà du plateau néo-écossais

CHANGEMENTS RAPIDES ET SEUILS

CONSTATATION CLÉ 22. 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.

Les écosystèmes forment des complexes composés de plantes, d'animaux et de microorganismes qui sont en interaction avec les forces naturelles, l'activité humaine et des conditions en constante évolution. Ils peuvent s'adapter à certains niveaux de stress, cependant leur capacité de se rétablir à la suite d'une perturbation peut être abaissée par la perte de biodiversité et par les répercussions cumulatives. Un écosystème peut arriver à un point où, par un changement rapide et irréversible, il passe d'un état à un autre. Les changements décelés sont habituellement importants, rapides et persistants dans les abondances relatives d'organismes, en particulier les espèces que nous remarquons (comme la végétation) ou que nous exploitons (comme les stocks de poisson).

Le point de non-retour après lequel une transformation est inévitable s'appelle un **seuil**, ou point critique^{1,2}. Les seuils précédant les changements rapides sont souvent difficiles à prévoir, mais ils peuvent eux-mêmes être précédés par des signes précurseurs tels qu'une augmentation de la variabilité ou un rétablissement plus lent après une perturbation³. Il est très probable que les changements climatiques entraînent des réactions des écosystèmes avec seuil, lesquelles sont irréversibles². De nombreux éléments des écosystèmes ne sont pas actuellement ou régulièrement surveillés et on en ignore encore beaucoup sur le fonctionnement des écosystèmes canadiens. Les changements climatiques ajoutent de l'incertitude et devraient entraîner des réactions qui s'étendent au-delà de la portée des données historiques².

Il est important de remarquer tout changement rapide, car il a des conséquences stratégiques. Les réactions de l'écosystème sont souvent imprévues, surtout en raison des interactions parmi les facteurs de stress.

Les signes précurseurs ne sont pas toujours décelés à temps surtout quand la surveillance des écosystèmes est absente ou insuffisante ou que l'incertitude des mesures est si grande que les changements ne peuvent être décelés jusqu'à ce qu'un seuil soit dépassé.

Des politiques de gestion doivent être conçues pour minimiser les répercussions sociales, économiques et environnementales des changements imprévisibles lorsqu'ils surviennent inévitablement. La conception de politiques « à échec intégré » apporte un certain degré de protection.

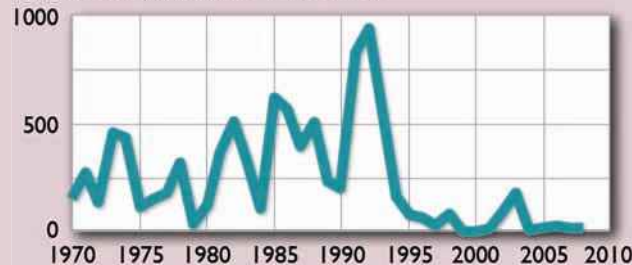
Cependant, des mesures peuvent être prises avant que les seuils soient franchis et que les options stratégiques deviennent trop restreintes et coûteuses. Il pourrait s'agir de renforcer la capacité au Canada de déceler et d'interpréter les indicateurs du changement écologique et, en même temps, de renforcer l'interface science-politique en ciblant et en diffusant rapidement les résultats de la recherche entre les responsables de l'élaboration de politiques et les décideurs.

CHANGEMENT RAPIDE ET INATTENDU

Les stocks de saumon rouge combinés du détroit de Smith et du bras de mer Rivers ont déjà été une des populations de saumon les plus nombreuses et estimées de la Colombie-Britannique, assurant la pêche commerciale, les conserveries et la pêche chez les Premières nations. Le retour d'un grand nombre de saumons a brusquement chuté au début des années 1990, probablement en raison du faible taux de survie en mer durant sa migration, passant de

RETOUR DU SAUMON ROUGE DANS LE DÉTROIT DE SMITH ET LE BRAS DE MER RIVERS, COLOMBIE-BRITANNIQUE

En milliers de poissons, de 1970 à 2008



Source : Crawford et Irvine, 2009⁵

l'écozone* de la côte Nord et du détroit d'Hécate au golfe d'Alaska⁴. On ignore la raison et le lieu précis de cette mortalité.



iStock.com

DÉTECTER LES CHANGEMENTS ET AGIR

Trois points de décision complémentaires relatifs à la conservation de la biodiversité



1. Quand les seuils ont été franchis (il est peut-être trop tard)

Toute mesure est prise une fois que la preuve du changement est claire. Par exemple, le déclin de l'espèce est plus important que les quantités viables minimales; trop peu d'habitat pour la vie de tous les groupes d'espèces; la disparition d'espèces. Les mesures possibles sont limitées et coûteuses. Les interventions sont draconiennes et leur chance de succès est faible. Le rétablissement, quand il a lieu, est lent. Les effets socioéconomiques sont inévitables.



2. Quand les changements dans les écosystèmes sont détectés (il n'est pas trop tard)

Une mesure prise tôt, à partir des signes que survient un changement dans l'écosystème, offre plus d'options pour atténuer les répercussions. Une mesure qui est prise dès que l'on comprend au moins en partie les relations de cause à effet des changements et que des études le prouvent permet d'avoir l'assurance que les déclinés de la biodiversité sont probables si rien n'est fait. Il est donc fort probable de renverser ou de stabiliser les effets et de réduire les facteurs de stress avant qu'il ne soit trop tard.



3. Lorsque les signes avant-coureurs indiquent qu'il pourrait y avoir un changement (prévention possible)

Des signes avant-coureurs d'un changement constituent une source d'information permettant d'élaborer des solutions stratégiques, de gérer de façon proactive ou d'assurer la mise en place d'une surveillance et d'études appropriées. On pourrait les détecter seulement dans certains lieux ou chez des animaux ou plantes d'une population. Ces changements peuvent résulter de fluctuations naturelles ou annoncer de plus grands changements. Une mesure précoce peut prévenir des problèmes à venir, être moins coûteuse et avoir des effets réduits.

Exemples de cette évaluation

Même après avoir imposé un moratoire sur la pêche et la réduction de la récolte, les interventions relatives aux déclinés de **la pêche maritime** résultant de la surpêche pratiquée dans les océans Atlantique et Pacifique n'ont pas toujours été fructueuses. Le retour insuffisant des stocks de poisson est probablement lié aux modifications des réseaux trophiques et à d'autres éléments des écosystèmes, ce qui rend difficile le retour aux conditions antérieures. Plus tôt menées, les interventions auraient pu accroître les perspectives de rétablissement.

Les espèces exotiques envahissantes et autres changements étant survenus dans les **Grands Lacs**, des investissements annuels de taille sont nécessaires pour maintenir la production de services fondés sur les écosystèmes dont la dynamique est modifiée et qui étaient auparavant fournis naturellement.

La fragmentation des paysages occasionnerait la perte d'habitat et la disparition d'espèces. Il est difficile de mesurer les changements graduels que connaît chaque espèce. Or, une intervention visant à réduire la fragmentation ralentira probablement la perte de biodiversité.

Les perturbations que constituent les incendies et les insectes sont fortement liées à la température et aux pratiques forestières. La gravité et l'étendue de certains insectes et d'incendies en forêt sont susceptibles d'augmenter en raison des changements climatiques. Nous disposons d'options stratégiques dont les chances de réussite sont bonnes, dont adapter les pratiques de gestion des feux de forêt et d'aménagement forestier.

Les espèces exotiques envahissantes, dont les parasites, sont souvent détectées quand elles commencent à proliférer. La surveillance et une intervention précoce ont prévenu la prolifération de certaines espèces exotiques envahissantes potentiellement nuisibles, comme la spongieuse dans l'ouest du Canada.

Environ vingt espèces communes d'**oiseaux** connaissent un déclin généralisé; les causes demeurent obscures. Il faut d'abord adapter la recherche et la surveillance pour en connaître les causes et le stopper ou le renverser.

CHANGEMENTS RAPIDES ET SEUILS

Il se peut qu'un lent changement graduel ne semble pas important avant qu'on ne tienne compte des seuils.



iStock.com

L'acidification des océans, causée par l'incorporation de dioxyde de carbone provenant de l'atmosphère, commence à être dépistée dans certains écosystèmes marins canadiens et constitue un nouveau problème dans d'autres; la vitesse du changement est lente. Les modèles de recherche et de changements mondiaux montrent des signes confirmant l'augmentation croissante de l'acidification attribuable aux changements climatiques. Certains seuils d'acidité océanique sont bien connus, car ils touchent les aspects chimiques et physiologiques et sont relativement faciles à définir – quand l'eau devient trop acide, les coquilles et les squelettes faits de carbonate de calcium ne peuvent se former correctement, nuisant ainsi aux mollusques, aux coraux et autres organismes marins. (Voir Zones marines.)



iStock.com

La répartition historique des **prairies** indigènes, les biomes les plus menacés au Canada, a fortement diminué, en raison de leur conversion en terres agricoles essentiellement. Il existe plusieurs types de prairies, chacun formé d'un mélange d'espèces, notamment des espèces en péril. Les processus naturels qui assuraient la conservation des prairies antérieurement, comme les incendies de forêt et le pâturage des troupeaux de bisons errant librement, sont maintenant absents ou modifiés. L'aménagement et les activités récréatives continuent de convertir et de fragmenter les terres dans certaines régions, et la prolifération des espèces non indigènes envahissantes et les changements relatifs aux pratiques de gestion du pâturage continuent de modifier la composition et la structure de la végétation. Chaque type de prairie devra se faire attribuer un seuil en deçà duquel il ne sera plus en mesure d'assurer la vie du mélange d'espèces unique qu'il abrite. (Voir Prairies.)

Les facteurs de stress peuvent interagir de manière inattendue et causer des surprises.



Greg McCullough

La charge en nutriments à destination des Grands Lacs a posé un problème nécessitant des mesures de collaboration entre les États-Unis et le Canada, à partir des années 1970, visant à réduire les ajouts de nutriments et à nettoyer ces lacs. Ces mesures ont réussi – la qualité de l'eau s'est accrue, les problèmes liés aux efflorescences algales nuisibles et à la raréfaction de l'oxygène ont diminué et la diversité des espèces d'algues indigènes a augmenté. Cependant, la modification des zones riveraines de ces lacs s'est poursuivie, comme l'augmentation des populations humaines avoisinantes, et les espèces non indigènes envahissantes ont gagné en importance, modifiant de nombreuses caractéristiques de ces lacs. Bien que la régulation continue à limiter l'ajout de nutriments, une certaine conjugaison de changements toujours observés dans ces lacs a causé de nouvelles efflorescences algales nuisibles dans certains milieux littoraux. (Voir Charge en nutriments.)

Tendances mondiales



Les pressions exercées sur les écosystèmes mondiaux font augmenter la probabilité de changements rapides et imprévus comme les éclosions de ravageurs et de maladies, les inondations et les glissements de terrain catastrophiques, la désertification, l'effondrement des pêches, et la disparition d'espèces¹.

Un changement touchant un constituant d'un écosystème entraîne une série de conséquences généralisées.



La couverture glacielle océanique diminue l'été venu, constituant un changement rapide maintenant bien établi. Le déclin de la glace de plusieurs années peut avoir atteint ou franchi un seuil. Les conséquences écologiques commencent à se faire sentir, surtout dans la baie d'Hudson, où la période interglaciale a augmenté le plus. Citons entre autres une réduction du saïda, poisson associé à la glace et une augmentation du capelan, poisson plus tolérant aux eaux plus chaudes; une réduction de l'état corporel des ours blancs; et l'élargissement, dans cette baie, de l'aire de répartition d'un nouveau prédateur de niveau trophique supérieur : l'épaulard. (Voir Zones marines et La glace dans l'ensemble des biomes.)



De grands prédateurs, notamment les loups, ont chuté ou sont largement disparus de leurs aires de répartition d'origine dans les régions les plus peuplées du Canada. Les petits prédateurs (comme le coyote de l'Ouest et le raton-laveur) ont à leur tour élargi leur aire de répartition et ont augmenté en nombre. Ces prédateurs mieux adaptés se nourrissent d'un mélange varié d'aliments, ce qui modifie l'abondance des autres espèces. Dans les plaines de forêts mixtes, compte tenu de la réduction du nombre de prédateurs, le cerf de Virginie est plus abondant, ce qui a fait intervenir des changements importants dans la végétation forestière. (Voir Réseaux trophiques.)

Les dommages aux écosystèmes peuvent s'accélérer en raison des interactions avec les facteurs de stress.



L'érosion côtière dans l'écozone⁺ maritime de l'Atlantique s'accroît, menaçant ainsi les milieux humides ainsi que les écosystèmes des plages et des dunes. L'aménagement et le durcissement de l'estran ont rendu les écosystèmes côtiers plus exposés à l'érosion. L'élévation du niveau de la mer, la réduction de la glace marine et la multiplication des tempêtes tropicales dans l'Atlantique, toutes liées aux changements climatiques, accélèrent la vitesse d'érosion. (Voir Zones côtières.)

Les seuils sont influencés tant par la fragilité écologique que par l'ampleur de la menace.



Certaines terres et certaines eaux, en raison de leur composition géologique sous-jacente, ont une plus grande capacité à réguler **les dépôts acides** que d'autres; ainsi, le seuil en deçà duquel les dommages à l'écosystème surviennent varie d'un endroit à l'autre, même à des niveaux identiques de dépôts acides. Une fois ce seuil franchi, des effets de grande ampleur se font rapidement sentir. Par exemple, certaines rivières à saumon de la Nouvelle-Écosse ont été fortement touchées en raison de leur capacité insuffisante à réguler les dépôts acides. (Voir Dépôts acides.)

Les renseignements contenus dans *Biodiversité canadienne : état et tendances des écosystèmes en 2010* sont tirés d'une série de rapports d'information technique préparés et révisés par de nombreux experts au Canada. Il existe deux types de rapports : les rapports thématiques et les rapports propres aux écozones*. La façon d'accéder à ces rapports est expliquée sur le site www.biodivcanada/ecosystemes.

Rapports techniques thématiques

Système de classification écologique pour le Rapport sur l'état et les tendances des écosystèmes. R. Rankin, M. Austin et J. Rice. Rapport technique thématique n° 1.

Classification des menaces pour la biodiversité. C. Wong. Rapport technique thématique n° 2.

Schéma de classification des terres pour le Rapport sur l'état et les tendances des écosystèmes. J. Frisk. Rapport technique thématique n° 3.

Oscillations climatiques à grande échelle ayant une incidence sur le Canada. B. Bonsal et A. Shabbar. Rapport technique thématique n° 4.

Tendances climatiques au Canada, 1950-2007. X. Zhang, R. Brown, L. Vincent, W. Skinner, Y. Feng, et E. Mekis. Rapport technique thématique n° 5.

Tendances des grands incendies de forêts au Canada, 1959-2007. C.C. Krezek-Hanes, A. Cantin et M.D. Flannigan. Rapport technique thématique n° 6.

Pathogènes et maladies de la faune au Canada. F.A. Leighton. Rapport technique thématique n° 7. Contributions : I.K. Barker, D. Campbell, P.-Y. Daoust, Z. Lucus, J. Lumsden, D. Schock, H. Schwantje, K. Taylor, et G. Wobeser.

Tendances relatives à la reproduction des sauvagines au Canada. M. Fast, B. Collins et M. Gendron. Rapport technique thématique n° 8.

Tendances relatives aux conditions du pergélisol et à l'écologie dans le nord du Canada. S. Smith. Rapport technique thématique n° 9.

Tendances de la population de caribous du Nord. A. Gunn et D. Russell. Rapport technique thématique n° 10.

Tendances de la population boréale du caribou des bois au Canada. C. Callaghan, S. Virç et J. Duffe. Rapport technique thématique n° 11.

Tendances relatives aux oiseaux terrestres au Canada de 1968 à 2006. C. Downes, P. Blancher et B. Collins. Rapport technique thématique n° 12.

Tendances relatives aux oiseaux de rivage canadiens. C. Gratto-Trevor, R. Morrison, B. Collins, J. Rausch et V. Johnston. Rapport technique thématique n° 13.

Tendances de la capacité d'habitat faunique des terres agricoles du Canada, 1986-2006. Javorek et M.C. Grant. Rapport technique thématique n° 14.

Tendances de l'azote résiduel dans le sol pour les terres agricoles du Canada, 1981-2006. C.F. Drury, J.Y. Yang et R. De Jong. Rapport technique thématique n° 15.

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. Rapport technique thématique n° 16.

Surveillance à distance de la biodiversité : sélection de tendances mesurées à partir d'observations par satellite du Canada. F. Ahem, J. Frisk, R. Latifovic et D. Pouliot. Rapport technique thématique n° 17.

Tendances relatives aux oiseaux aquatiques coloniaux de l'arrière-pays et aux oiseaux de marais au Canada. C. Weseloh. Rapport technique thématique n° 18. Contributions : 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. Rapport technique thématique n° 19.

Rapport sur l'état et les tendances des écosystèmes : biodiversité dans les rivières et lacs du Canada. W.A. Monk et D.J. Baird. Rapport technique thématique n° 20. Contributions : R.A. Curry, N. Glozier et D.L. Peters.

Rapport technique thématique publié ailleurs

Variations dans les populations d'oiseaux de mer et dans l'écologie au Canada depuis 1970 par rapport aux variations dans l'océanographie et les réseaux trophiques. A.J. Gaston, D.F. Bertram, A.W. Boyne, J.W. Chardine, G. Davoren, A.W. Diamond, A. Hedd, W.A. Montevecchi, J.M. Hipfner, M.J.F. Lemon, M.L. Mallory, J.-F. Rail et G.J. Robertson. *Environmental Reviews* 17:267-286.

Rapports techniques sur l'état et les tendances des écozones⁺

Arctique *Auteurs principaux* : J. Eamer, L. Harding et G. Henry.

Auteurs collaborateurs : S. Camière, J. Goulet, C. Haas, J. Paquet, M. Reichard, R. Smith, et L. Torretti.

Maritime de l'Atlantique *Auteur principal* : S. Eaton.

Auteurs collaborateurs : J. Barr, T. Hayes, G. MacAskill, J.-P. Savard, R. Siron, I. Turcotte, et A.-M. Turgeon.

Cordillère boréale *Auteurs principaux* : M. Nelitz et L. Harding.

Auteurs collaborateurs : M. Austin, B. Drinkwater, C. Eamer, T. Jung, G. Kuzyk et S. Leverkus.

Plaines boréales *Auteurs principaux* : D. Haughland et A. Lennie.

Auteurs collaborateurs : K. Hannah, H. Kling, N. McCutchen, et E. Shipley.

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

Auteurs collaborateurs : S. Banducci, J. Boyd, N.M. Burgess, É. Cadieux, C. Curley, B. Dalton, M. Darveau, C. Eckley, D. Francoeur, M. Girardin, B. Greenwell, S. Hay, M. Hildeman, D.S. Jeffries, M.-C. Leblanc, R. Lussier, P. Masson, M. McLaughlan, R. Miller, E. Muto, T.L. Noland, K. Pawley, N. Peterson, V. Provost, J. Rodrigue, B. Rodrigues, M. Rogers, L. Royer, J.-P.L. Savard, J.-P. Savard, R. Schetagne, R. Siron, J. Stewart, A.-M. Turgeon, R. Verdon, R.C. Weeber, W. Wistowsky, et I. Wong.

Grand Lacs *Auteur principal* : S. Garden.

Auteurs collaborateurs : J. Allair, S. Bailey, K. Bowen, S. Chong, P. Chow-Fraser, G. Christie, A. Cottrill, B. Cudmore, R. Demott, S. Doka, J. Esbjerg, J. Fitzsimons, D. Gonder, S. Guilford, K. Hedges, B. Henson, K. Holeck, N. Hooseinny, T. Johnson, D. Kraus, W. Legere, R. MacGregor, N. Mandrak, P. Martin, E. Mills, K. Minns, T. Momis, I.F. Munawar, M. Munawar, S. Myer, H. Niblock, M. Oldham, T. Schaner, B. Shuter, R. Smith, J. Switzman, C. Wiley, E. Wright, et Y. Zhao.

Plaines hudsoniennes *Auteurs principaux* : K.F. Abraham, L.M. McKinnon, Z. Jumeau, S.M. Tully, L.R. Walton et H.M. Stewart.

Auteurs collaborateurs : D. Berezanski, F. Berkes, W. Bernhardt, L. Brown, V. Crichton, W.J. Crins, F.N. Dawson, L.A. Dredge, J. Duncan, R.A. Fleming, M.-P. Girardin, W.A. Gough, R.L. Jefferies, V. Kanya, G.J. Kayahara, R. Koes, S. Kowalchuk, R. Lalonde, C. Latremouille, R. Man, I.P. Martini, S. McGovern, J.W. McLaughlin, K. Middel, B. Mighton, K.M. Monson, M.E. Obbard, C. Paire, R.D. Phoenix, M. Piercy-Normore, J.S. Price, E. Punter, J.C. Ray, R. Roughley, G.A.J. Scott, M. Vukelich, et K.L. Webster.

Plaines à forêts mixtes *Auteurs principaux* : D. Krahn et K. Taylor.

Auteurs collaborateurs : W.D. Bakowsky, D. Bazley, M. Bevan, S. Bhavsar, J. Bowman, B. Boysen, B. Brownson, D.M. Burke, Q. Chiotti, B. Collins, A. Crook, B. Dalton, R. Dixon, L. Duchesne, D. DuMoulin, T. Dunkley, W. Dunlop, A. Dyk, A. Ecclestone, K. Elliot, A.K. Evers, K. Falk, D. Featherstone, K. Ferguson, M. Furrer, R. Gagnon, M. Garvin, M. Gatt, P. Gray, A. Handyside, I. Heathcote, M. Heaton, C. Heydon, N. Hooseinny, S. Hounsell, J. Hughes, T. Hutchinson, M. Irvine, S. Jarvie, F.C. Jones, G. Kaltenecker, P. Kor, B. Kowalyk, D. Leckie, A. MacIntosh, J. McHattie, T. McIntosh, F. McKay, G. McLaren, M. McMurtry, K. Milian, M. Nicol, G. Nielsen, C. Nielson, A.J. Norman, I. Ockenden, R. Pineo, B. Pond, S. Poser, D. Puric-Mladenovic, K. Reese, J.-A. Rzađki, T. Scarr, T. Schwan, P. Smith, R. Spence, L. Stanfield, S. Strobl, J. Switzman, D. Tailon, D. Tammadge, A. Tanentzap, J. Thompson, A. Todd, S. Voros, A. Wallace, P. Waring, O. Williams, R. Wilson, W. Wistowsky, A. Woodliffe, E. Wright, et R. Zeran.

Cordillère montagnarde *Auteur principal* : L. Harding.

Auteurs collaborateurs : B. Hamison.

Boréale de Terre-Neuve *Auteurs principaux* : S. Pardy-Moores, J. Humber et T. Leonard.

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

Maritime du Pacifique *Auteurs principaux* : A. Eriksson, F. Backhouse et A. Leslie.

Auteurs collaborateurs : M. Austin, D. Buffett, et R. Smith.

Prairies *Auteurs principaux* : J. Thorpe et B. Godwin.

Auteurs collaborateurs : B. Dale, J. DeVries, M. Dubois, S. Hay, T. Hayes, N. Henderson, J. Karst, et S. Michalsky.

Taïga de la Cordillère *Auteurs principaux* : N. Maclean et J. Eamer.

Auteurs collaborateurs : S. Camière, J. Hawkings, T. Jung, W. Nixon et B. Oosenbrug.

Taïga des plaines *Auteur principal* : A. Gunn.

Auteurs collaborateurs : S. Camière et J. Eamer.

Taïga du Bouclier *Auteur principal* : A. Gunn.

Auteurs collaborateurs : D. Cantin, S. Camière, J. Eamer, R. Lussier, A. Penn, R. Schetagne, et R. Verdon.

Bassin intérieur de l'Ouest *Auteurs principaux* : D. Gayton, L. Harding, et T. Hayes.

Auteurs collaborateurs : K. Brock, B. Hamison, G. Kuzyk, et R. Rae.

Écozones⁺ Arctiques marines (incluant la mer de Beaufort, l'archipel Arctique canadien, et la baie d'Hudson, la baie James et le bassin Foxe)

Auteurs principaux : A. Niemi, J. Paulic et D. Cobb.

Estuaire et golfe du Saint-Laurent *Auteurs principaux* : R. Dufour, H. Benoit, M. Castonguay, J. Chassé, L. Devine, P. Galbraith, M. Harvey, P. Larouche, S. Lessard, B. Petrie, L. Savard, C. Savenkoff, L. St-Amand et M. Starr.

Golfe du Maine et Plateau néo-écossais *Auteurs principaux* : T. Worcester et M. Parker.

Plateaux de Terre-Neuve et du Labrador *Auteur principal* : N. Templeman.

Côte nord et détroit d'Hécate *Auteurs principaux* : P. Cummins et R. Haigh.

Détroit de Géorgia *Auteurs principaux* : S. Johannessen et B. McCarter.

Côte ouest de l'île de Vancouver *Auteurs principaux* : D. Ianson et L. Flostrand.

Autres collaborateurs

- R. Hélie, J.-F. Gobeil et R. Vanderkam ont fourni des données et des analyses sur les aires protégées.
- Le Centre canadien de télédétection a fourni des données.
- D. Hurlburt a préparé une étude et une synthèse sur les connaissances traditionnelles autochtones.
- V. Schaefer a préparé un rapport préliminaire sur la biodiversité urbaine.
- L'Institut international du développement durable et ESSA Technologies Ltd ont réalisé l'établissement initial de la portée et le travail de fond et ont aidé à l'animation d'un atelier.
- G. Sheehy, J. Lord et C. Eamer ont préparé les premiers de quelques-uns des rapports de preuve concernant les principales conclusions : résumés par écozones⁺.
- Plusieurs entrepreneurs et employés du gouvernement ont animé des ateliers d'experts qui ont été organisés partout au Canada.
- Moores, K. Hodges et J. Reynolds de la Société canadienne d'écologie et d'évolution ont organisé un symposium et un examen par les pairs.
- Des centaines d'experts du gouvernement, du milieu universitaire et d'organisations non gouvernementales au Canada ont participé à des ateliers afin d'aider à orienter les rapports d'information technique et identifier les problèmes.
- Des centaines d'experts du milieu universitaire, du gouvernement, d'organisations non gouvernementales et de consultants privés ont fourni des examens par les pairs pour les études de cas, ainsi que des résultats clés et des rapports d'information technique.

Références photographiques

Couverture (de droite à gauche) : Prairies, istock/tbob; Lord Selkirk, parc provincial, istock/Photawa; milieux humides, Allen Woodliffe; Archipel des Mille-Îles, Environnement Canada; des fleurs sauvages arctiques, gouvernement de Yukon; oiseaux de rivage, Jason Puddifoot; Vallée de la Margaree, istock/cworthy; Montagnes Tombstone, YK, Trish Hayes; épaulards, Jason Ford, Pêches et Océans Canada; saumon, istock/brytta; Le ruisseau McIntyre, Claire Eamer; Parc national Wood Buffalo, Parcs Canada; coucher du soleil, istock/graphicjackson; la chute des feuilles, Service canadien des forêts; l'ours blanc, istock/Visual Communications; champ de colza, istock/graphicjackson; le séchage du saumon, istock/fkienas; Taïga des plaines - Forêt boréal, Service canadien des forêts; cuvette de marée, Richard Cannings; une réflexion sur une lac, istock/kavram; feuilles d'érable, Risa Smith

iStock.com : p.1, cuvette de marée, scarletsnails; p.1, Vallée de la Margaree, cworthy; p.1, l'ours blanc, Visual Communications; p.2, Maritime du Pacifique, cathryn155; p.2, prairies, 4loops; p.3, Lord Selkirk, parc provincial, Photawa; p.3, cuvette de marée, scarletsnails; p.3, glace de mer, jwebb; p.4, enfants, andrewmedina; p.5, épaulards, ElsvanderGun; p.6, les cheminées, lanChrisGraham; p.6, les bourgeons d'aulne, serg269; p.6, le séchage du saumon, fkienas; p.7, champ de colza, graphicjackson; p.7, grenouille léopard, maimai; p.7, saumon, R_Koopmans; p.8, feuilles, Elenathewise; p.8, feu, cfarish; p.8, coyote, 4loops; p.9, coucher du soleil, graphicjackson; p.17, Parc national du Canada du Gros-Morne, mmac72; p.19, bruant sauterelle, WilliamSherman; p.30, Lord Selkirk, Parc provincial, Photawa; p.31, marée basse, liquidfog; p.32, oie des neiges, stasvolik; p.35, cuvette de marée, scarletsnails; p.35, moules, eddyfish; p.36, le grand héron, BirdImages; p.39, poissons, Irishka1; p.41, glace de mer, jwebb; p.41, l'ours blanc, Visual Communications; p.42, Glacier angel, aeropw; p.58, grenouille léopard, maimai; p.62, phoques barbus, micheldenj; p.62, épilobe à feuilles étroites, kongxinzhu; p.63, épaulards, ElsvanderGun; p.70, le ciel, michieldb; p.70, un ruisseau, imagecreation; p.70, les oies, niknikon; p.70, milieux humides, Orchardpoet; p.71, les bourgeons d'aulne, serg269; p.72, les oies, scol22; p.74, seau, huronphoto; p.74, la glace, brytta; p.75, le séchage du saumon, fkienas; p.76, oiseau, Whiteway; p.81, champ de colza, graphicjackson; p.81, canard pilet, LUGO; p.81, nid, nlimmen; p.82, papillon tigré du Canada, SoopySue; p.82, crotale massasauga de l'est, RMBolton; p.82, comouiller du Canada, eppichphotography; p.83, ouaouaron, Valmo48; p.83, rainette criarde, HKPNC; p.83, grenouille léopard, maimai; p.83, rainette faux-grillon de l'ouest, mmamold; p.85, saumon, R_Koopmans; p.87, Intérieur C.-B., MarvinBeatty; p.90, pic mineur, brm1949; p.90, stumelle des pré, Canon_Bob; p.90, crécerelle d'Amérique, pollyconn; p.90, roselin familier, MichaelStubblefield; p.90, paruline triste, PaulTessier; p.91, canards, 4loops; p.91, eider à tête grise, eyebeX; p.95, feuilles d'érable, Elenathewise; p.97, feu, cfarish; p.100, Lac Huron, janef; p.101, coyote, 4loops; p.104, surveillance météorologique, DonNichols; p.104, milieux humides, brytta; p.104, les abeilles, icam; p.105, cahier, molka; p.105, un tipi, RyersonClark; p.106, des données, nilsz; p.107, une réflexion sur une lac, kavram; p.107, des vagues, LesHoward; p.108, saumon, R_Koopmans; p.109, des poissons morts, OKRAD; p.109, une route, wol; p.109, des arbres, chapin31; p.110, une chaîne rouillée, syagci; p.110, prairies, TreePhoto; p.111, coucher du soleil, graphicjackson; p.111, le cerf, KeithBinns; p.111, la plage, onepony; p.111, les cheminées, lanChrisGraham

dreamstime.com : p.28, lacs, Andre Nantel; p.67, Lac Skaha, Timothy Epp; p.83, Algonquin Parc provincial, Elena Elisseeva; p.83, crapaud d'Amérique, David Anderson; p.83, grenouille verte, Electrochris; p.83, rainette crucifère, Jason Ross; p.83, grenouille des bois, Mircea Costina; p.99, coléoptère, Timothy Epp

RÉFÉRENCES

APERÇU

Au sujet de l'évaluation

1. Environnement Canada. 2006. Un cadre axé sur les résultats en matière de biodiversité pour le Canada. Les Conseils canadiens des ministres des ressources. Ottawa, ON. 8 p.
2. Groupe de travail fédéral-provincial-territorial sur la biodiversité. 1995. Stratégie canadienne de la biodiversité. Environnement Canada. Ottawa, ON. 80 p.
3. Convention sur la diversité biologique, Conférence des Parties. 2001. COP 6 Décision VI/26 : Plan stratégique pour la Convention sur la diversité biologique [en ligne]. Programme des Nations Unies pour l'environnement. <http://www.cbd.int/decision/cop/?id=7200> (consulté le 14 décembre 2009).
4. 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/Hull, ON. 144 p. Rapport et carte nationale I/7 500 000.
5. Rankin, R., Austin, M. et Rice, J. 2010. Système de classification écologique pour le Rapport sur l'état et les tendances des écosystèmes. Biodiversité canadienne : État et tendances des écosystèmes en 2010, série de rapports techniques thématiques N° 1. Les Conseils canadiens des ministres des ressources. Ottawa, ON. Sous presse.

BIOMES

I. Forêts

1. Brandt, J.P. 2009. The extent of the North American boreal zone. Dossiers environnement 17:101-161.
2. Ressources naturelles Canada. 2009. Les forêts du Canada : Biodiversité [en ligne]. Ressources naturelles Canada. <http://foretscanada.mcan.gc.ca/article/biodiversite/?lang=fr> (consulté le 10 février 2010).
3. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. 2001. Évaluation des ressources forestières mondiales 2000. Rapport principal N° 140. Département des forêts, FAO. Rome, Italie. 462 p.
4. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. 2010. Global forest resources assessment 2010. Main report. Étude FAO : Forêts N° 163. Département des forêts, FAO. Rome, Italie. 340 p.

5. 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 mars 2010).
6. Girard, F., Payette, S. et Gagnon, R. 2008. Rapid expansion of lichen woodlands within the closed-crown boreal forest zone over the last 50 years caused by stand disturbances in eastern Canada. *Journal of Biogeography* 35:529-537.
7. Hearnden, K.W., Millson, S.V. et Wilson, W.C. 1992. A report on the status of forest regeneration. Ministère des Richesses naturelles de l'Ontario. Toronto, ON. 117 p.
8. Manitoba Conservation – Forestry Branch. 2009. Inventaire forestier du Manitoba : superficie par type de couvert dans l'unité de gestion de la forêt Pineland, de 1970 à 2000. Données non publiées.
9. Duchesne, L. et Ouimet, R. 2008. Population dynamics of tree species in southern Quebec, Canada: 1970-2005. *Forest Ecology and Management* 255:3001-3012.
10. Boucher, Y., Arseneault, D. et Sirois, L. 2006. Logging-induced change (1930-2002) of a preindustrial landscape at the northern range limit of northern hardwoods, eastern Canada. *Revue Canadienne de Recherche Forestière* 36:505-517.
11. Ahem, F., Frisk, J., Latifovic, R. et Pouliot, D. 2010. Surveillance à distance des écosystèmes : Sélection de tendances mesurées à partir d'observations par satellite du Canada. Biodiversité canadienne : État et tendances des écosystèmes en 2010, série de rapports techniques thématiques N° 17. Les Conseils canadiens des ministres des ressources. Ottawa, ON. Sous presse.
12. Butchart, S.H.M., Walpole, M., Collen, B., van Strien, A., Scharlemann, J.P.W., Almond, R.E.A., Baillie, J.E.M., Bomhard, B., Brown, C., Bruno, J., Carpenter, K.E., Carr, G.M., Chanson, J.S., Chenery, A.M., Csirke, J., Davidson, N.C., Dentener, F., Foster, M., Galli, A., Galloway, J.N., Genovesi, P., Gregory, R., Hockings, M., Kapos, V., Lamarque, J.-F., Leverington, F., Loh, J., McGeoch, M.A., McRae, L., Minasyan, A., Morcillo, M.H., Oldfield, T.E.E., Pauly, D., Quder, S., Revenga, C., Sauer, J.R., Skolnik, B., Spear, D., Stanwell-Smith, D., Stuart, S.N., Symes, A., Tierney, M., Tyrrell, T.D., Vie, J.-C. et Watson, R. 2010. Global biodiversity: indicators of recent declines. *Science* 328:1164-1168. doi:10.1126/science.1187512.
13. 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.
14. Ressources naturelles Canada. 2010. Données statistiques : Aménagement des forêts [en ligne]. Ressources naturelles Canada. <http://foretscanada.mcan.gc.ca/profilstats> (consulté le 7 novembre 2008).
15. Inventaire forestier national. 2010. Rapports types : Territoire (1000 ha) de terres forestières et non forestières selon l'écozone terrestre au Canada [en ligne]. Conseil canadien des ministres des forêts. https://nfi.nfis.org/publications/standard_reports/NFI_T4_FOR_AREA_fr.html (consulté le 13 mai 2010).
16. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. 2009. Situation des forêts du monde, 2009. FAO. Rome, Italie. 152 p.
17. Austin, M., Buffett, D., Nicolson, D., Stevens, V. et Scudder, G.G.E. 2008. Taking nature's pulse: the status of biodiversity in British Columbia. Biodiversity BC. Victoria, BC. 268 p.
18. Ontario Biodiversity Council. 2010. State of Ontario's biodiversity 2010. A report of the Ontario Biodiversity Council. Peterborough, ON. 121 p.

19. Gamache, I. et Payette, S. 2004. Height growth response of tree line black spruce to recent climate warming across the forest-tundra of eastern Canada. *Journal of Ecology* 92:835-845.
20. Gamache, I. et Payette, S. 2005. Latitudinal response of subarctic tree lines to recent climate change in eastern Canada. *Journal of Biogeography* 32:849-862.
21. Payette, S. 2007. Contrasted dynamics of northern Labrador tree lines caused by climate change and migrational lag. *Ecology* 88:770-780.
22. Danby, R.K. et Hik, D.S. 2007. Evidence of recent treeline dynamics in southwest Yukon from aerial photographs. *Arctic* 60:411-420.
23. Olthof, I. et Pouliot, D. 2010. Treeline vegetation composition and change in Canada's western subarctic from AVHRR and canopy reflectance modeling. *Remote Sensing of Environment* 114:805-815.
24. Pisaric, M.F.J., Carey, S.K., Kokelj, S.V. et Youngblut, D. 2007. Anomalous 20th century tree growth, Mackenzie Delta, Northwest Territories, Canada. *Geophysical Research Letters* 34:L05714.1-L05714.5.
25. Harsch, M.A., Hulme, P.E., McGlone, M.S. et Duncan, R.P. 2009. Are treelines advancing? A global meta-analysis of treeline response to climate warming. *Ecology Letters* 12:1040-1049.
26. Long, J.A., Nelson, T.A. et Wulder, M.A. 2010. Characterizing forest fragmentation: distinguishing change in composition from configuration. *Applied Geography* 30:426-435.
27. 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.
28. 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.
29. 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/Hull, ON, 144 p. Rapport et carte nationale 1/7 500 000.
30. Fleishman, E. et Mac Nally, R. 2007. Measuring the response of animals to contemporary drivers of fragmentation. *Revue canadienne de zoologie* 85:1080-1090.
31. 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.
32. 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.
33. 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.
34. 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.
35. Hilbert, J., Wiensczyk, A. et . 2007. Old-growth definitions and management: a literature review. *BC Journal of Ecosystems and Management* 8:15-31.
36. Timoney, K.P. 2003. The changing disturbance regime of the boreal forest of the Canadian Prairie Provinces. *Forestry Chronicle* 79:502-516.
37. BC Ministry of Forests. 2003. Old growth forests. British Columbia, Canada. Fact Sheet. British Columbia Ministry of Forests. Victoria, BC.
38. BC Ministry of Environment. 2006. Population and economic activity: land cover status of BC's coastal forests. *Dans Alive and inseparable: British Columbia's coastal environment 2006*. State of Environment Reporting Office. Victoria, BC. Chapitre 1.8. pp. 48-53.
39. Pannoza, L. et Coleman, R. 2008. GPI forest headline indicators for Nova Scotia. *GPI Atlantic*. 54 p.
40. Newfoundland and Labrador Department of Natural Resources. 2009. Inventaire forestier: Données non publiées.
41. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune. 2010. Analyse des données par écozone+ non publiée du Ministère des Ressources naturelles et de la Faune. 2009. Le portrait de l'évolution de la forêt publique sous aménagement du Québec méridional des années 1970 aux années 2000. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Forêt Québec. Québec. 142 p.

2. Prairies

1. Heidenreich, B. 2009. What are global temperate grasslands worth? A case for their protection: a review of current research on their total economic value. The World Temperate Grasslands Conservation Initiative. Vancouver, BC, 51 p.
2. Gauthier, D.A., Lafon, A., Toombs, T.P., Hoth, J. et Wiken, E. 2003. Prairies : Vers une stratégie de conservation des prairies nord-américaines. Commission de coopération environnementale, Montreal, QC, et Canadian Plains Research Center, University of Regina, Regina, SK, 99 p.
3. White, R., Murray, S. et Rohweder, M. 2000. Pilot analysis of global ecosystems: grassland ecosystem. World Resources Institute. Washington, DC, 69 p.
4. Riley, J.L., Green, S.E. et Brodribb, K.E. 2007. A conservation blueprint for Canada's prairies and parklands. Nature Conservancy of Canada. Toronto, ON, 226 p. et DVD-ROM.
5. Koper, N., Mozel, K.E. et Henderson, D.C. 2010. Recent declines in northern tall-grass prairies and effects of patch structure on community persistence. *Biological Conservation* 143:220-229. doi:10.1016/j.biocon.2009.10.006.
6. Watmough, M.D. et Schmoll, M.J. 2007. Environment Canada's Prairie and Northern Region habitat monitoring program phase II: recent habitat trends in the Prairie Habitat Joint Venture. Série de rapports techniques N° 493. Service canadien de la faune, Région des Prairies et du Nord, Environnement Canada. Edmonton, AB, 135 p.

7. Agriculture et agroalimentaire Canada. 2010. Agrogéomatique programmes et services. Dérivé des données du recensement de l'agriculture de 2006. [en ligne]. Agriculture et agroalimentaire Canada. <http://www4.agric.gc.ca/AAFC-AAC/display-afficher.do?id=1226330737632&lang=fra> (consulté le 8 juillet 2008).
8. Samson, F.B., Knopf, F.L. et Ostlie, W.R. 2004. Great Plains ecosystems: past, present, and future. *Wildlife Society Bulletin* 32:6-15.
9. Joyce, J. et Morgan, J.P. 1989. Manitoba's tall-grass prairie conservation project. Prairie pioneers: ecology, history and culture. Août 1988. Proceeding of the Eleventh North American Prairie Conference, held August 7-11, 1988. Bragg, T.B. et Stubberdieck, J. (éds.). University of Nebraska Printing. Lincoln, NE.
10. Ministère des Richesses naturelles. 2009. Natural Heritage Information Center (NHIC) database. Gouvernement de l'Ontario. Peterborough, ON.
11. Grasslands Conservation Council of British Columbia. 2004. B.C. grasslands mapping project: a conservation risk assessment final report. Grasslands Conservation Council of British Columbia. Kamloops, BC. 108 p.
12. British Columbia Ministry of Environment. 2007. Environmental trends in British Columbia: 2007. Government of British Columbia. Victoria, BC. 352 p.
13. Lea, T. 2008. Historical (pre-settlement) ecosystems of the Okanagan Valley and lower Similkameen Valley of British Columbia – pre-European contact to the present. *Davidsonia* 19:3-36.
14. Watts, F.B. 1969. The natural vegetation of the southern great plains of Canada. *Dans* Vegetation, soils and wildlife. Nelson, J.G. et Chambers, M.J. (éds.). Methuen Publications. Toronto, ON. Chapitre 5. pp. 93-111.
15. Samson, F. et Knopf, F. 1994. Prairie conservation in North America. *Bioscience* 44:418-421.
16. Bakowsky, W.D. 1993. A review and assessment of prairie, oak savannah and woodland in Site Regions 7 and 6 (Southern Region). Gore and Storrie Ltd., Ontario Ministry of Natural Resources, Southern Region. Aurora, ON. 89 p.
17. Grasslands Conservation Council of British Columbia. 2009. B.C. historic grassland distribution. Grasslands Conservation Council of British Columbia.
18. Ontario Tallgrass Prairie and Savanna Association. 2009. Historical extent of prairie and savanna vegetation in southern Ontario. Tallgrass and savanna in Ontario [en ligne]. http://www.tallgrassontario.org/TS_SAR.htm (consulté le 5 mai 2010).
19. Scott, J.M., Davis, F.W., McGhie, R.G., Wright, R.G., Groves, C. et Estes, J. 2001. Nature reserves: do they capture the full range of America's biological diversity? *Ecological Applications* 11:999-1007.
20. Davies, H. 2008. Données sur les conditions des pâturages en Saskatchewan. Saskatchewan Watershed Authority. Données non publiées.
21. Willoughby, M. 2008. Données sur les conditions des pâturages en Alberta. Alberta Sustainable Resouce Development. Données non publiées.
22. Service canadien de la faune. 2007. Relevé des oiseaux nicheurs [en ligne]. Environnement Canada. <http://www.cws-scf.ec.gc.ca/nwrc-cnrf/Default.asp?lang=Fr&n=416B57CA> (consulté le 13 octobre 2010).
23. Downes, C., Blancher, P. et Collins, B. 2010. Tendances relatives aux oiseaux terrestres au Canada de 1968 à 2006. Biodiversité canadienne : État et tendances des écosystèmes en 2010, série de rapports techniques thématiques N° 12. Les Conseils canadiens des ministres des ressources. Ottawa, ON. Sous presse.
24. Sauer, J.R., Hines, J.E. and Fallon, J. 2008. The North American Breeding Bird Survey, results and analysis 1966-2007 [en ligne]. U.S. Geological Survey Patuxent Wildlife Research Center. <http://www.mbr-pwrc.usgs.gov/bbs/> (consulté le 20 octobre 2009).
25. North American Bird Conservation Initiative, U.S. Committee (NABCI-US). 2009. The state of the birds, United States of America, 2009. U.S. Department of Interior. Washington, DC. 36 p.
26. Direction générale de l'état de l'environnement, Environnement Canada. 1996. L'état de l'environnement au Canada, 1996. Gouvernement du Canada. Ottawa, ON. 817 p.
27. Thorpe, J. 2009. Analyse des données non publiée de : Thorpe, J. 2007. Saskatchewan rangeland ecosystems, publication 1: ecoregions and ecosites. Saskatchewan Research Council Pub. N° 11881-1E07. Saskatchewan Prairie Conservation Action Plan. 40 p.
28. Forest Practices Board. 2007. The effect of range practices on grasslands: a test case for upper grasslands in the south central interior of British Columbia. Special Investigation Report No. 19. Forest Practices Board. Victoria, BC. 59 p.
29. Daubenmire, R. 1970. Steppe vegetation of Washington. Washington State Agricultural Experiment Station. Pullman, WA. 131 p.
30. Gayton, D. 2004. Native and non-native plant species in grazed grasslands of British Columbia's Southern Interior. *BC Journal of Ecosystems and Management* 5:51-59.
31. Peart, B. 2008. Life in a working landscape: towards a conservation strategy for the world's temperate grasslands. A record of the World Temperate Grasslands Conservation Initiative Workshop, Hohhot, China – Juin 28 and 29, 2008. Temperate Grasslands Conservation Initiative. Vancouver, BC. 21 p.
32. Évaluation des écosystèmes pour le millénaire. 2005. Ecosystems and human well-being: biodiversity synthesis. Millennium Ecosystem Assessment Series. World Resources Institute. Washington, DC. 100 p.
33. Robertson, K.R., Anderson, R.C. et Schwartz, M.W. 1997. The tallgrass prairie mosaic. *Dans* Conservation in highly fragmented landscapes. Schwartz, M.W. (éd.). Chapman and Hall. New York, NY. pp. 55-87.
34. Nuzzo, V.A. 1986. Extent and status of Midwest oak savanna: presettlement and 1985. *Natural Areas Journal* 6:6-36.

3. Milieux humides

1. Groupe de travail national sur les terres humides. 1997. Système de classification des terres humides du Canada – Deuxième édition. Warner, B.G. et Rubec, C.D.A. (éds.). Le Centre de recherche sur les terres humides, Université de Waterloo. Waterloo, ON. 68 p.
2. Groupe de travail national sur les terres humides. 1988. Terres humides du Canada. Série de la classification écologique du territoire N° 24. Service canadien de la faune, direction du développement durable et Polyscience Publications. Ottawa, ON et Montréal, QC. 452 p.
3. Davidson, I., Vanderkam, R. et Padilla, M. 1999. Review of wetland inventory information in North America. *Dans* Global review of wetland resources and priorities for wetland inventory. Finlayson, C.M. et Spiers, A.G. (éds.). Wetlands International Publication 53, Supervising Scientist. Canberra, Australia. Chapitre 144. pp. 457-492.
4. Ramsar Sites Information Service. 2008. Wetlands International [en ligne]. <http://www.wetlands.org/rsis/> (consulté le 27 octobre 2009).
5. Zedler, J.B. et Kercher, S. 2005. Wetland resources: status, trends, ecosystem services and restorability. *Annual review of environment and resources* 30:39-74.
6. Fournier, R.A., Grenier, M., Lavoie, A. et Hélie, R. 2007. Towards a strategy to implement the Canadian wetland inventory using satellite remote sensing. *Journal canadien de télédétection* 33:51-516.
7. Rubec, C. 1994. Mise en oeuvre des politiques en matière de terres humides au Canada. Compte rendu d'un atelier national. Rapport N° 94-1. Conseil nord-américain de conservation des terres humides (Canada). Ottawa, ON. 146 p.
8. Environnement Canada. 1991. Politique fédérale sur la conservation des terres humides. Ministère des approvisionnements et services Canada. Ottawa, ON. 14 p.
9. Moore, K., Ward, P. et Roger, K. 2004. Urban and agricultural encroachment onto Fraser lowland wetlands -- 1989 to 1999. Proceedings of the 2003 Georgia Basin/Puget Sound Research Conference. Droscher, T.W. et Fraser, D.A. (éds.). Vancouver, BC.
10. 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.
11. Canards Illimités Canada. 2010. Southern Ontario wetland conversion analysis: final report. Canards Illimités Canada. Barrie, ON. 23 p.
12. Watmough, M.D. et Schmoll, M.J. 2007. Environment Canada's Prairie and Northern Region habitat monitoring program phase II: recent habitat trends in the Prairie Habitat Joint Venture. Série de rapports techniques N° 493. Service canadien de la faune, Région des Prairies et du Nord, Environnement Canada. Edmonton, AB. 135 p.
13. Poulin, M., Rochefort, L., Pellerin, S. et Thibault, J. 2004. Threats and protection for peatlands in eastern Canada. *Géocarrefour* 79:331-344.
14. Ressources naturelles Canada. 2009. L'Atlas du Canada : les terres humides [en ligne]. http://atlas.nrcan.gc.ca/site/francais/learningresources/theme_modules/wetlands/index.html (consulté le 23 octobre 2009).
15. Mitsch, W.J. et Gosselink, J.G. 2007. Wetlands. Édition 4. John Wiley and Sons Inc. New Jersey, NY.
16. Lehner, B. et Doll, P. 2004. Development and validation of a global database of lakes, reservoirs and wetlands. *Journal of Hydrology* 296:1-22.
17. Évaluation des écosystèmes pour le millénaire. 2005. Ecosystems and human well-being: wetlands and water -- synthesis. Millennium Ecosystem Assessment Series. World Resources Institute. Washington, DC. 80 p.
18. Dugan, P.J. 1990. La conservation des zones humides : Problèmes actuels et mesures à prendre. UICN-Union mondiale pour la nature. Gland, Suisse. 94 p.
19. Plan conjoint des habitats des Prairies. 2008. Prairie Habitat Joint Venture implementation plan: 2007-2012. Environnement Canada. Edmonton, AB. 34 p. (Révisé en mai 2010).
20. Batt, B.D.J., Anderson, M.G., Anderson, C.D. et Caswell, F.D. 1989. The use of prairie potholes by North American ducks. *Dans* Northern prairie wetlands. Vander, V. (éd.). Iowa State University Press. Ames, IA. pp. 204-227.
21. Conly, F.M. et Van der Kamp, G. 2001. Monitoring the hydrology of Canadian prairie wetlands to detect the effects of climate change and land use changes. *Environmental Monitoring and Assessment* 67:195-215.
22. Johnson, W.C., Millett, B.V., Gilmanov, T., Voldseth, R.A., Guntenspergen, G.R. et Naugle, D.E. 2010. Vulnerability of northern prairie wetlands to climate change. *Bioscience* 55:863-872.
23. Cornell Lab of Ornithology. 2010. Birds in forested landscapes [en ligne]. Cornell Lab of Ornithology. http://www.birds.cornell.edu/bfi/gen_instructions/fragmentation.html (consulté le 8 mai 2010).
24. Lynch-Stewart, P. 1983. Changements d'utilisation des terres dans les milieux humides au sud du Canada : Aperçu et bibliographie. Document de travail N° 26. Direction générale des terres, Environnement Canada. Ottawa, ON. 115 p.
25. Dahl, T.E. et Watmough, M.D. 2007. Current approaches to wetland status and trends monitoring in prairie Canada and the continental United States of America. *Journal canadien de télédétection* 33:517-527.
26. Mosquin, T., Whiting, P.G. et McAllister, D.E. 1995. Biodiversité du Canada : État actuel, avantages économiques, coûts de conservation et besoins non satisfaits. Musée canadien de la nature. Ottawa, ON. [fichier d'ordinateur].
27. Millar, J.B. 1989. Perspectives on the status of Canadian prairie wetlands. *Freshwater Wetlands and Wildlife* 61:829-852.
28. Bartzan, B.A., Dufour, K.W., Clark, R.G. et Caswell, F.D. 2010. Trends in agricultural impact and recovery of wetlands in prairie Canada. *Ecological Applications* 20:525-538.
29. Reynolds, R.E., Cohan, D.R. et Johnson, M.A. 1996. Using landscape information approaches to increase duck recruitment in the prairie pothole region. *Transactions of the North American Wildlife and Natural Resource Conference* 52:86-93.

30. Snell, E. 1987. Répartition et conversion des milieux humides dans le sud de l'Ontario. Document de travail N° 48. Direction générale des eaux intérieures et des terres, Environnement Canada. Ottawa, ON. 58 p.
31. Krieger, K.A., Klarer, D.M., Heath, R.T. et Herdendorf, C.E. 1992. Coastal wetlands of the Laurentian Great Lakes: current knowledge and research needs. *Journal of Great Lakes Research* 18:525-528.
32. Bedford, K.W. 1992. The physical effects of the Great Lakes on tributaries and wetlands. *Journal of Great Lakes Research* 18:571-589.
33. Wilcox, D.A. 1995. The role of wetlands in nearshore habitats in Lake Huron. *Dans The Lake Huron ecosystem: ecology, fisheries, and management*. Munawar, M., Edsall, T. et Leach, J. (éds.). SPB Academic Publishing. Amsterdam, Pays-Bas. pp. 223-245.
34. McCullough, G.B. 1985. Wetland threats and losses in Lake St. Clair. *Dans Coastal Wetlands*. Prince, H.P. et d'Itri, F.M. (éds.). Lewis Publishers. Chelsea, MI. pp. 201-208.
35. Whilans, T.J. 1982. Changes in marsh area along the Canadian shore of Lake Ontario. *Journal of Great Lakes Research* 8:570-577.
36. Ball, H., Jalava, J., King, T., Mainard, L., Potter, B. et Pulfer, T. 2003. The Ontario Great Lakes coastal wetland atlas: a summary of information (1983-1997). Environnement Canada et le ministère des Richesses naturelles de l'Ontario. Ontario. 49 p.
37. Timmermann, S.T., Badzinski, S.S. et Ingram, J.W. 2008. Association between breeding marsh bird abundances and Great Lakes hydrology. *Journal of Great Lakes Research* 34:351-364.
38. Ontario Biodiversity Council. 2010. State of Ontario's biodiversity 2010. A report of the Ontario Biodiversity Council. Peterborough, ON. 121 p.
39. Meadows, G.A., Goforth, R.R., Mickelson, D.M., Edil, T.B., Fuller, J., Guy, D.E., Meadows, L.A., Brown, E., Carman, S.M. et Liebenthal, D.L. 2005. Cumulative habitat impacts of nearshore engineering. *Journal of Great Lakes Research* 31:90-112.
40. Environnement Canada et U.S. Environmental Protection Agency. 2009. État des Grands Lacs 2009. 469 p.
41. Burton, T.M. 1985. Effects of water level fluctuations on Great Lakes coastal marshes. *Dans Coastal wetlands*. Prince, H.P. et d'Itri, F.M. (éds.). Lewis Publishers. Chelsea, MI. pp. 3-13.
42. Shabica, C. et Pranschke, F. 1994. Survey of littoral drift sand deposits along the Illinois and Indiana shores of Lake Michigan. *Journal of Great Lakes Research* 20:61-72.
43. Mackey, S.D. et Goforth, R.R. 2005. Special issue on Great Lakes nearshore and coastal habitats. *Journal of Great Lakes Research* 31:1-5.
44. Minns, C.K. et Wichert, G.A. 2005. A framework for defining fish habitat domains in Lake Ontario and its drainage. *Journal of Great Lakes Research* 31:6-27.
45. Chow-Fraser, P. 2006. Development of the Wetland Water Quality Index (WQI) to assess effects of basin-wide land-use alteration on coastal marshes of the Laurentian Great Lakes. *Dans Coastal wetlands of the Laurentian Great Lakes: health, habitat and indicators*. Simon, T.P. et Stewart, P.M. (éds.). Indiana Biological Survey. Bloomington, IN. Chapitre 5. pp. 137-166.
46. Chow-Fraser, P. 2008. Wetlands status and trends – for coastal wetlands [en ligne]. Wetland Inventory for Research and Education Network (WIRENet), McMaster University. http://wirenet.mcmaster.ca/publications/papyrus/Coastal_Wetland ESTR.pdf (consulté le 25 août 2010).
47. Seilheimer, T.S. et Chow-Fraser, P. 2007. Application of the Wetland Fish Index to northern Great Lakes marshes with emphasis on Georgian Bay coastal wetlands. *Journal of Great Lakes Research* 33:154-171.
48. Service canadien de la faune, Environnement Canada. 2010. Scores de l'indice de la qualité de l'eau des Grands Lacs, 2009. Données non publiées.
49. Lehoux, D. et Chamard, L. 2002. Portrait de la biodiversité du Saint-Laurent, les modifications anthropiques du Saint-Laurent : les pertes de milieux humides [en ligne]. Environnement Canada. http://www.qc.ec.gc.ca/faune/biodiv/fr/anthropique/pertes_mil_hum.html (consulté le 20 juillet 2010).
50. Jean, M. et Létoumeau, G. 2007. Monitoring wetland area along the St. Lawrence River (Canada): from state to functions and values. International Society of Wetland Scientists, 2007 Annual Meeting, Juin 10-15, 2007. Sacramento, CA.
51. Jean, M., et Létoumeau, G. 2010. Changements dans les milieux humides du fleuve Saint-Laurent de 1970 à 2002. Environnement Canada, Direction générale des sciences et de la technologie, Monitoring et surveillance de la qualité de l'eau au Québec. Rapport technique. 310 p. Sous presse.
52. Kessel-Taylor, I. 1984. The application of the Canada Land Data System for quantitative analysis of land use dynamics on wetlands for twenty-three urban centered regions in Canada. Canada Land Data Systems Report N° R003200. Direction générale des terres, Environnement Canada. Ottawa, ON. 143 p.
53. Hudon, C., Gagnon, P., Amyot, J.P., Létoumeau, G., Jean, M., Plante, C., Rioux, D. et Deschênes, M. 2005. Historical changes in herbaceous wetland distribution induced by hydrological conditions in Lake Saint-Pierre (St. Lawrence River, Québec, Canada). *Hydrobiologia* 539:205-224.
54. Lavoie, C., Jean, M., Delisle, F. et Létoumeau, G. 2003. Exotic plant species of St. Lawrence River wetlands: a spatial and historical analysis. *Journal of Biogeography* 30:537-549.
55. Hudon, C. 2004. Shift in wetland composition and biomass following low-level episodes in the St. Lawrence River: looking into the future. *Journal canadien des sciences halieutiques et aquatiques* 61:603-617. doi:10.1139/F04-031.
56. Labrecque, S., Lacelle, D., Duguay, C.R., Lauriol, B. et Hawkings, J. 2009. Contemporary (1951-2001) evolution of lakes in the Old Crow Basin, northern Yukon, Canada: remote sensing, numerical modeling and stable isotope analysis. *Arctic* 62:225-238.
57. U.S. Fish and Wildlife Service. 2007. Waterfowl breeding population and habitat survey [en ligne]. Division of Migratory Birds Management, U.S. Department of the Interior. <http://migbirdapps.fws.gov> (consulté le 20 juillet 2010).

58. Gray, D.R. et Alt, B.T. 2000. La description et l'analyse des ressources du parc national du Canada Vuntut. Parcs Canada. Haines Junction, YT.
59. 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.
60. Timoney, K. 2002. A dying delta? A case study of a wetland paradigm. *Wetlands*. 22:282-300.
61. Beltaos, S. 2003. Numerical modelling of ice-jam flooding on the Peace-Athabasca delta. *Hydrological Processes* 17:3685-3702.
62. 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.
63. Timoney, K.P. 2006. Landscape cover change in the Peace-Athabasca delta, 1927-2001. *Wetlands* 26:765-778.
64. Hugenholtz, C.H., Smith, D.G. et Livingston, J.M. 2009. Application of floodplain stratigraphy to determine the recurrence of ice-jam flooding along the lower Peace and Athabasca rivers, Alberta. *Revue canadienne des ressources hydriques* 34:79-94. doi:10.4296/cwrj3401079.
65. Wolfe, B.B., Hall, R.I., Last, W.M., Edwards, T.W.D., English, M.C., Karst-Riddoch, T.L., Paterson, A. et Palmini, R. 2006. Reconstruction of multi-century flood histories from oxbow lake sediments, Peace-Athabasca delta, Canada. *Hydrological Processes* 20:4131-4153.
66. 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.
67. Timoney, K. 22 juillet 2010. Communication personnelle.
68. 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.
69. 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.
70. Prowse, T.D., Conly, F.M., Church, M. et English, M.C. 2002. A review of hydroecological results of the Northern River Basins Study, Canada. Part 1. Peace and Slave rivers. *River Research and Applications* 18:429-446.
71. Kelly, E.N., Short, J.W., Schindler, D.W., Hodson, P.V., Ma, M.S., Kwan, A.K. et Fortin, B.L. 2009. 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.
72. Kelly, E.N., Schindler, D.W., Hodson, P.V., Short, J.W., Radmanovich, R. et Nielsen, C.C. 2010. Oil sands development contributes elements toxic at low concentrations to the Athabasca River and its tributaries. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 107:16178-16183. doi:10.1073/pnas.1008754107.
73. 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.
74. Tamocai, C. 2006. The effect of climate change on carbon in Canadian peatlands. *Global and Planetary Change* 53:222-232. doi:10.1016/j.gloplacha.2006.03.012.
75. Ressources naturelles Canada. 2009. Les forêts du Canada : Biodiversité [en ligne]. Ressources naturelles Canada. <http://foretscanada.mcan.gc.ca/article/biodiversite/?lang=fr> (consulté le 10 février 2010).
76. Zoltai, S.C. et Tamocai, C. 1975. Perennially frozen peatlands in the Western Arctic and subarctic of Canada. *Revue canadienne des sciences de la Terre* 12:28-43.
77. Warner, B.G. et Asada, T. 2006. Biological diversity of peatlands in Canada. *Aquatic Sciences* 68:240-253.
78. Tamocai, C. 2006. The effect of climate change on carbon in Canadian peatlands. *Global and Planetary Change* 53:222-232.
79. Carlson, M., Chen, J., Elgie, S., Henschel, C., Montenegro, A., Roulet, N., Scott, N., Tamocai, C. et Wells, J. 2010. Maintaining the role of Canada's forests and peatlands in climate regulation. *The Forestry Chronicle* 86:434-443.
80. Urquizo, N., Bastedo, J., Brydges, T. et Shear, H. 2000. Évaluation écologique de l'écozone du Bouclier boréal. *Travaux publics et Services gouvernementaux Canada*. Ottawa, ON.
81. 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.
82. Lee, P. et Cheng, R. 2009. Bitumen and biocarbon: land use conversions and loss of biological carbon due to bitumen operations in the boreal forests of Alberta, Canada. *Global Forest Watch Canada*. Edmonton, AB. 40 p.
83. Parent, L.-É. 2001. L'utilisation agricole. *Dans* *Écologie des tourbières du Québec-Labrador*. Payette, S. et Rochefort, L. (éds.). Les Presses de l'Université Laval. Saint-Nicolas, QC. pp. 411-421.
84. Tamocai, C., Kettles, I.M. et Lacelle, B. 2002. Peatlands of Canada database. Commission géologique du Canada.
85. Smith, L.C., Sheng, Y. et MacDonald, G.M. 2007. A first pan-Arctic assessment of the influence of glaciation, permafrost, topography and peatlands on northern hemisphere lake distribution. *Permafrost and Periglacial Processes* 18:201-208.
86. 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* 13:1-13.
87. Lea, T. 2008. Historical (pre-settlement) ecosystems of the Okanagan Valley and lower Similkameen Valley of British Columbia – pre-European contact to the present. *Davidsonia* 19:3-36.
88. British Columbia Ministry of Forests Research Program. 2000. The ecology of wetland ecosystems. Extension Note No. 45. B.C. Ministry of Forests. Smithers, BC.

89. Brinson, M.M. 2008. Temperate freshwater wetlands: response to gradients in moisture regime, human alterations and economic status. *Dans Aquatic ecosystems: trends and global prospects*. Polunin, N.V.C. (éd.). Cambridge University Press. New York, NY. pp. 127-140.
90. British Columbia Ministry of Water, Land and Air Protection. 1998. Habitat atlas for wildlife at risk: South Okanagan and Lower Similkameen. Government of British Columbia. Victoria, BC. 124 p.
91. British Columbia Ministry of Sustainable Resource Management et Ministry of Water, Land and Air Protection. 2004. Wetlands of the southern interior valleys. Ecosystems in British Columbia at risk. Government of British Columbia. Victoria, BC. 6 p.
92. Sarell, M. 1990. Survey of relatively natural wetlands in the South Okanagan. Habitat Conservation Trust Fund. Victoria, BC. 7 p.
10. Javorek, S.K. et Grant, M.C. 2010. Tendances de la capacité d'habitat faunique des terres agricoles du Canada, 1986-2006. Biodiversité canadienne : État et tendances des écosystèmes en 2010, série de rapports techniques thématiques N° 14. Les Conseils canadiens des ministres des ressources. Ottawa, ON. Sous presse.
11. Déry, S.J. et Wood, E.F. 2005. Decreasing river discharge in northern Canada. *Geophysical Research Letters* 32:1-4. doi:10.1029/2005GL022845, 2005.
12. McClelland, J.W., Dery, S.J., Peterson, B.J., Holmes, R.M. et Wood, E.F. 2006. A Pan-Arctic evaluation of changes in river discharge during the latter half of the 20th century. *Geophysical Research Letters* 33:1-4.
13. Peterson, B.J., Holmes, R.M., McClelland, J.W., Volosmarty, C.J. et Lammers, R.B. 2002. Increasing river discharge to the Arctic Ocean. *Science* 298:2171-2173.
14. Peterson, B.J., McClelland, J., Curry, R., Holmes, R.M., Walsh, J.E. et Aargaard, K. 2006. Trajectory shifts in the Arctic and Subarctic freshwater cycle. *Science* 313:1061-1066.
15. Postel, S.L. 1992. Last oasis: facing water scarcity. Worldwatch Institute. New York, NY. 240 p.
16. World Resources Institute, United Nations Environmental Programme et World Business Council for Sustainable Development. 2002. Tomorrow's markets: global trends and their implications for business. Paris, France. 61 p.
17. Environnement Canada et U.S. Environmental Protection Agency. 2009. État des Grands Lacs 2009. 469 p.
18. Heaton, D. 2003. Effet des fluctuations du niveau des eaux. *Dans L'État des Grands Lacs, 2003*. Environnement Canada et U.S. Environmental Protection Agency (éds.). Gouvernements du Canada et des États-Unis d'Amérique. pp. 86-87.
19. Wilcox, D.A., Thompson, T.A., Booth, R.K. et Nicholas, J.R. 2007. Lake-level variability and water availability in the Great Lakes. U.S. Geological Survey Circular N° 1311. 25 p.
20. Commission de coopération environnemental. 2008. La mosaïque nord-américaine : Aperçu des principaux enjeux environnementaux. Commission de coopération environnemental. Montréal, QC. 62 p.

4. Lacs et cours d'eau

1. L'Encyclopédie canadienne. 2010. Lac [en ligne]. <http://www.thecanadianencyclopedia.com/index.cfm?PgNm=TCE&Params=FIARTF0004471> (consulté le 15 février 2010).
2. Monk, W.A., Baird, D.J., Curry, R.A., Glozier, N. et Peters, D.L. 2010. Rapport sur l'état et les tendances des écosystèmes : Biodiversité dans les rivières et lacs du Canada. Biodiversité canadienne : État et tendances des écosystèmes en 2010, série de rapports techniques thématiques N° 20. Les Conseils canadiens des ministres des ressources. Ottawa, ON. Sous presse.
3. Ricciardi, A. et Rasmussen, J.B. 1999. Extinction rates of North American freshwater fauna. *Conservation Biology* 13:1220-1222.
4. 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.
5. Schindler, D.W. 1997. Widespread effects of climate warming on freshwater ecosystems in North America. *Hydrological Processes* 11:1043-1067.
6. 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.
7. Last, W.M. et Ginn, F.M. 2005. Saline systems of the Great Plains of western Canada: an overview of the limnogeology and paleolimnology. *Saline Systems* 1:10.
8. Zhang, X., Brown, R., Vincent, L., Skinner, W., Feng, Y. et Mekis, E. 2010. Tendances climatiques au Canada, 1950-2007. Biodiversité canadienne : État et tendances des écosystèmes en 2010, série de rapports techniques thématiques N° 5. Les Conseils canadiens des ministres des ressources. Ottawa, ON. Sous presse.
9. Zhang, X.B., Harvey, K.D., Hogg, W.D. et Yuzyk, T.R. 2001. Trends in Canadian streamflow. *Water Resources Research* 37:987-998.

5. Zones côtières

1. Ressources naturelles Canada. 2010. Les côtes et le rivage (l'Atlas du Canada) [en ligne]. http://atlas.nrcan.gc.ca/site/francais/learningresources/facts/coastline.html/document_view (consulté le 23 mai 2010).
2. Centre for Marine Biodiversity. 2010. La biodiversité marin au Canada [en ligne]. <http://www.marinebiodiversity.ca/cmb/quest-ce-que-la-biodiversite-marin/la-biodiversite-marin-au-canada> (consulté le 23 mai 2010).
3. CBCL Limited. 2009. The 2009 state of Nova Scotia's coast technical report. Nova Scotia Department of Fisheries and Aquaculture and Nova Scotia Provincial Oceans Network. 245 p.

4. McCulloch, M.M., Forbes, D.L., Shaw, R.W. et CAFF-A041 Scientific Team. 2002. Coastal impact of climate change and sea-level rise on Prince Edward Island. Synthesis Report (File 4261). Service météorologique du Canada, Environnement Canada, et Commission géologique du Canada. 62 p.
5. B.C. Ministry of Environment. 2006. Alive and inseparable: British Columbia's coastal environment: 2006. State of Environment Reporting Office. Victoria, BC. 322 p.
6. Catto, N.R. 2002. Anthropogenic pressures on coastal dunes, southwest Newfoundland. *Le Géographe canadien* 46:17-32.
7. Ingram, D. 2005. An investigation of the role of tidal variation on storm surge elevation and frequency in Port-aux-Basques, Newfoundland. Department of Environmental Science, Memorial University of Newfoundland. St. John's, NL. Rapport de recherche non publié.
8. Catto, N.R. 1994. Anthropogenic pressures and the dunal coasts of Newfoundland. Coastal Zone Canada 1994 Conference: Co-operation in the Coastal Zone, proceedings. Wells, P.G. et Ricketts, P.J. (éds.). Bedford Institute of Oceanography. Vol. 5, pp. 2266-2286.
9. Vasseur, L. et Catto, N. 2008. Canada atlantique. *Dans* Vivre avec les changements climatiques au Canada : édition 2007. Lemmen, D.S., Warren, F.J., Lacroix, J. et Bush, E. (éds.). Gouvernement du Canada. Ottawa, ON. pp. 120-170.
10. Bernatchez, P. et Dubois, J.-M.M. 2004. Bilan des connaissances de la dynamique de l'érosion des côtes du Québec maritime laurentien. *Géographie physique et Quaternaire* 58:45-71.
11. Lantuit, H. et Pollard, W.H. 2008. Fifty years of coastal erosion and retrogressive thaw slump activity on Herschel Island, southern Beaufort Sea, Yukon Territory, Canada. *Geomorphology* 95:84-102.
12. Mars, J.C. et Houseknecht, D.W. 2007. Quantitative remote sensing study indicates doubling of coastal erosion rate in past 50 yr along a segment of the Arctic coast of Alaska. *Geology* 35:583-586.
13. Burke, L., Kura, Y., Kassem, K., Revenga, C., Spalding, M. et McAllister, D. 2001. Pilot analysis of global ecosystems: coastal ecosystems. World Resources Institute. Washington, DC. 93 p.
14. Évaluation des écosystèmes pour le millénaire. 2005. Ecosystems and human well-being: wetlands and water – synthesis. Millennium Ecosystem Assessment Series. World Resources Institute. Washington, DC. 80 p.
15. Wiken, E., Smith, W.G.B., Cinq-Mars, J., Latsch, C. et Gauthier, D. 2003. Habitat integrity in Canada: wildlife conservation in Canada. Background paper for the national conference on guidelines and tools for the evaluation of Natura 200 sites in France, Montpellier, 3-5 March 2003. Habitat Faunique Canada. 30 p.
16. Lynch-Stewart, P. 1983. Changements d'utilisation des terres dans les milieux humides au sud du Canada : Aperçu et bibliographie. Document de travail N° 26. Direction générale des terres, Environnement Canada. Ottawa, ON. 115 p.
17. O'Carroll, S., Berube, D., Hanson, A., Forbes, D., Ollerhead, J. et Olsen, L. 2006. Modifications temporelles de l'habitat de plages et de dunes dans le sud-est du Nouveau-Brunswick de 1944 à 2001. *Dans* Impacts de l'élévation du niveau de la mer et du changement climatique sur la zone côtière du sud-est du Nouveau-Brunswick. Daigle, R.J. (éd.). Environnement Canada. Dartmouth, NS. Chapitre 4.6.4. pp. 441-459.
18. Hanson, A., Berube, D., Forbes, D., O'Carroll, S., Ollerhead, J. et Olsen, L. 2006. Impact de l'élévation du niveau de la mer et de l'expansion résidentielle sur la superficie occupée par les marais salés dans le sud-est du Nouveau-Brunswick de 1944 à 2001. *Dans* Impacts de l'élévation du niveau de la mer et du changement climatique sur la zone côtière du sud-est du Nouveau-Brunswick. Daigle, R.J. (éd.). Environnement Canada. Dartmouth, NS. Chapitre 4.6.3. pp. 431-443.
19. Service canadien de la faune et Fédération canadienne de la faune. 2010. Faune et flore du pays : Fiches d'information sur les oiseaux : Le Pluvier siffleur [en ligne]. <http://www.hww.ca/hww2.asp?id=61> (consulté le 6 juillet 2010).
20. Amirault, D.L. 2005. The 2001 international piping plover census in Canada. Série de rapports techniques N° 436. Service canadien de la faune, Environnement Canada. 126 p.
21. Service canadien de la faune. 2006. Nombre de Pluviers siffleurs adultes dans l'écozone maritime de l'Atlantique. Service canadien de la faune (Région de l'Atlantique), Environnement Canada. Données non publiées.
22. Catto, N.R., Scruton, D.A. et Ollerhead, L.M.N. 2003. The coastline of eastern Newfoundland. Rapports techniques canadiens des sciences halieutiques et aquatiques N° 2495. Pêches et Océans Canada. St. John's, NL. 241 p.
23. Anders, F.J. et Leatherman, S.P. 1987. Effects of off-road vehicles on coastal fore-dunes at Fire Island, New York. *Environmental Management* 11:45-52.
24. Forbes, D.L., Parkes, G.S. et Ketch, L.A. 2006. Élévation du niveau de la mer et subsidence régionale. *Dans* Impacts de l'élévation du niveau de la mer et du changement climatique sur la zone côtière du sud-est du Nouveau-Brunswick. Daigle, R.J. (éd.). Environnement Canada. Dartmouth, NS. Chapitre 4.1. pp. 38-100.
25. Daigle, R.J. (éd.). 2006. Impacts de l'élévation du niveau de la mer et du changement climatique sur la zone côtière du sud-est du Nouveau-Brunswick. Environnement Canada. Dartmouth, NS. 644 p.
26. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2007. Bilan 2007 des changements climatiques : Rapport de synthèse. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième. Pachauri, R.K. et Reisinger, A. (éds.). GIEC. Genève, Suisse. 104 p.
27. Shaw, J., Taylor, R.B., Forbes, D.L., Ruz, M.H. et Solomon, S. 1998. La sensibilité des côtes du Canada à une hausse du niveau de la mer. *Bulletin* N° 505. Commission géologique du Canada. 79 p.
28. Elsner, J.B., Kossin, J.P. et Jagger, T.H. 2008. The increasing intensity of the strongest tropical cyclones. *Nature* 455:92-95.
29. Saunders, M.A. et Lea, A.S. 2008. Large contribution of sea surface warming to recent increase in Atlantic hurricane activity. *Nature* 451:557-561.
30. Environnement Canada. 2002. Les ouragans battent les records sur l'Atlantique. *Bulletin Science et Environnement* 31:4-5.

31. Forbes, D.L., Parkes, G.S., Manson, G.K. et Ketch, L.A. 2004. Storms and shoreline retreat in the southern Gulf of St. Lawrence. *Marine Geology* 210:169-204.
32. Jefferies, R.L., Jano, A.P. et Abraham, K.F. 2006. A biotic agent promotes large-scale catastrophic change in the coastal marshes of Hudson Bay. *Journal of Ecology* 94:234-242.
33. Abraham, K.F. et Jefferies, R.L. 1997. Partie II : Hautes populations d'oie : causes, impacts et implications. *Dans Écosystèmes arctiques dans le péril: rapport du groupe de travail arctique d'habitat d'oie*. Batt, B.D.J. (éd.). U.S. Fish and Wildlife Service et Service canadien de la faune. Washington DC et Ottawa, ON. pp. 7-72.
34. Jefferies, R.L., Rockwell, R.F. et Abraham, K.F. 2003. The embarrassment of riches: agricultural food subsidies, high goose numbers and loss of Arctic wetlands – a continuing saga. *Dossiers environnement* 11:193-232.
35. Jefferies, R.L. et Rockwell, R.F. 2002. Foraging geese, vegetation loss and soil degradation in an Arctic salt marsh. *Applied Vegetation Science* 5:7-16.
36. Bertness, M.D., Silliman, B.R. et Jefferies, R.L. 2004. Salt marshes under siege. *American Scientist* 92:54-61.
37. Comité sur la sauvagine du Service canadien de la faune. 2009. Situation des populations d'oiseaux migrateurs considérés comme gibier au Canada (et réglementation proposée concernant les espèces surabondantes). Rapport du SCF sur la réglementation concernant les oiseaux migrateurs N° 28. Environnement Canada. Ottawa, ON. 102 p.
38. Moore, K., Ward, P. et Roger, K. 2004. Urban and agricultural encroachment onto Fraser lowland wetlands -- 1989 to 1999. Proceedings of the 2003 Georgia Basin/Puget Sound Research Conference. Droscher, T.W. et Fraser, D.A. (éds.). Vancouver, BC.
39. Prentice, A.C. et Boyd, S.W. 1988. Intertidal and adjacent upland habitat in estuaries located on the east coast of Vancouver Island – a pilot assessment of their historical changes. Série de rapports techniques N° 38. Service canadien de la faune, Environnement Canada. Delta, BC. 75 p.
40. BC Ministry of Environment. 2006. Population and economic activity: introduction. *Dans Alive and inseparable: British Columbia's coastal environment 2006*. State of Environment Reporting Office. Victoria, BC. Chapitre 1. pp. 2-5.
41. Austin, M., Buffett, D., Nicolson, D., Stevens, V. et Scudder, G.G.E. 2008. Taking nature's pulse: the status of biodiversity in British Columbia. *Biodiversity B.C.* Victoria, BC. 268 p.
42. Pomeroy, A.C., Butler, R.W. et Ydenberg, R.C. 2006. Experimental evidence that migrants adjust usage at a stopover site to trade off food and danger. *Behavioral Ecology* 17:1041-1045.
43. Butler, R. et Campbell, R.W. 1987. The Birds of the Fraser River delta: populations, ecology and international significance. Publication hors série N° 65. Gouvernement du Canada, Service canadien de la faune. Ottawa, ON. 72 p.
44. MPO. 2009. La zostère (*Zostera marina*) remplit-elle les critères d'espèce d'importance écologique? Secrétariat canadien de consultation scientifique du MPO. Avis scientifique N° 2009/018. 11 p.
45. Waycott, M., Duarte, C.M., Camruthers, T.J.B., Orth, R.J., Dennison, W.C., Olyarnik, S., Calladine, A., Fourqurean, J.W., Heck, K.L., Hughes, A.R., Kendrick, G.A., Kenworthy, W.J., Short, F.T. et Williams, S.L. 2009. Accelerating loss of seagrasses across the globe threatens coastal ecosystems. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 106:12377-12381.
46. Cottam, C. et Addy, C.E. 1947. Present eelgrass condition and problems on the Atlantic Coast of North America. *Transactions of 12th North American Wildlife Conference*. Vol. 12, pp. 387-398.
47. Martin, A.C. 1954. A clue to the eelgrass mystery. *Transactions of 19th North American Wildlife Conference*. Vol. 19, pp. 441-449.
48. Comité permanent des pêches et des océans. 2008. Cinquième rapport du Comité permanent des pêches et des océans du Chambre des Communes. Gouvernement du Canada. Ottawa, ON.
49. Hanson, A.R. 2004. Status and conservation of eelgrass (*Zostera marina*) in eastern Canada. Série de rapports techniques N° 412. Service canadien de la faune, Région de l'Atlantique. 40 p.
50. Short, F.T. 2008. Report to the Cree Nation of Chisasibi on the status of eelgrass in James Bay. Jackson Estuarine Laboratory. Durham, NH. 30 p.
51. Kelly, J.R. et Volpe, J.R. 2007. Native eelgrass (*Zostera marina* L.) survival and growth adjacent to non-native oysters (*Crassostrea gigas* Thunberg) in the Strait of Georgia, British Columbia. *Botanica Marina* 50:143-150.
52. Kelly, J.R., Proctor, H. et Volpe, J.P. 2008. Intertidal community structure differs significantly between substrates dominated by native eelgrass (*Zostera marina* L.) and adjacent to the introduced oyster *Crassostrea gigas* (Thunberg) in British Columbia, Canada. *Hydrobiologia* 596:57-66.
53. Williams, S.L. 2007. Introduced species in seagrass ecosystems: status and concerns. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 350:89-110.
54. Baldwin, J.R. et Lovvorn, J.R. 1994. Expansion of seagrass habitat by the exotic *Zostera japonica*, and its use by dabbling ducks and brant in Boundary Bay, British Columbia. *Marine Ecology Progress Series* 103:119-127.
55. Kuwae, T., Beninger, P.G., Decottignies, P., Mathot, K.J., Lund, D.R. et Elner, R.W. 2008. Biofilm grazing in a higher vertebrate: the western sandpiper, *Calidris mauri*. *Ecology* 89:599-606.
56. Lalumière, R., Messier, D., Fournier, J.J. et Mcroy, C.P. 1994. Eelgrass meadows in a low Arctic environment, the northeast coast of James Bay, Québec. *Aquatic Botany* 47:303-315.
57. Lalumière, R. et Lemieux, C. 2005. La zostère marine de la côte nord-est de la baie James. *Dans Suivi environnemental des projets La Grande-2-A et La Grande-1*. Rapport synthèse pour la période 1988-2000. Rapport du Groupe conseil GENIVAR inc. pour la Direction Barrages et Environnement, Hydro-Québec Production. 92 p. et annexes.
58. Sharp, G. et Semple, R. 2004. Status of eelgrass beds in south-western Nova Scotia. *Dans Status and conservation of eelgrass (Zostera marina) in Eastern Canada*. Hanson, A.R. (éd.). Service canadien de la faune, Région de l'Atlantique. p. 8.

59. Chapman, A. et Smith, J. 2004. Quantifying the rapid decline of eelgrass beds on the eastern shore of Nova Scotia between 1992 and 2002. *Dans* Status and conservation of eelgrass (*Zostera marina*) in Eastern Canada. Hanson, A.R. (éd.). Service canadien de la faune, Région de l'Atlantique. p. 9.
60. Locke, A. et Hanson, J.M. 2004. Changes in eelgrass in southern Gulf of St. Lawrence estuaries. *Dans* Status and conservation of eelgrass (*Zostera marina*) in Eastern Canada. Hanson, A.R. (éd.). Service canadien de la faune, Région de l'Atlantique. pp. 10-12.
61. Seymour, N.R., Miller, A.G. et Garbay, D.J. 2002. Decline of Canada geese (*Branta canadensis*) and common goldeneye (*Bucephala clangula*) associated with a collapse of eelgrass (*Zostera marina*) in a Nova Scotia estuary. *Helgoland Marine Research* 56:198-202.
62. Martel, M.-C., Provencher, L., Grant, C., Ellefsen, H.-F. et Pereira, S. 2009. Distribution et description des herbiers de zostère du Québec. Document de recherche N° 2009/050. Secrétariat canadien de consultation scientifique. Ottawa, ON. 37 p.
9. Blackford, J., Turley, C., Widdicombe, S., Orr, J. et Gattuso, J.-P. 2007. Ocean acidification – the other half of the CO₂ problem. Fact Sheet N° 7. Plymouth Marine Laboratory, Marine Environment Laboratories (IAEA), Observatoire Océanologique (CNRS). Plymouth, United Kingdom.
10. James, C.O., Jutterström, S., Bopp, L., Anderson, L.G., Cadule, P., Fabry, V.J., Frölicher, T., Jones, E.P., Joos, F., Lenton, A., Maier-Reimer, E., Segschneider, J., Steinacher, M. et Swingedouw, D. 2009. Amplified acidification of the Arctic Ocean. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Vol. 6.
11. Stramma, L., Schmidtko, S., Levin, L.A. et Johnson, G.C. 2010. Ocean oxygen minima expansions and their biological impacts. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers* 57:587-595. doi:10.1016/j.dsr.2010.01.005.
12. Whitney, F. 2009. Spreading hypoxia in deep waters along the west coast. *Dans* State of physical, biological, and selected fishery resources of Pacific Canadian marine ecosystems. Crawford, W.R. et Irvine, J.R. (éds.). Pêches et Océans Canada. pp. 55-56. Secrétariat canadien de consultation scientifique, document de recherche 2009/022 vi + 121 p.
13. Purcell, J.E., Uye, S. et Lo, W.T. 2007. Anthropogenic causes of jellyfish blooms and their direct consequences for humans: a review. *Marine Ecology-Progress Series* 350:153-174.
14. Dufour, R., Benoit, H., Castonguay, M., Chasse, J., Devine, L., Galbraith, P., Harvey, M., Larouche, P., Lessard, S., Petrie, B., Savard, L., Savenkoff, C., St-Amand, L. et Starr, M. 2010. Ecosystem status and trends report: Estuary and Gulf of St. Lawrence Ecozone⁺. Secrétariat canadien de consultation scientifique du MPO, Document de recherche N° 2010/030. Pêches et Océans Canada. v + 187 p.
15. Johannessen, S.C. et McCarter, B. 2010. Ecosystems status and trends report for the Strait of Georgia Ecozone⁺. Secrétariat canadien de consultation scientifique du MPO, Document de recherche N° 2010/010. Pêches et Océans Canada. vi + 45 p.
16. Worcester, T. et Parker, M. 2010. Ecosystem status and trends report for the Gulf of Maine and Scotian Shelf. Secrétariat canadien de consultation scientifique du MPO, Document de recherche N° 2010/070. Pêches et Océans Canada. vi + 59 p.
17. Johns, D.G. 2010. Monthly means for total dinoflagellates, total euphausiids, total *Calanus*, phytoplankton colour index and total copepods (40N to 60N, 46W to 66W), 1959-2008, as recorded by the Continuous Plankton Recorder. Sir Alister Hardy Foundation for Ocean Science. Plymouth, UK.
18. Harrison, G., Sameoto, D., Spry, J., Pauley, K., Maass, H., Kennedy, M., Porter, C. et Soukhovtsev, V. 2007. Optical, chemical and biological oceanographic conditions in the Maritimes region in 2006. Secrétariat canadien de consultation scientifique du MPO, Document de recherche N° 2007/050. Pêches et Océans Canada. 48 p.
19. Gaston, A.J., Bertram, D.F., Boyne, A.W., Chardine, J.W., Davoren, G., Diamond, A.W., Hedd, A., Montevecchi, W.A., Hipfner, J.M., Lemon, M.J.F., Mallory, M.L., Rail, J.-F. et Robertson, G.J. 2009. Changes in Canadian seabird populations and ecology since 1970 in relation to changes in oceanography and food webs. *Dossiers environnement* 17:267-286.

6. Zones marines

1. Office of Marine Programs. 2010. Census of marine life [en ligne]. University of Rhode Island, Graduate School of Oceanography. <http://www.coml.org/> (consulté le 5 mai 2010).
2. Hays, G.C., Richardson, A.J. et Robinson, C. 2005. Climate change and marine plankton. *Trends in Ecology and Evolution* 20:337-344. doi:10.1016/j.tree.2005.03.004.
3. Worm, B., Barbier, E.B., Beaumont, N., Duffy, J.E., Folke, C., Halpern, B.S., Jackson, J.B.C., Lotze, H.K., Micheli, F., Palumbi, S.R., Sala, E., Selkoe, K.A., Stachowicz, J.J. et Watson, R. 2006. Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services. *Science* 314:787-790.
4. McAllister, D.E. 2000. Biodiversity in Canadian fresh and marine waters. *Dans* Biodiversity in Canada: ecology, ideas, and action. Bocking, S. (éd.). University of Toronto Press. pp. 81-105.
5. MPO. 2010. Rapport sur l'état et les tendances des écosystèmes marins canadiens en 2010. Secrétariat canadien de consultation scientifique du MPO. Avis scientifique N° 2010/030. 43 p.
6. Crawford, W.R. et Irvine, J.R. 2009. State of physical, biological and selected fishery resources of Pacific Canadian marine ecosystems. Secrétariat canadien de consultation scientifique, Document de recherche N° 2009/022. Pêches et Océans Canada. 121 p.
7. MPO. 2007. État de l'océan en 2006 : Conditions océanographiques physiques dans la région de Terre-Neuve et du Labrador. Secrétariat canadien de consultation scientifique du MPO. Avis scientifique N° 2007/025. 13 p.
8. Caldeira, K. et Wickett, M.E. 2003. Oceanography: anthropogenic carbon and ocean pH. *Nature* 425:365-365.

20. Niemi, A., Paulic, J. et Cobb, D. 2010. Ecosystem status and trends report: Arctic marine ecoregions⁺. Secrétariat canadien de consultation scientifique du MPO, Document de recherche N° 2010/066. Pêches et Océans Canada. viii + 66 p.
21. Benoit, D., Simard, Y. et Fortier, L. 2008. Hydroacoustic detection of large winter aggregations of Arctic cod (*Boreogadus saida*) at depth in ice-covered Franklin Bay (Beaufort Sea). *Journal of Geophysical Research-Oceans* 113 p.
22. MPO. 2008. Évaluation du stock de capelan de la sous-zone 2 et des divisions 3KL en 2008. Secrétariat canadien de consultation scientifique du MPO. Avis scientifique N° 2008/054. 14 p.
23. Zwanenburg, K.C.T., Bundy, A., Strain, P., Bowen, W.D., Breeze, H., Campana, S.E., Hannah, C., Head, E. et Gordon, D. 2006. Implications of ecosystem dynamics for the integrated management of the eastern Scotian Shelf. Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques N° 2652. Pêches et Océans Canada. xiii + 91 p.
24. MPO. 2010. État actuel de la population de phoques du Groenland (*Pagophilus groenlandicus*) de l'Atlantique Nord-Ouest. Secrétariat canadien de consultation scientifique du MPO. Avis scientifique N° 2009/074. 17 p.
25. Zeh, J.E. et Punt, A.E. 2005. Updated 1978–2001 abundance estimates and their correlations for the Bering-Chukchi-Beaufort Seas stock of bowhead whales. *Journal of Cetacean Research and Management* 7:169-175.
26. MPO. 2008. Évaluation des populations d'otaries de Steller (*Eumetopias jubatus*). Secrétariat canadien de consultation scientifique du MPO. Avis scientifique N° 2008/047. 12 p.
27. MPO. 2010. Évaluation des populations de phoques communs du Pacifique (*Phoca vitulina richardsi*). Secrétariat canadien de consultation scientifique du MPO. Avis scientifique N° 2009/011. 12 p.
28. Ford, J.K.B., Ellis, G.M. et Olesiuk, P.F. 2005. Linking prey and population dynamics: did food limitation cause recent declines of "resident" killer whales (*Orcinus orca*) in British Columbia? Secrétariat canadien de consultation scientifique du MPO, Document de recherche N° 2005/042. Pêches et Océans Canada. 27 p.
29. Butchart, S.H.M., Walpole, M., Collen, B., van Strien, A., Scharlemann, J.P.V., Almond, R.E.A., Baillie, J.E.M., Bomhard, B., Brown, C., Bruno, J., Carpenter, K.E., Carr, G.M., Chanson, J.S., Chenery, A.M., Csirke, J., Davidson, N.C., Dentener, F., Foster, M., Galli, A., Galloway, J.N., Genovesi, P., Gregory, R., Hockings, M., Kapos, V., Lamarque, J.-F., Leverington, F., Loh, J., McGeoch, M.A., McRae, L., Minasyan, A., Morcillo, M.H., Oldfield, T.E.E., Pauly, D., Quder, S., Revenga, C., Sauer, J.R., Skolnik, B., Spear, D., Stanwell-Smith, D., Stuart, S.N., Symes, A., Tiemey, M., Tyrrell, T.D., Vie, J.-C. et Watson, R. 2010. Global biodiversity: indicators of recent declines. *Science* 328:1164-1168. doi:10.1126/science.1187512.

7. La glace dans l'ensemble des biomes

1. Environnement Canada. 2010. L'Atlas du Canada : Glaciers [en ligne]. Institut national de recherche en hydrologie. http://atlas.nrcan.gc.ca/site/francais/learningresources/facts/glaciers.html/document_view (consulté le 25 août 2010).
2. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2007. Changements climatiques 2007 : Les éléments scientifiques. Contribution du Groupe de travail I au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. Solomon, S., Qin, S., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., Tignor, M. et Miller, H.L. (éds.). GIEC. Genève, Suisse.
3. UNEP. 2007. Global outlook for ice and snow. United Nations Environment Programme. Nairobi, Kenya. 235 p.
4. Fetterer, F., Knowles, K., Meier, W. et Savoie, M. 2010. Sea ice index [en ligne]. National Snow and Ice Data Center, Boulder, CO. <http://nsidc.org/data/g02135.html> (consulté le 4 octobre 2010).
5. Parkinson, C.L. et Cavalieri, D.J. 2008. Arctic sea ice variability and trends, 1979-2006. *Journal of Geophysical Research-Oceans* 113:1-28.
6. Stroeve, J., Markus, T., Meier, W.N. et Miller, J. 2006. Recent changes in the Arctic melt season. *Annals of Glaciology* 44:367-374.
7. Howell, S.E.L., Duguay, C.R. et Markus, T. 2009. Sea ice conditions and melt season duration variability within the Canadian Arctic Archipelago: 1979-2008. *Geophysical Research Letters* 36:1-6.
8. Rampal, P., Weiss, J. et Marsan, D. 2009. Positive trend in the mean speed and deformation rate of Arctic sea ice, 1979-2007. *Journal of Geophysical Research-Oceans* 114:1-14.
9. Jolly, D., Berkes, F., Castledon, J., Nichols, T. et The Community of Sachs Harbour. 2002. We can't predict the weather like we used to: Inuvialuit observations of climate change, Sachs Harbour, Western Canadian Arctic. *Dans The Earth is faster now: Indigenous observations of Arctic climate change*. Krupnik, I. et Jolly, D. (éds.). Arctic Research Consortium of the United States and Arctic Resource Studies Center, Smithsonian Institution. Fairbanks, AK. pp. 93-125.
10. Manson, G.K. et Solomon, S.M. 2007. Past and future forcing of Beaufort Sea coastal change. *Atmosphere-Ocean* 45:107-122.
11. Tynan, C.T. et DeMaster, D.P. 1997. Observations and predictions of Arctic climatic change: potential effects on marine mammals. *Arctic* 50:308-322.
12. Pamperin, N.J., Follmann, E.H. et Person, B.T. 2008. Sea-ice use by arctic foxes in northern Alaska. *Polar Biology* 31:1421-1426.
13. Gunn, A. et Russell, D. 2010. Tendances de la population de caribous du Nord. Biodiversité canadienne : État et tendances des écosystèmes en 2010, série de rapports techniques thématiques N° 10. Les Conseils canadiens des ministres des ressources. Ottawa, ON. Sous presse.

14. Gilchrist, H.G. et Mallory, M.L. 2005. Declines in abundance and distribution of the ivory gull (*Pagophila eburnea*) in Arctic Canada. *Biological Conservation* 121:303-309.
15. COSEPAC. 2006. Évaluation et rapport de situation du COSEPAC sur la mouette blanche (*Pagophila eburnea*) au Canada. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa, ON. 42 p.
16. Gaston, A.J., Woo, K. et Hipfner, J.M. 2003. Trends in forage fish populations in northern Hudson Bay since 1981, as determined from the diet of nestling thick-billed murres *Uria lomvia*. *Arctic* 56:227-233.
17. Gaston, A.J., Gilchrist, H.G. et Hipfner, J.M. 2005. Climate change, ice conditions and reproduction in an Arctic nesting marine bird: Brunnich's guillemot (*Uria lomvia* L.). *Journal of Animal Ecology* 74:832-841.
18. Gaston, A.J., Gilchrist, H.G., Mallory, M.L. et Smith, P.A. 2009. Changes in seasonal events, peak food availability and consequent breeding adjustment in a marine bird: a case of progressive mis-matching. *The Condor* 111:111-119.
19. Gaston, A.J., Bertram, D.F., Boyne, A.W., Chardine, J.W., Davoren, G., Diamond, A.W., Hedd, A., Montevecchi, W.A., Hipfner, J.M., Lemon, M.J.F., Mallory, M.L., Rail, J.-F. et Robertson, G.J. 2009. Changes in Canadian seabird populations and ecology since 1970 in relation to changes in oceanography and food webs. *Dossiers environnement* 17:267-286.
20. The Arctic Council. 2009. Arctic marine shipping assessment: scenarios of the future. Institute of the North, AMSA, Arctic Council et PAME. 189 p.
21. Obbard, M.E., Cattet, M.R.L., Moody, T., Walton, L.R., Potter, D., Inglis, J. et Chenier, C. 2006. Temporal trends in the body condition of southern Hudson Bay polar bears. *Climate Change Research Information Note N° 3*. Ministère des Richesses naturelles de l'Ontario. ON. 8 p.
22. Thiemann, G.W., Iverson, S.J. et Stirling, I. 2008. Polar bear diets and Arctic marine food webs: insights from fatty acid analysis. *Ecological Monographs* 78:591-613.
23. Stirling, I., Lunn, N.J., Iacozza, J., Elliott, C. et Obbard, M. 2004. Polar bear distribution and abundance on southwestern Hudson Bay coast during open water season, in relation to population trends and annual ice patterns. *Arctic* 57:15-26.
24. Gagnon, A.S. et Gough, W.A. 2005. Trends in the dates of ice freeze-up and breakup over Hudson Bay, Canada. *Arctic* 58:370-382.
25. Obbard, M.E. 2007. Ontario polar bear report for the Federal-Provincial Polar Bear Technical Committee. Ontario Ministry of Natural Resources, Wildlife Research and Development Section. Peterborough, ON. 14 p.
26. Regehr, E.V., Lunn, N.J., Amstrup, S.C. et Stirling, I. 2007. Effects of earlier sea ice breakup on survival and population size of polar bears in western Hudson Bay. *Journal of Wildlife Management* 71:2673-2683.
27. Stirling, I., Lunn, N.J. et Iacozza, J. 1999. Long-term trends in the population ecology of polar bears in western Hudson Bay in relation to climatic change. *Arctic* 52:294-306.
28. COSEPAC. 2008. Évaluation et rapport de situation du COSEPAC sur l'ours blanc (*Ursus maritimus*) au Canada. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa, ON. 84 p.
29. UNEP et WGMS. 2008. Global glacier changes: facts and figures. United Nations Environment Programme et World Glacier Monitoring Service. Nairobi et Zurich. 88 p.
30. Barrand, N.E. et Sharp, M.J. 2010. Sustained rapid shrinkage of Yukon glaciers since the 1957-1958 International Geophysical Year. *Geophysical Research Letters* 37:5.
31. Haggarty, D. et Tate, D. 2009. Réserve de parc national Nahanni: Rapport sur l'état du parc 2009. Parcs Canada. 67 p.
32. Demuth, M.N., Pinard, V., Pietroniro, A., Luckman, B.H., Hopkinson, C., Dornes, P. et Comeau, L. 2008. Recent and past-century variations in the glacier resources of the Canadian Rocky Mountains – Nelson River System. *Terra Glacialis Special Issue: mountain glaciers and climate changes of the last century*:27-52.
33. Petts, G.E., Gurnell, A.M. et Milner, A.M. 2006. Eco-hydrology: new opportunities for research on glacier fed rivers. *Dans Peyto Glacier: one century of science*. Demuth, M.N., Munro, D.S. et Young, G.J. (éds.). pp. 255-275.
34. Milner, A.M., Brown, L.E. et Hannah, D.M. 2009. Hydroecological response of river systems to shrinking glaciers. *Hydrological Processes* 23:62-77.
35. Moore, R.D. et Demuth, M.N. 2001. Mass balance and streamflow variability at Place Glacier, Canada, in relation to recent climate fluctuations. *Hydrological Processes* 15:3473-3486.
36. Ressources naturelles Canada. 2009. Atlas de l'Amérique du Nord – Glaciers [en ligne]. <http://www.geogratis.ca/geogratis/fr/option/select.do?id=B2BA9B9F-3890-EB98-4E47-D12D0964B9AB> (consulté le 4 juillet 2010).
37. Burgess, D.O. et Koerner, R.M. 2009. Glacier mass balance observations for Devon Ice Cap NW Sector, NU, Canada (updated to 2007); spatially referenced data set contribution to the National Glacier-Climat Observing System, State and Evolution of Canada's Glaciers [en ligne]. Commission géologique du Canada. http://pathways.geosemantica.net/WSHome.aspx?ws=NGP_SECG&locale=en-CA (consulté le 4 juillet 2010).
38. Demuth, M.N., Sekerka, J. et Bertollo, S. 2009. Glacier mass balance observations for Peyto Glacier, Alberta, Canada (updated to 2007); spatially referenced data set contribution to the National Glacier-Climat Observing System, State and Evolution of Canada's Glaciers [en ligne]. Commission géologique du Canada. http://pathways.geosemantica.net/WSHome.aspx?ws=NGP_SECG&locale=en-CA (consulté le 4 juillet 2010).
39. Demuth, M.N., Sekerka, J., Bertollo, S. et Shea, J. 2009. Glacier mass balance observations for Place Glacier, British Columbia, Canada (updated to 2007); spatially referenced data set contribution to the National Glacier-Climat Observing System, State and Evolution of Canada's Glaciers [en ligne]. Commission géologique du Canada. http://pathways.geosemantica.net/WSHome.aspx?ws=NGP_SECG&locale=en-CA (consulté le 4 juillet 2010).

40. Demuth, M.N., Sekerka, J., Bertollo, S. et Shea, J. 2009. Glacier mass balance observations for Helm Glacier, British Columbia, Canada (updated to 2007); spatially referenced data set contribution to the National Glacier-Climatic Observing System, State and Evolution of Canada's Glaciers [en ligne]. Commission géologique du Canada. http://pathways.geosemantica.net/WSHome.aspx?ws=NGP_SECG&locale=en-CA (consulté le 4 juillet 2010).
41. Zhang, X., Brown, R., Vincent, L., Skinner, W., Feng, Y. et Mekis, E. 2010. Tendances climatiques au Canada, 1950-2007. Biodiversité canadienne : État et tendances des écosystèmes en 2010, série de rapports techniques thématiques N° 5. Les Conseils canadiens des ministres des ressources. Ottawa, ON. Sous presse.
42. Schindler, D.W., Beatty, K.G., Fee, E.J., Cruikshank, D.R., DeBruyn, E.R., Findlay, D.L., Linsey, G.A., Shearer, J.A., Stainton, M.P. et Turner, M.A. 1990. Effects of climatic warming on lakes of the central boreal forest. *Science* 250:967-970.
43. Duguay, C.R., Prowse, T.D., Bonsal, B.R., Brown, R.D., Lacroix, M.P. et Menard, P. 2006. Recent trends in Canadian lake ice cover. *Hydrological Processes* 20:781-801.
44. Monk, W.A., Baird, D.J., Curry, R.A., Glozier, N. et Peters, D.L. 2010. Rapport sur l'état et les tendances des écosystèmes : Biodiversité dans les rivières et lacs du Canada. Biodiversité canadienne : État et tendances des écosystèmes en 2010, série de rapports techniques thématiques N° 20. Les Conseils canadiens des ministres des ressources. Ottawa, ON. Sous presse.
45. ACIA. 2005. Arctic climate impact assessment. Cambridge University Press. New York, NY. 1042 p.
46. Ontario Biodiversity Council. 2010. State of Ontario's biodiversity 2010. A report of the Ontario Biodiversity Council. Peterborough, ON. 121 p.
47. Edsall, T.A. et Charlton, M.N. 1997. Nearshore waters of the Great Lakes. Environnement Canada et U.S. Environmental Protection Agency. 162 p.
48. King, J.R., Shuter, B.J. et Zimmerman, A.P. 1999. Empirical links between thermal habitat, fish growth, and climate change. *Transactions of the American Fisheries Society* 128:656-665.
49. 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.
50. Smith, S. 2010. Tendances relatives aux conditions du pergélisol et à l'écologie dans le nord du Canada. Biodiversité canadienne : État et tendances des écosystèmes en 2010, série de rapports techniques thématiques N° 9. Les Conseils canadiens des ministres des ressources. Ottawa, ON. Sous presse.
51. 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.
52. Smith, S.L., Romanovsky, V.E., Lewkowicz, A.G., Burn, C.R., Allard, M., Clow, G.D., Yoshikawa, K. et Throop, J. 2010. Thermal state of permafrost in North America: a contribution to the International Polar Year. *Permafrost and Periglacial Processes* 21:117-135. doi:10.1002/ppp.690.
53. James, M. 2010. Historic change in permafrost distribution in northern British Columbia and southern Yukon, Canada. Mémoire de maîtrise. Department of Geography, University of Ottawa. Ottawa, ON.
54. 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.
55. Camill, P. 2005. Permafrost thaw accelerates in boreal peatlands during late-20th century climate warming. *Climatic Change* 68:135-152.
56. Beaulieu, N. et Allard, M. 2003. The impact of climate change on an emerging coastline affected by discontinuous permafrost: Manitousuk Strait, Northern Québec. *Revue canadienne des sciences de la Terre* 40:1393-1404.
57. Vallée, S. et Payette, S. 2007. Collapse of permafrost mounds along a subarctic river over the last 100 years (northern Québec). *Geomorphology* 90:162-170.
58. Fortier, R. et Aub-Maurice, B. 2008. Fast permafrost degradation near Umiuqaj in Nunavik (Canada) since 1957 assessed from time-lapse aerial and satellite photographs. 9th International Conference on Permafrost. Kane, D.L. et Hinkel, K.M. (éds.). Institute of Northern Engineering, University of Alaska Fairbanks. Fairbanks, AK. Vol. 1, pp. 457-462.
59. 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.
60. Jorgenson, M.T. et Osterkamp, T.E. 2005. Response of boreal ecosystems to varying modes of permafrost degradation. *Revue canadienne de recherche forestière* 35:2100-2111.
61. Payette, S., Delwaide, A., Caccianiga, M. et Beauchemin, M. 2004. Accelerated thawing of subarctic peatland permafrost over the last 50 years. *Geophysical Research Letters* 31:L18208.
62. Thibault, S. et Payette, S. 2009. Recent permafrost degradation in bogs of the James Bay area, northern Québec, Canada. *Permafrost and Periglacial Processes* 20:383-389.
63. Marsh, P. et Neumann, N.N. 2001. Processes controlling the rapid drainage of two ice-rich permafrost-dammed lakes in NW Canada. *Hydrological Processes* 15:3433-3446.
64. Woo, M.K., Young, K.L. et Brown, L. 2006. High Arctic patchy wetlands: hydrologic variability and their sustainability. *Physical Geography* 27:297-307.
65. Woo, M.K. et Young, K.L. 2006. High Arctic wetlands: their occurrence, hydrological characteristics and sustainability. *Journal of Hydrology* 320:432-450.
66. Lantz, T.C. et Kokelj, S.V. 2008. Increasing rates of retrogressive thaw slump activity in the Mackenzie Delta region, NWT, Canada. *Geophysical Research Letters* 35:L06502. doi:10.1029/2007GL032433.
67. Marsh, P., Russell, M., Pohl, S., Haywood, H. et Onclin, C. 2009. Changes in thaw lake drainage in the Western Canadian Arctic from 1950 to 2000. *Hydrological Processes* 23:145-158.
68. Kershaw, G.P. 2003. Permafrost landform degradation over more than half a century, Macmillan/Caribou Pass region, NWT/Yukon, Canada. Dans *Proceedings of 8th International Conference on Permafrost*. Phillips, M., Springman, S.M. et Aronson, L.U. (éds.). A.A. Balkema, Lisse, CH. pp. 543-548.

69. Heginbottom, J.A., Dubreuil, M.A. et Harker, P.A.C. 1995. Pergélisol (carte) Dans 5^e édition, 1978 à 1995, l'atlas national du Canada. Commission géologique du Canada, Ressources naturelles Canada. Ottawa.
70. Halsey, L.A., Vitt, D.H. et Zoltai, S.C. 1995. Disequilibrium response of permafrost in boreal continental western Canada to climate change. *Climatic Change* 30:57-73.
71. Kanigan, J.C.N. 2007. Variation of mean annual ground temperature in spruce forests of the Mackenzie Delta, Northwest Territories. Mémoire de maîtrise. Geography Department, Carleton University. 131 p.
72. Kanigan, J.C.N., Bum, C.R. et Kokelj, S.V. 2008. Permafrost response to climate warming south of treeline, Mackenzie Delta, Northwest Territories, Canada. 9th International Conference on Permafrost. Kane, D.L. et Hinkel, K.M. (éds.). Institute of Northern Engineering, University of Alaska Fairbanks. Fairbanks, AK. Vol. 1, pp. 901-906.
73. Burgess, M.M. et Smith, S.L. 2000. Shallow ground temperatures. Dans *The Physical environment of the Mackenzie Valley, Northwest Territories: a baseline for the assessment of environmental change*. Dyke, L.D. et Brooks, G.R. (éds.). Bulletin 547, Commission géologique du Canada. pp. 89-103.
74. Goodrich, L.E. 1982. The influence of snow cover on the ground thermal regime. *Revue canadienne de géotechnique* 19:421-432.
75. Smith, S.L., Burgess, M.M. et Riseborough, D. 2008. Ground temperature and thaw settlement in frozen peatlands along the Norman Wells pipeline corridor, NWT Canada – 22 years of monitoring. 9th International Conference on Permafrost. Kane, D.L. et Hinkel, K.M. (éds.). Institute of Northern Engineering, University of Alaska Fairbanks. Fairbanks, AK. pp. 1665-1670.
76. Allard, M., Fortier, R., Gagnon, O. et Michaud, Y. 2004. Problématique du développement du village de Salluit, Nunavik, rapport final. Centre d'études nordiques, Université Laval. Québec, QC. 121 p.
77. Ouranos. 2004. Adapting to climate change. Consortium on Regional Climatology and Adaptation to Climate Change. Montréal, QC. 83 p.
78. Chouinard, C., Fortier, R. et Mareschal, J.C. 2007. Recent climate variations in the subarctic inferred from three borehole temperature profiles in northern Québec, Canada. *Earth and Planetary Science Letters* 263:355-369.
3. Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique. 2010. Perspectives mondiales de la diversité biologique 3. Convention sur la diversité biologique. Montréal, QC. 94 p.
4. Parcs Canada. 2010. Fiche d'information : L'établissement de la réserve d'aire marine nationale de conservation et site du patrimoine Haïda Gwaii Haanas [en ligne]. Parcs Canada. http://www.pc.gc.ca/apps/cp-nr/release_fasp?bgid=1352&andorl=bg (consulté le 31 août 2010).
5. World Wildlife Fund. 2010. Today's Gwaii Haanas announcement sets the stage for new model of oceans stewardship [en ligne]. World Wildlife Fund. <http://www.wwf.ca/newsroom/?7380/Todays-Gwaii-Haanas-Announcement-Sets-the-Stage-for-New-Model-of-Oceans-Stewardship> (consulté le 31 août 2010). Communiqué de presse.
6. Pêches et Océans Canada. 2008. Zone de protection marine : Le Gully [en ligne]. <http://www.dfo-mpo.gc.ca/oceans/marineareas-zonesmarines/mpa-zpm/atlantic-atlantique/factsheets-feuillets/gully-fra.htm> (consulté le 31 août 2010).
7. Pêches et Océans Canada. 2004. Fiche d'information : Zone de protection marine du Gully [en ligne]. <http://www.dfo-mpo.gc.ca/media/back-fiche/2004/hq-ac61a-fr> (consulté le 31 août 2010).
8. Pêches et Océans Canada. 2010. Règlement (Zone de protection marine du Gully) [en ligne]. <http://www.mar.dfo-mpo.gc.ca/f001043> (consulté le 31 août 2010).
9. Latour, P.B., Leger, J., Hines, J.E., Mallory, M.L., Mulders, D.L., Gilchrist, H.G., Smith, P.A. et Dickson, D.L. 2008. Habitats terrestres clés pour les oiseaux migrants dans les Territoires du Nord-Ouest et au Nunavut, première édition française. Publication hors série n° 114 N° 114. Gaston, A.J. (éd.). Environnement Canada, Service canadien de la faune.
10. Government of British Columbia. 2010. Land and Resource Management Planning [en ligne]. http://www.llbc.leg.bc.ca/public/pubdocs/bcdocs/403777/management_planning.pdf (consulté le 31 août 2010).

9. Intendance

1. The Centre for Environmental Stewardship and Conservation. 2009. La situation actuelle de l'intendance au Canada. Centre canadien de gérance des terres. Edmonton, AB. 45 p.
2. The Centre for Environmental Stewardship and Conservation 2009. A stewardship road map for Canada. Proceedings of Strengthening Stewardship. Investing at Every Step Conference. Calgary, AB. September 2009. The Land Stewardship Centre of Canada (éd.). Edmonton, AB. 42 p.
3. Groupe de travail fédéral-provincial-territorial sur l'intendance. 2002. Programme d'intendance du Canada : Lier naturellement les Canadiennes et les Canadiens – Une initiative fédérale-provinciale-territoriale. Environnement Canada. Ottawa, ON. 8 p.
4. Marine Stewardship Council. 2010. Certification pêcheries [en ligne]. <http://www.msc.org/certification-msc/certification-pecheries> (consulté le 8 juillet 2010).

INTERACTIONS HUMAINS-ÉCOSYSTÈMES

8. Aires protégées

1. Union internationale pour la conservation de la nature et de ses ressources. 2008. Lignes directrices pour l'application des catégories de gestion aux aires protégées. Dudley, N. (éd.). UICN. Gland, Suisse. 96 p.
2. Environnement Canada. 2009. Analyse des données par écozone⁺ non publiée de : Système de rapport et de suivi des aires de conservation (SRSA), v.2009.05 [en ligne]. Conseil canadien des aires écologiques. <http://ccea.org> (consulté le 5 novembre 2009).

5. Northwest Atlantic Fisheries Organization. 2009. Northwest Atlantic Fisheries Organization conservation and enforcement measures. NAFO/FC Doc N° 10/1. Northwest Atlantic Fisheries Organization. 95 p.
6. Fisheries Council of Canada. 2008. Avoiding and eliminating by-catch [en ligne]. Fisheries Council of Canada. <http://www.fisheriescouncil.ca/page.cfm?ID=5> (consulté le 8 juillet 2010).
7. Agriculture et agroalimentaire Canada. 2010. Dérivé de Enquête sur la gestion agroenvironnementale 2006, Statistique Canada. Direction générale des services agroenvironnementaux, Agriculture et Agroalimentaire Canada. Ottawa, ON. Sous presse.
8. Metafore's Forest Certification Resource Centre. 2009. CFM certification in Canada 1999-2009 [en ligne]. <http://www.certifiedwood.org> (consulté le 23 octobre 2009).
9. L'Équipe d'évaluation scientifique de la biodiversité. 1994. La biodiversité au Canada : Évaluation scientifique pour Environnement Canada. Environnement Canada. Ottawa, ON. 275 p.
10. Stewardship Centre for British Columbia. 2010. Stewardship centre for British Columbia [en ligne]. <http://www.stewardshipcentre.bc.ca/> (consulté le 14 avril 2010).
11. Plan nord-américain de gestion de la sauvagine. 2004. Renforcer les fondements biologique : 2004 orientation stratégique. Environnement Canada, Service canadien de la faune, U.S. Fish and Wildlife Service, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Canada. 22 p.
12. Statistique Canada. 2010. CANSIM Tableau 001-0017 : Estimation de la superficie, du rendement, de la production, du prix moyen à la ferme et de la valeur totale à la ferme des principales grandes cultures, en unités impériales, annuel. Ensemencée de blé d'hiver pour les provinces des Prairies [en ligne]. Statistique Canada. http://cansim2.statcan.ca/cgi-win/cnsmcgi.pgm?regtk=&C2Sub=&ARRAYID=10017&C2DB=PRD&VEC=&LANG=F&SDDSLOC=//www.statcan.ca/francais/sdds/*_f.htm&ROOTDIR=CII/&RESULTTEMPLATE=CII/CII_PICK&ARRAY_PICK=1&SDDSID=&SDDSDESC (consulté le 8 juillet 2010).
13. Plan nord-américain de gestion de la sauvagine. 2010. Système national de suivi du Canada. Environnement Canada. Ottawa, ON.
14. Campbell, L. et Rubec, C.D.A. 2006. Land trusts in Canada: building momentum for the future. Wildlife Habitat Canada. Ottawa, ON. 26 p.
15. Canadian Land Trust Alliance. 2010. 2010 CLTA land trust census final report. Canadian Land Trust Alliance.
16. Good, K. et Michalsky, S. 2010. Summary of Canadian experience with conservation easements and their potential application to agri-environmental policy. Agriculture et Agroalimentaire Canada. Ottawa, ON. Sous presse.
17. Ministère des Richesses naturelles. 2009. Programme d'encouragement fiscal pour les forêts aménagées [en ligne]. Gouvernement de l'Ontario. http://www.mnr.gov.on.ca/fr/Business/Forests/2ColumnSubPage/STEL02_168540.html (consulté le 14 octobre 2010).
18. Ministère des Richesses naturelles. 2010. Programme d'encouragement fiscal pour les terres protégées [en ligne]. Gouvernement de l'Ontario. <http://www.mnr.gov.on.ca/fr/Business/CLTIP/index.html> (consulté le 5 novembre 2009).
19. Ontario Ministry of Natural Resources. 2008. Participation aux programmes d'incitation fiscale de l'Ontario. Données non publiées.
20. The Centre for Environmental Stewardship and Conservation. 2009. Examen des programmes et mesures d'intendance dans les provinces et territoires du Canada. Le ministère de l'Environnement de l'Alberta. Edmonton, AB. 114 p.
21. Berkes, F. 2009. Indigenous ways of knowing and the study of environmental change. *Journal of the Royal Society of New Zealand* 39:151-156.
22. Berkes, F., Mathias, J., Kislalioglu, M. et Fast, H. 2001. The Canadian Arctic and the Oceans Act: the development of participatory environmental research and management. *Ocean and Coastal Management* 44:451-469.
23. Gagnon, C.A. et Berteaux, D. 2009. Integrating Traditional Ecological Knowledge and ecological science: a question of scale. *Ecology and Society* 14: Article 19.
24. Government of Nunavut et Indian and Northern Affairs Canada. 2008. Nunavut Coastal Resource Inventory, Igloodik pilot project. Government of Nunavut. Iqaluit, NU.
25. Montevecchi, W.A., Coffey, J., Burke, C. et Chaffey, H. 2004. A conservation initiative: nest shelters for common eiders on islands in St. Peter's Bay, Labrador. *Cognitive and Behavioral Ecology, Psychology Department, and Coasts Under Stress*, Memorial University of Newfoundland. St. John's, NL.

10. Espèces non indigènes envahissantes

1. Conseil canadien pour la conservation des espèces en péril (CCCEP). *Espèces sauvages 2010 : La situation générale des espèces au Canada*. Groupe de travail national sur la situation générale. Sous presse.
2. Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique. 2006. *Perspectives mondiales de la diversité biologique*, deuxième édition. Montréal, QC. 83 p.
3. Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique. 2010. *Perspectives mondiales de la diversité biologique 3*. Convention sur la diversité biologique. Montréal, QC. 94 p.
4. Johannessen, S.C. et McCarter, B. 2010. *Ecosystems status and trends report for the Strait of Georgia Ecozone⁺*. Secrétariat canadien de consultation scientifique du MPO, Document de recherche N° 2010/010. Pêches et Océans Canada. vi + 45 p.
5. Moulard, D. 2008. *Overview of aquatic invasive species (AIS) prepared for The Exotic and Invasive Species Workshop-Comer Brook*, Jan 22-23, 2008. Newfoundland and Labrador Department of Fisheries and Aquaculture. Comerbrook, NL. 8 p.

6. MacNair, N., Mills, C., Gillis, B., Smith M., Landry, T., Locke, A., Smith, A., Davidson, J. et Warris, P. 2010. History of the tunicate invasions in PEI, their impact on the cultured mussel industry and mitigation strategies employed since 1998 [en ligne]. Woods Hole Oceanographic Institution. <http://www.whoi.edu/page.do?pid=17276&tid=282&cid=33372> (consulté le 8 septembre 2010).
7. Locke, A., Hanson, J.M., Ellis, K.M., Thompson, J. et Rochette, R. 2007. Invasion of the southern Gulf of St. Lawrence by the clubbed tunicate (*Styela clava* Herdman): potential mechanisms for invasions of Prince Edward Island estuaries. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 342:69-77.
8. Gillespie, G.E., Phillips, A.C., Paltzat, D.L. et Thériault, T.W. 2007. Status of the European green crab, *Carcinus maenas*, in British Columbia – 2006. Rapports techniques canadiens des sciences halieutiques et aquatiques N° 2700. Pêches et Océans Canada. vii + 39 p.
9. Schindler, D.W. 2001. The cumulative effects of climate warming and other human stresses on Canadian freshwater in the new millennium. *Journal canadien des sciences halieutiques et aquatiques* 58:18-29. doi:10.1139/cjfas-58-1-18.
10. Ricciardi, A. 2001. Facilitative interactions among aquatic invaders: is an "invasional meltdown" occurring in the Great Lakes? *Journal canadien des sciences halieutiques et aquatiques* 58:2513-2525.
11. Commission des Grands Lacs. 2007. Great Lakes aquatic invasions. Aquatic invasive species prevention and control: outreach, research, management and policy. Environmental Protection Agency. 11 p.
12. Great Lakes Aquatic Nonindigenous Species Information System (GLANSIS). 2009. Great Lakes nonindigenous species list [en ligne]. National Oceanic and Atmospheric Administration. http://www.glerl.noaa.gov/res/Programs/glansis/great_lakes_list.html (consulté le 20 novembre 2009).
13. Environnement Canada et U.S. Environmental Protection Agency. 2009. État des Grands Lacs 2009 faits saillants. 13 p.
14. Metcalfe-Smith, J.L., Zanatta, D.T., Masteller, E.C., Dunn, H.L., Nichols, S.J., Marangelo, P.J. et Schloesser, D.W. 2002. Some nearshore areas in Lake Erie and Lake St. Clair provide refuge for native freshwater mussels (Unionidae) from the impacts of invading zebra and quagga mussels (*Dreissena* spp.). IAGLR 2002 Conference. University of Manitoba. Winnipeg, Manitoba. June 2-6, 2002.
15. Environnement Canada et U.S. Environmental Protection Agency. 2009. État des Grands Lacs 2009. 469 p.
16. Schloesser, D.W. et Nalepa, T.F. 1994. Dramatic decline of unionid bivalves in offshore waters of western Lake Erie after infestation by the zebra mussel, *Dreissena polymorpha*. *Journal canadien des sciences halieutiques et aquatiques* 51:2234-2242.
17. Nalepa, T.F., D.J.Hartson, G.W.Gostenik, D.L.Fanslow et G.A.Lang. 1996. Changes in the freshwater mussel community of Lake St. Clair: from Unionidae to *Dreissena polymorpha* in eight years. *Journal of Great Lakes Research* 22:354-369.
18. Bogan, A.E. 1993. Freshwater bivalve extinctions (Mollusca: Unionidae): a search for causes. *American Zoology* 33:599-609.
19. Morris, T.J. et Edwards, A. 2007. Freshwater mussel communities of the Thames River, Ontario 2004-2005. Rapports manuscrits canadiens des sciences halieutiques et aquatiques N° 2810. Pêches et Océans Canada. 28 p.
20. Leighton, F.A. 2010. Pathogènes et maladies de la faune au Canada. Biodiversité canadienne : État et tendances des écosystèmes en 2010, série de rapports techniques thématiques N° 7. Les Conseils canadiens des ministres des ressources. Ottawa, ON. Sous presse.
21. Santé Canada. 2003. Average summer temperatures and incidence of West Nile virus in Canada. [carte].
22. McLean, R.G. et Ubico, S.R. 2007. Arboviruses in birds. *Dans Infectious diseases of wild birds*. Thomas, N.J., Hunter, D.B. et Atkinson, C.T. (éds.). Blackwell Publishing. Ames, IA. Chapitre 2. pp. 17-62.
23. Centre Canadien Coopératif de la Santé de la Faune. 2010. West Nile virus [en ligne]. http://www.ccwhc.ca/west_nile_virus.php (consulté le 31 juillet 2010).
24. Weldon, C., du Preez, L., Hyatt, A., Muller, R. et Speare, R. 2004. Origin of the amphibian chytrid fungus. *Emerging Infectious Diseases* 10:2100-2105.
25. Skerratt, L.F., Berger, L., Speare, R., Cashins, S., McDonald, K.R., Phillott, A.D., Hines, H.B. et Kenyon, N. 2007. Spread of chytridiomycosis has caused the rapid global decline and extinction of frogs. *Ecohealth* 4:125-134.
26. Kilpatrick, A.M., Briggs, C.J. et Daszak, P. 2010. The ecology and impact of chytridiomycosis: an emerging disease of amphibians. *Trends in Ecology and Evolution* 25:109-118.
27. Daszak, P., Cunningham, A.A. et Hyatt, A.D. 2003. Infectious disease and amphibian population declines. *Diversity and Distributions* 9:141-150.
28. Carey, C., Cohen, N. et Rollins-Smith, L. 1999. Amphibian declines: an immunological perspective. *Developmental and Comparative Immunology* 23:427-458.
29. Gantress, J., Maniero, G.D. et Cohen, N. 2003. Development and characterization of a model system to study amphibian immune responses to iridoviruses. *Virology* 311:254-262.
30. Relyea, R. 2009. A cocktail of contaminants: how mixtures of pesticides at low concentrations affect aquatic communities. *Oecologia* 159:363-376.
31. Ouellet, M., Mikaelian, I., Pauli, B., Rodrigue, J. et Green, D. 2005. Historical evidence of widespread chytrid infection in North American amphibian populations. *Conservation Biology* 19:1431-1440. doi:10.1111/j.1523-1739.2005.00108.x.
32. Centre Canadien Coopératif de la Santé de la Faune. 2008. Canada's national wildlife disease database [en ligne]. http://www.ccwhc.ca/ccwhc_database.php (consulté le 23 janvier 2009).
33. Forzán, M.J., Vanderstichel, N.S., Hogan, N.S., Teather, K. et Wood, J. 2010. Prevalence of *Batrachochytrium dendrobatidis* in three species of wild frogs on Prince Edward Island, Canada. *Diseases of Aquatic Organisms* 91:91-96. doi:10.3354/dao02244.
34. Olson, D.H. 2009. Herpetological conservation in northwestern North America. *Northwestern Naturalist* 90:61-96.

35. Schock, D.M., Ruthig, G.R., Collins, J.P., Kutzl, S.J., Carrière, S., Gau, R.J., Veitch, A.M., Larter, N.C.T.D.P., Guthrie, G.A.D.G. et Popko, R.A. 2009. Amphibian chytrid fungus and ranaviruses in the Northwest Territories, Canada. *Diseases of Aquatic Organisms* DAO Special 4:10. doi:10.3354/dao02134.
36. Agence canadienne d'inspection des aliments. 2010. Plantes exotiques envahissantes au Canada – Rapport technique [en ligne]. <http://www.inspection.gc.ca/francais/plaveg/invenv/techrpt/techresf.shtml> (consulté le 13 septembre 2010).
37. Agence canadienne d'inspection des aliments. 2008. Plantes exotiques envahissantes au Canada – Rapport sommaire [en ligne]. <http://www.inspection.gc.ca/francais/plaveg/invenv/techrpt/summresf.shtml> (consulté le 13 septembre 2010).
38. Blossey, B., Skinner, L.C. et Taylor, J. 2001. Impact and management of purple loosestrife (*Lythrum salicaria*) in North America. *Biodiversity and Conservation* 10:1787-1807.
39. Hudon, C., Gagnon, P. et Jean, M. 2005. Hydrological factors controlling the spread of common reed (*Phragmites australis*) in the St. Lawrence River (Québec, Canada). *Écoscience* 12:347-357.
40. Catling, P.M. et Mitrow, G. 2010. The recent spread and potential distribution of *Phragmites australis* ssp. *australis* in Canada. *Canadian Field-Naturalist*. Sous presse.
41. Saltonstall, K. 2002. Cryptic invasion by a non-native genotype of the common reed, *Phragmites australis*, into North America. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 99:2445-2449.
42. Maheu-Giroux, M. et DeBlois, D. 2007. Landscape ecology of *Phragmites australis* invasion in networks of linear wetlands. *Landscape Ecology* 22:285-301.
43. Chambers, R.M., L.A.Meyerson et K.Saltonstall. 1999. Expansion of *Phragmites australis* into tidal wetlands of North America. *Aquatic Botany* 64:261-273.
44. Meyer, D.L., Johnson, J.M. et Gill, J.W. 2001. Comparison of nekton use of *Phragmites australis* and *Spartina alterniflora* marshes in the Chesapeake Bay, USA. *Marine Ecology-Progress Series* 209:71-84.
4. Environnement Canada et U.S. Environmental Protection Agency. 2009. *État des Grands Lacs* 2009. 469 p.
5. Wong, C.S.C., Duzgoren-Aydin, N.S., Aydin, A. et Wong, M.H. 2006. Sources and trends of environmental mercury emissions in Asia. *Science of the Total Environment* 368:649-662.
6. COSEPAC. 2007. Évaluation et rapport de situation du COSEPAC sur le faucon pèlerin (*Falco peregrinus*) de la sous-espèce pealei (*Falco peregrinus pealei*) et anatum/tundrius (*Falco peregrinus anatum/tundrius*) au Canada – Mise à jour. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa, ON. 55 p.
7. Elliott, J.E., Miller, M.J. et Wilson, L.K. 2005. Assessing breeding potential of peregrine falcons based on chlorinated hydrocarbon concentrations in prey. *Environmental Pollution* 134:353-361.
8. Stern, G.A. 2009. Temporal trend studies of trace metals and halogenated organic contaminants (HOCs), including new and emerging persistent compounds, in Mackenzie River burbot, Fort Good Hope, NWT. *Dans* Synopsis of research conducted under the 2008-2009 Northern Contaminants program. Smith, S., Stow, J. et Edwards, J. (éds.). Affaires indiennes et du Nord Canada. Ottawa, ON. pp. 164-171.
9. Braune, B.M. 2007. Temporal trends of organochlorines and mercury in seabird eggs from the Canadian Arctic, 1975-2003. *Environmental Pollution* 148:599.
10. Stern, G. 2009. Temporal trends of halogenated organic compounds in Canadian Arctic beluga. *Dans* Synopsis of research conducted under the 2008-2009 Northern Contaminants Program. Smith, S., Stow, J. et Edwards, J. (éds.). Affaires indiennes et du Nord Canada. Ottawa, ON. pp. 123-130.
11. Tomy, G. 2009. Temporal trends of halogenated chemicals of emerging concern in beluga whales (*Delphinapterus leucas*) from Hendrickson Island and Pangiirtung. *Dans* Synopsis of research conducted under the 2008-2009 Northern Contaminants Program. Smith, S., Stow, J. et Edwards, J. (éds.). Affaires indiennes et du Nord Canada. Ottawa, ON. pp. 99-107.
12. Environnement Canada. 2009. Concentrations de contaminants chez les espèces sauvages calculées à partir des données fournies par le Service canadien de la faune et par Pêches et Océans Canada. Données non publiées.
13. Carlson, D.L., De Vault, D.S. et Swackhamer, D.L. 2010. On the rate of decline of persistent organic contaminants in lake trout (*Salvelinus namaycush*) from the Great Lakes, 1970-2003. *Environmental Science and Technology* 44:2004-2010.
14. Ismail, N., Gewurtz, S.B., Pleskach, K., Whittle, D.M., Helm, P.A., Marvin, C.H. et Tomy, G.T. 2009. Brominated and chlorinated flame retardants in Lake Ontario, Canada, lake trout (*Salvelinus namaycush*) between 1979 and 2004 and possible influences of food-web changes. *Environmental Toxicology and Chemistry* 28:910-920.
15. Couillard, C.M., Macdonald, R.W., Courtenay, S.C. et Palace, V.P. 2008. Chemical-environment interactions affecting the risk of impacts on aquatic organisms: a review with a Canadian perspective – interactions affecting exposure. *Dossiers environnement* 16:1-17.

11. Contaminants

1. Arctic Monitoring and Assessment Programme. 2009. AMAP assessment 2009: human health in the Arctic. Arctic Monitoring and Assessment Programme. Oslo, Norvège. 256 p.
2. Hickie, B.E., Ross, P.S., Macdonald, R.W. et Ford, J.K.B. 2007. Killer whales (*Orcinus orca*) face protracted health risks associated with lifetime exposure to PCBs. *Environmental Science and Technology* 41:6613-6619.
3. Letcher, R., Bustnes, J.O., Dietz, R., Jenssen, B.M., Jorgensen, E.H., Sonne, C., Verreault, J., Vijayan, M. et Gabrielsen, G.W. 2010. Exposure and effects assessment of persistent organohalogen contaminants in arctic wildlife and fish. *Science of the Total Environment* 408:2995-3043.

16. Kelly, E.N., Schindler, D.W., St Louis, V.L., Donald, D.B. et Vlacicka, K.E. 2006. Forest fire increases mercury accumulation by fishes via food web restructuring and increased mercury inputs. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 103:19380-19385.
17. Couillard, C.M., Courtenay, S.C. et Macdonald, R.W. 2008. Chemical-environment interactions affecting the risk of impacts on aquatic organisms: a review with a Canadian perspective – interactions affecting vulnerability. *Dossiers environnement* 16:19-44.
18. McKinney, M.A., Peacock, E. et Letcher, R.J. 2009. Sea ice-associated diet change increases the levels of chlorinated and brominated contaminants in polar bears. *Environmental Science and Technology* 43:4334-4339.
19. Gouvernement du Canada et U.S. Environmental Protection Agency. 1995. *Les Grands Lacs : Atlas écologique et manuel des ressources, troisième édition* [en ligne]. Gouvernement du Canada, United States Environmental Protection Agency. <http://www.epa.gov/glnpo/atlas/index-f.html> (consulté le 15 août 2010).
20. Gewurtz, S.B., Bhavsar, S.P., Jackson, D.A., Fletcher, R., Awad, E., Moody, R. et Reiner, E.J. 2010. Temporal and spatial trends of organochlorines and mercury in fishes from the St. Clair River/Lake St. Clair corridor, Canada. *Journal of Great Lakes Research* 36:100-112.
21. Environnement Canada et Le ministère de l'Environnement de l'Ontario. 2002. *Les dépôts atmosphériques dans les Grands Lacs : Il y a quelque chose dans l'air. Accord Canada-Ontario concernant l'écosystème du bassin des Grands Lacs*. 4 p.
22. Champoux, L., Moisey, J. et Muir, D.C.G. 2010. Polybrominated diphenyl ethers, toxaphenes, and other halogenated organic pollutants in great blue heron eggs. *Environmental Toxicology and Chemistry* 29:243-249.
23. Gauthier, L.T., Hébert, C.E., Weseloh, D.V.C. et Letcher, R.J. 2008. Dramatic changes in the temporal trends of polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in herring gull eggs from the Laurentian Great Lakes: 1982-2006. *Environmental Science and Technology* 42:1524-1530.
24. Batterman, S., Chernyak, S., Gwynn, E., Cantonwine, D., Jia, C., Begnoche, L. et Hickey, J.P. 2007. Trends of brominated diphenyl ethers in fresh and archived Great Lakes fish (1979-2005). *Chemosphere* 69:444-457.
25. Environnement Canada et U.S. Environmental Protection Agency. 2005. *État des Grands Lacs 2005*. Gouvernements du Canada et des États-Unis d'Amérique. 305 p.
26. International Joint Commission. 2009. *Work group report on chemicals of emerging concern. Great Lakes Water Quality Agreement Priorities 2007-09 Series*. 15 p.
27. Environnement Canada. 2006. *Rapport d'évaluation écologique préalable sur le sulfonate de perfluorooctane, ses sels et ses précurseurs* [en ligne]. <http://www.ec.gc.ca/lcpe-cepa/default.asp?lang=Fr&n=D44ED61E-1> (consulté le 20 octobre 2009).
28. Kavanagh, R.J., Balch, G.C., Kiparissis, Y., Niimi, A.J., Sherry, J., Tinson, C. et Metcalf, D. 2004. Endocrine disruption and altered gonadal development in white perch (*Morone americana*) from the lower Great Lakes region. *Environmental Health Perspectives* 112:898-202.
29. Ross, P.S., Stern, G.A. et Lebeuf, M. 2007. *Trouble at the top of the food chain: environmental contaminants and health risks in marine mammals – a white paper on research priorities for Fisheries and Oceans Canada*. *Rapports techniques canadiens des sciences halieutiques et aquatiques N° 2734*. Pêches et Océans Canada. Sidney, BC. 30 p.
30. Breton, A.R., Fox, G.A. et Chardine, J.W. 2008. Survival of adult herring gulls (*Larus argentatus*) from a Lake Ontario colony over two decades of environmental change. *Waterbirds* 31:15-23.
31. Lebeuf, M., Noel, M., Trottier, S. et Measures, L. 2007. Temporal trends (1987-2002) of persistent, bioaccumulative and toxic (PBT) chemicals in beluga whales (*Delphinapterus leucas*) from the St. Lawrence Estuary, Canada. *Science of the Total Environment* 383:216-231.
32. Martineau, D., Lemberger, K., Dallaire, A., Labelle, P., Lipscomb, T.P., Michel, P. et Mikaelian, I. 2002. Cancer in wildlife, a case study: beluga from the St. Lawrence estuary, Québec, Canada. *Environmental Health Perspectives* 110:285-292.
33. Ross, P.S. 2006. Fireproof killer whales (*Orcinus orca*): flame-retardant chemicals and the conservation imperative in the charismatic icon of British Columbia, Canada. *Journal canadien des sciences halieutiques et aquatiques* 63:224-234.
34. Grant, S.C.H. et Ross, P.S. 2002. Southern resident killer whales at risk: toxic chemicals in the British Columbia and Washington environment. *Rapports techniques canadiens des sciences halieutiques et aquatiques N° 2412*. Pêches et Océans Canada. Sidney, BC. 111 p.
35. Ross, P.S., Ikononou, M.G., Barrett-Lennard, L.G. et Addison, R.F. 2000. High PCB concentrations in free-ranging Pacific killer whales, *Orcinus orca*: effects of age, sex and dietary preference. *Marine Pollution Bulletin* 40:504-515.
36. Krahn, M.M., Hanson, M.B., Schorr, G.S., Emmons, C.K., Burrows, D.G., Bolton, J.L., Baird, R.W. et Ylitalo, G.M. 2009. Effects of age, sex and reproductive status on persistent organic pollutant concentrations in "Southern Resident" killer whales. *Marine Pollution Bulletin* 58:1522-1529.

12. Charge en éléments nutritifs et efflorescences algales

1. Évaluation des écosystèmes pour le millénaire. 2005. *Ecosystems and human well-being: biodiversity synthesis*. Collection de l'évaluation des écosystèmes pour le millénaire. World Resources Institute. Washington, DC. 100 p.
2. Environnement Canada. 2010. *Indicateurs canadiens de durabilité de l'environnement : Qualité de l'eau* [en ligne]. <http://www.ec.gc.ca/indicateurs-indicators/default.asp?lang=Fr&n=68DE8F72-1> (consulté le 31 août 2010).
3. Codd, G.A., Lindsay, J., Young, F.M., Morrison, L.F. et Metcalf, J.S. 2005. *Harmful cyanobacteria: from mass mortalities to management measures*. Dans *Harmful cyanobacteria*. Aquatic Ecology Series. Huisman, J., Matthijs, H.C.P. et Visser, P.M. (éds.). Springer. Dordrecht, Pays-Bas. pp. 1-23.

4. Environnement Canada. 2008. Cyanobacteria in the Great Lakes-St. Lawrence Basin [en ligne]. http://www.qc.ec.gc.ca/csl/inf/inf073_e.html (consulté le 27 mai 2010).
5. Van Dolah, F.M. 2000. Marine algal toxins: origins, health effects, and their increased occurrence. *Environmental Health Perspectives* 108:133-141.
6. Diaz, R.J. et R.Rosenberg. 2008. Spreading dead zones and consequences for marine ecosystems. *Science* 321:926-929.
7. Hallegraeff, G. 2009. Impacts of climate change on harmful algal blooms [en ligne]. SciTopics: Research summaries by experts, Elsevier. http://www.scitopics.com/Impacts_of_Climate_Change_on_Harmful_Algal_Blooms.html (consulté le 1 août 2010).
8. Hall, R.I., Leavitt, P.R., Quinlan, R., Dixit, A.S. et Smol, J.P. 1999. Effects of agriculture, urbanization, and climate on water quality in the northern Great Plains. *Limnology and Oceanography* 44:739-756.
9. Lake Winnipeg Stewardship Board. 2006. Reducing nutrient loading to Lake Winnipeg and its watershed: our collective responsibility and commitment to action. Report to the Minister of Water Stewardship. 78 p.
10. 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.
11. 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.
12. Manitoba Water Stewardship. 2008. Water Quality Management Section. Données non publiées.
13. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs. 2009. Bilan des lacs et cours d'eau touchés par une fleur d'eau d'algues bleu-vert au Québec. De 2004 à 2008 [en ligne]. http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/algues-bv/bilan/liste_comparative.asp (consulté le 31 juillet 2009).
14. Zurawell, R. 2010. Cyanobacteria and cyanotoxins: Alberta's experience with a global issue. Alberta Environment. Présentation accessible sur le site : <http://www.msss.gouv.qc.ca/sujets/santepub/environnement/download.php?f=3832fe1a34056c4aa74ac90d8a8ec3d9>.
15. Northern River Basins Study. 1996. Northern River Basins Study: the legacy. Volume 1: collective findings. Alberta Department of the Environment, Environnement Canada, and Northwest Territories Department of Renewable Resources. Edmonton, AB. CD-Rom.
16. Gouvernement du Canada et U.S. Environmental Protection Agency. 1995. Les Grands Lacs d'aujourd'hui : Sujets d'inquiétude. Dans Les Grands Lacs : Atlas écologique et manuel des ressources, Troisième édition. Gouvernement du Canada, United States Environmental Protection Agency. Chicago, IL et Toronto, ON. Chapitre 4.
17. Richards, R.P., Baker, D.B., Crumrine, J.P. et Kramer, J.W. 2008. Record-setting phosphorus loads from agricultural watersheds in Ohio. 2008 USDA-CSREES National Water Conference. Sparks, NV. Février 3-6, 2008.
18. Commission de coopération environnemental. 2008. La mosaïque nord-américaine : Aperçu des principaux enjeux environnementaux. Commission de coopération environnemental. Montréal, QC. 62 p.
19. Vanderploeg, H.A., Liebig, J.R., Carmichael, W.W., Agry, M.A., Johengen, T.H., Fahnenstiel, G.L. et Nalepa, T.F. 2001. Zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) selective filtration promoted toxic *Microcystis* blooms in Saginaw Bay (Lake Huron) and Lake Erie. *Journal canadien des sciences halieutiques et aquatiques* 58:1208-1221.
20. Samelle, O., Wilson, A.E., Hamilton, S.K., Knoll, L.B. et Rainkow, D.F. 2005. Complex interactions between the zebra mussel, *Dreissena polymorpha*, and the harmful phytoplankter *Microcystis aereginosa*. *Limnology and Oceanography* 50:896-904.
21. Vanderploeg, H.A., Johengen, T.H. et Liebig, J.R. 2009. Feedback between zebra mussel selective feeding and algal composition affects mussel condition: did the regime changer pay a price for its success? *Freshwater Biology* 54:47-63.
22. U.S.Environmental Protection Agency. 2009. Algal blooms in western Lake Erie [en ligne]. http://www.epa.gov/med/grosseile_site/indicators/algae-blooms.html (consulté le 21 septembre 2010).
23. NOAA. 2009. Great Lakes CoastWatch node [en ligne]. http://www.glerl.noaa.gov/res/Task_rpts/1994/cmleshk03-1.html August 25, 2009 MODIS imagery on Terra satellite.
24. Watson, S.B., Boyer, G. et Ridal, J. 2008. Taste and odour and cyanobacterial toxins: impairment, prediction and management in the Great Lakes. *Journal canadien des sciences halieutiques et aquatiques* 65:1-18.
25. Millie, D.F., Fahnenstiel, G.L., Bressie, J.D., Pigg, R.J., Rediske, R.R., Klarer, D.M., Tester, P.A. et Litaker, R.W. 2009. Late-summer phytoplankton in western Lake Erie (Laurentian Great Lakes): bloom distributions, toxicity, and environmental influences. *Aquatic Ecology* 43:915-934.
26. Jensen, E.V. et Epp, P.F. 2002. Water quality trends in Okanagan, Skaha and Osoyoos lakes in response to nutrient reductions and hydrologic variation. Ministry of Water Land and Air Protection (British Columbia). Penticton, BC. 17 p.
27. Martin, J.L., Hanke, A.R. et LeGresley, M.M. 2009. Long term phytoplankton monitoring, including harmful algal blooms, in the Bay of Fundy, eastern Canada. *Journal of Sea Research* 61:76-83.
28. MPO. 2010. Rapport sur l'état et les tendances des écosystèmes marins canadiens en 2010. Secrétariat canadien de consultation scientifique du MPO. Avis scientifique N° 2010/030. 43 p.
29. NASA Earth Observatory. 2009. SeaWiFS project/ORBIMAGE [en ligne]. NASA/Goddard Space Flight Centre and ORBIMAGE. <http://earthobservatory.nasa.gov/NaturalHazards/view.php?id=14023> (consulté le 30 juillet 2010).

13. Dépôts acides

1. Service météorologique du Canada, Environnement Canada. 2005. Évaluation scientifique 2004 des dépôts acides au Canada. Gouvernement du Canada. Ottawa, ON. 478 p.
2. 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.
3. 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.
4. 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.
5. 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.
6. Gardner, T. 2001. Declining amphibian populations: a global phenomenon in conservation biology. *Animal Biodiversity and Conservation* 24:25-44.
7. 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. (éds.). Lewis Publishers. Boca Raton, FL. Chapitre 16. pp. 409-463.
8. 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. (éds.). SETAC Press. Pensacola, FL. pp. 321-346.
9. 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.
10. Burgess, N.M. et Meyer, M.W. 2008. Methylmercury exposure associated with reduced productivity in common loons. *Ecotoxicology* 17:83-91.
11. Duchesne, L., Ouimet, R. et Houle, D. 2002. Basal area growth of sugar maple in relation to acid deposition, stand health, and soil nutrients. *Journal of Environmental Quality* 31:1676-1683.
12. Driscoll, C.T., Lawrence, G.B., Bulger, A.J., Butler, T.J., Cronan, C.S., Eagar, C., Lambert, K.F., Likens, G.E., Stoddard, J.L. et Weathers, K.C. 2001. Acidic deposition in the northeastern United States: sources and inputs, ecosystem effects, and management strategies. *BioScience* 51:180-198.
13. 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.
14. 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.
15. 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.
16. Nasr, M., Castonguay, M., Ogilvie, J., Raymond, B.A. et Arp, P.A. 2010. Modelling and mapping critical loads and exceedances for the Georgia Basin, British Columbia, using a zero base-cation depletion criterion. *Journal of Limnology* 69(Suppl. 1):181-192.
17. 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.
18. Jeffries, D., Wong, I. et Sloboda, M. 2010. Carte des dépassements constants dans le bouclier boréal pour les sols forestiers ou les lacs. Préparée pour le rapport sur l'état et les tendances de l'écozone du bouclier boréal. Direction générale de la science et de la technologie, Environnement Canada. Carte non publiée.
19. Jeffries, D.S., Clair, T.A., Couture, S., Dillon, P.J., Dupont, J., Keller, W., McNicol, D.K., Turner, M.A., Vet, R. et Weeber, R. 2003. Assessing the recovery of lakes in southeastern Canada from the effects of acidic deposition. *Ambio* 32:176-182.
20. Gouvernements du Canada et des États-Unis d'Amérique. 2008. Accord Canada-États-Unis sur la qualité de l'air : Rapport d'étape 2008. Commission mixte internationale. Ottawa, ON et Washington, DC. 68 p.
21. Weeber, R.C., Jeffries, D.S. et McNicol, D. 2005. Le rétablissement des écosystèmes aquatiques. Dans *Évaluation scientifique 2004 des dépôts acides au Canada*. Environnement Canada, Gouvernement du Canada. Ottawa, ON. Chapitre 7. pp. 279-340.
22. Jeziorski, A., Yan, N.D., Paterson, A.M., DeSellas, A.M., Turner, M.A., Jeffries, D.S., Keller, B., Weeber, R.C., McNicol, D.K., Palmer, M.E., McIver, K., Arseneau, K., Ginn, B.K., Cumming, B.F. et Smol, J.P. 2008. The widespread threat of calcium decline in fresh waters. *Science* 322:1374-1377.
23. Yan, N.D., Somers, K.M., Girard, R.E., Paterson, A.M., Keller, W., Ramcharan, C.W., Rusak, J.A., Ingram, R., Morgan, G.E. et Gunn, J.M. 2008. Long-term trends in zooplankton of Dorset, Ontario lakes: the probable interactive effects of changes in pH, total phosphorus, dissolved organic carbon, and predators. *Journal canadien des sciences halieutiques et aquatiques* 65:862-877.
24. Snucins, E. 2003. Recolonization of acid-damaged lakes by the benthic invertebrates *Stenacron interpunctatum*, *Stenonema femoratum* and *Hyalella azteca*. *Ambio* 32:225-229.
25. Snucins, E. et Gunn, J.M. 2003. Use of rehabilitation experiments to understand the recovery dynamics of acid-stressed fish populations. *Ambio* 32:240-243.

26. Équipe de rétablissement de l'omble de fontaine auror. 2006. Programme de rétablissement de l'omble de fontaine aurora (*Salvelinus fontinalis timagamiensis*) au Canada. Série de Programmes de rétablissement de la Loi sur les espèces en péril. Pêches et Océans Canada. Ottawa, ON. 44 p.
27. Yan, N.D., Paterson, A.M., Somers, K.M. et Scheider, W.A. 2008. An introduction to the Dorset special issue: transforming understanding of factors that regulate aquatic ecosystems on the southern Canadian Shield. *Journal canadien des sciences halieutiques et aquatiques* 65:781-785. doi:10.1139/F08-077.
28. Watt, W.D., Scott, C.D., Zamora, P.J. et White, W.J. 2000. Acid toxicity levels in Nova Scotian rivers have not declined in synchrony with the decline in sulfate levels. *Water, Air, and Soil Pollution* 118:203-229.
29. Clair, T.A., Dennis, I.F., Scruton, D.A. et Gilliss, M. 2007. Freshwater acidification research in Atlantic Canada: a review of results and predictions for the future. *Dossiers environnement* 15:153-167.
30. Clair, T.A., Dennis, I.F., Amiro, P.G. et Cosby, B.J. 2004. Past and future chemistry changes in acidified Nova Scotian Atlantic salmon (*Salmo salar*) rivers: a dynamic modeling approach. *Journal canadien des sciences halieutiques et aquatiques* 61:1965-1975.
31. Zho, Y., Duan, L., Xing, J., Larssen, T., Nielsen, C.P. et Halo, J. 2009. Soil acidification in China: is controlling SO₂ emissions enough? *Environmental Science and Technology* 43:8021-8026.
32. Programme des Nations Unies pour l'environnement. 2002. État de l'environnement et politiques suivies de 1972 à 2002 : L'atmosphère. *Dans L'avenir de l'environnement mondial 3 : Le passé, le présent et les perspectives d'avenir*. De Boeck Université. Paris, France.
5. Zhang, X., Brown, R., Vincent, L., Skinner, W., Feng, Y. et Mekis, E. 2010. Tendances climatiques au Canada, 1950-2007. Biodiversité canadienne : État et tendances des écosystèmes en 2010, série de rapports techniques thématiques N° 5. Les Conseils canadiens des ministres des ressources. Ottawa, ON. Sous presse.
6. Murphy-Klassen, H.M., Underwood, T.J., Sealy, S.G. et Czymyj, A.A. 2005. Long-term trends in spring arrival dates of migrant birds at Delta Marsh, Manitoba, in relation to climate change. *Auk* 122:1130-1148.
7. Gjerdrum, C., Vallée, A.M.J., St.Clair, C.C., Bertram, D.F., Ryder, J.L. et Blackburn, G.S. 2003. Tufted puffin reproduction reveals ocean climate variability. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 100:9377-9382.
8. Gaston, A.J., Bertram, D.F., Boyne, A.W., Chardine, J.W., Davoren, G., Diamond, A.W., Heddy, A., Montevecchi, W.A., Hipfner, J.M., Lemon, M.J.F., Mallory, M.L., Rail, J.-F. et Robertson, G.J. 2009. Changes in Canadian seabird populations and ecology since 1970 in relation to changes in oceanography and food webs. *Dossiers environnement* 17:267-286.
9. 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.
10. Higdon, J.W. et Ferguson, S.H. 2009. Loss of Arctic sea ice causing punctuated change in sightings of killer whales (*Orcinus orca*) over the past century. *Ecological Applications* 19:1365-1375.
11. Cluff, H.D. 2006. Extension of coyote, *Canis latrans*, breeding range in the Northwest Territories, Canada. *Canadian Field-Naturalist* 120:67-70.
12. Veitch, A.M. 2001. An unusual record of a white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*) in the Northwest Territories. *Canadian Field-Naturalist* 15:172-175.
13. Slough, B. et Jung, T.S. 2007. Diversity and distribution of the terrestrial mammals of the Yukon Territory: a review. *The Canadian Field-Naturalist* 121:119-127.
14. Roseberry, J.L. et Woolf, A. 1998. Habitat-population density relationships for white-tailed deer in Illinois. *Wildlife Society Bulletin* 26:252-258.
15. Ermine, W., Nilson, R., Sauchyn, D., Sauve, E. et Smith, R.Y. 2006. Isi Askiwan – the state of the land: Prince Alberta Grand Council elders' forum on climate change. *Prairie Adaptation Research Collaborative, Report No. 05-04*. 49 p.
16. Ashford, G. et Castleden, J. 2001. Final report: Inuit observations on climate change. *l'Institut international du développement durable*. 27 p.
17. Larivière, S. 2004. Range expansion of raccoons in the Canadian Prairies – review of hypotheses. *Wildlife Society Bulletin* 32:955-963.

14. Changements climatiques

1. Environnement Canada. 2010. Indicateurs canadiens de durabilité de l'environnement : Glossaire [en ligne]. <http://www.ec.gc.ca/indicateurs-indicators/default.asp?lang=Fr&n=54C113A2-1> (consulté le 17 avril 2010).
2. Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique. 2006. Perspectives mondiales de la diversité biologique, deuxième édition. Montréal, QC. 83 p.
3. Prowse, T.D., Furgal, C., Wrona, F.J. et Reist, J.D. 2009. Implications of climate change for northern Canada: freshwater, marine, and terrestrial ecosystems. *AMBIO: a Journal of the Human Environment* 38:282-289.
4. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2007. Bilan 2007 des changements climatiques : Rapport de synthèse. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième. Pachauri, R.K. et Reisinger, A. (éds.). GIEC. Genève, Suisse. 104 p.

18. Hinzman, L.D., Bettez, N.D., Bolton, W.R., Chapin, F.S., Dyrurgerov, M.B., Fastie, C.L., Griffith, B., Hollister, R.D., Hope, A., Huntington, H.P., Jensen, A.M., Jia, G.J., Jorgenson, T., Kane, D.L., Klein, D.R., Kofinas, G., Lynch, A.H., Lloyd, A.H., McGuire, A.D., Nelson, F.E., Oechel, W.C., Osterkamp, T.E., Racine, C.H., Romanovsky, V.E., Stone, R.S., Stow, D.A., Sturm, M., Tweedie, C.E., Vourlitis, G.L., Walker, M.D., Walker, D.A., Webber, P.J., Welker, J.M., Winker, K. et Yoshikawa, K. 2005. Evidence and implications of recent climate change in northern Alaska and other Arctic regions. *Climatic Change* 72:251-298.
19. Jia, G.S.J., Epstein, H.E. et Walker, D.A. 2009. Vegetation greening in the Canadian Arctic related to decadal warming. *Journal of Environmental Monitoring* 11:2231-2238.
20. Wang, M.Y. et Overland, J.E. 2004. Detecting Arctic climate change using Köppen climate classification. *Climatic Change* 67:43-62.
21. Olthof, I. et Pouliot, D. 2010. Treeline vegetation composition and change in Canada's western subarctic from AVHRR and canopy reflectance modeling. *Remote Sensing of Environment* 114:805-815.
22. Hudson, J.M.G. et Henry, G.H.R. 2009. Increased plant biomass in a High Arctic heath community from 1981 to 2008. *Ecology* 90:2657-2663.
23. Walker, M.D., Wahren, C.H., Hollister, R.D., Henry, G.H.R., Ahlquist, L.E., Alatalo, J.M., Bret-Harte, M.S., Calef, M.P., Callaghan, T.V., Carroll, A.B., Epstein, H.E., Jónsdóttir, I.S., Klein, J.A., Magnússon, B., Molau, U., Oberbauer, S.F., Rewa, S.P., Robinson, C.H., Shaver, G.R., Suding, K.N., Thompson, C.C., Tolvanen, A., Totland, O., Turner, P.L., Tweedie, C.E., Webber, P.J. et Wookey, P.A. 2006. Plant community responses to experimental warming across the tundra biome. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. National Academy of Sciences. Washington DC. Vol. 103, pp. 1342-1346.
6. Sweeting, R.M., Beamish, R.J., Noakes, D.J. et Neville, C.M. 2003. Replacement of wild coho salmon by hatchery-reared coho salmon in the Strait of Georgia over the past three decades. *North American Journal of Fisheries Management* 23:492-502.
7. Simpson, K., Dobson, D., Semple, R., Lehmann, S., Baillie, S. et Matthews, I. 2001. Status in 2000 of coho stocks adjacent to the Strait of Georgia. *Secrétariat canadien de consultation scientifique, Document de recherche N° 2001/144*. Pêches et Océans Canada. 91 p.
8. Environment Yukon. 2005. Yukon state of the environment report 2005. Government of Yukon. Whitehorse, YT. 60 p.
9. Ford, J.D., Pearce, T., Gilligan, J., Smit, B. et Oakes, J. 2008. Climate change and hazards associated with ice use in northern Canada. *Arctic Antarctic and Alpine Research* 40:647-659.
10. Laidler, G.J., Ford, J.D., Gough, W.A., Ikummaq, T., Gagnon, A.S., Kowal, S., Qrunnut, K. et Imgaut, C. 2009. Travelling and hunting in a changing Arctic: assessing Inuit vulnerability to sea ice change in Igloodik, Nunavut. *Climatic Change* 94:363-397.
11. Berkes, F. et Jolly, D. 2001. Adapting to climate change: social-ecological resilience in a Canadian western Arctic community. *Ecology and Society* 5.
12. Pearce, T., Smit, B., Duerden, F., Ford, J.D., Goose, A. et Kataoyak, F. 2010. Inuit vulnerability and adaptive capacity to climate change in Ulukhaktok, Northwest Territories, Canada. *Polar Record* 46:157-177.
13. Hertlein, L. 1999. Lake Winnipeg regulation Churchill-Nelson river diversion project in the Crees of northern Manitoba, Canada. *World Commission on Dams. Le Cap, Afrique du Sud*. 28 p.
14. Harvey, W.F. et Rodrigue, J. 2009. A breeding pair survey of Canada geese in northern Québec – 2009. *Maryland Department of Natural Resources et Service canadien de la faune*. 12 p.
15. Pélouquin, C. et Berkes, F. 2009. Local knowledge, subsistence harvests, and social-ecological complexity in James Bay. *Human Ecology* 37:533-545.
16. Pélouquin, C. 2007. Variability, change and continuity in social-ecological systems: insights from James Bay Cree cultural ecology. *Mémoire de maîtrise*. Natural Resources Institute, University of Manitoba. Winnipeg, MB. 155 p.
17. Commission européenne. 2008. L'économie des écosystèmes et de la biodiversité : Rapport d'étape. Communautés européennes. Wesseling, Allemagne.
18. Anielski, M. et Wilson, S. 2005. Counting Canada's natural capital: assessing the real value of Canada's boreal ecosystems. *The Pembina Institute et Canadian Boreal Initiative*. Drayton Valley, AB. 78 p.
19. Gordon, B.C. 2005. 8,000 years of caribou and human seasonal migration in the Canadian barrenlands. *Rangifer Special Issue No. 16*:155-162.
20. InterGroup Consultants Ltd. 2008. Economic valuation and socio-cultural perspectives of the estimated harvest of the Beverly and Qamanirjuaq caribou herds, submitted to the Beverly and Qamanirjuaq Caribou Management Board. 28 p.
21. Beverly and Qamanirjuaq Caribou Management Board. 2009. 27th annual report 2008-2009. Beverly and Qamanirjuaq Caribou Management Board. Stonewall, MB. 66 p.

15. Services écosystémiques

1. Évaluation des écosystèmes pour le millénaire. 2005. *Ecosystems and human well-being: a framework for assessment*. Collection de l'évaluation des écosystèmes pour le millénaire. Island Press. Washington, DC. 245 p.
2. Évaluation des écosystèmes pour le millénaire. 2005. *Ecosystems and human well-being: synthesis*. Collection de l'évaluation des écosystèmes pour le millénaire. Island Press. Washington, DC. 137 p.
3. Cross, C.L., Lapi, L. et Perry, E.A. 1991. Production of chinook and coho salmon from British Columbia hatcheries, 1971 through 1989. *Rapports techniques canadiens des sciences halieutiques et aquatiques N° 1816*. Pêches et Océans Canada. 48 p.
4. Beamish, R.J., Noakes, D.J., McFarlane, G.A., Pinnix, W., Sweeting, R. et King, J. 2000. Trends in coho marine survival in relation to the regime concept. *Fisheries Oceanography* 9:114-119.
5. Crawford, W.R. et Irvine, J.R. 2009. State of physical, biological and selected fishery resources of Pacific Canadian marine ecosystems. *Secrétariat canadien de consultation scientifique, Document de recherche N° 2009/022*. Pêches et Océans Canada. 121 p.

22. Wakelyn, L. 13 Avril 2010. Beverly and Quamanirjuaq Caribou Management Board. Communication personnelle.
23. Wilson, S.J. 2008. Ontario's wealth, Canada's future: appreciating the value of the greenbelt's eco-services. Consultant report on behalf of Friends of the Greenbelt Foundation and David Suzuki Foundation. David Suzuki Foundation. Vancouver, BC. 70 p.
24. Friends of the Greenbelt Foundation. 2009. Ontario's greenbelt. As the Crow Flies cARTography. [carte].
9. Podrutzny, K.M., Devries, J.H., Armstrong, L.M. et Rotella, J.J. 2002. Long-term response of northern pintails to changes in wetlands and agriculture in the Canadian prairie pothole region. *Journal of Wildlife Management* 66:993-1010.
10. Plan nord-américain de gestion de la sauvagine. 2010. Système national de suivi du Canada. Environnement Canada. Ottawa, ON.
11. Statistique Canada. 2010. CANSIM Tableau 001-0017 : Estimation de la superficie, du rendement, de la production, du prix moyen à la ferme et de la valeur totale à la ferme des principales grandes cultures, en unités impériales, annuel. Ensemencée de blé d'hiver pour les provinces des Prairies [en ligne]. Statistique Canada. http://cansim2.statcan.ca/cgi-win/cnsmcgi.pgm?regtk=&C2Sub=&ARRAYID=10017&C2DB=PRD&VEC=&LANG=F&SDDSLOC=//www.statcan.ca/francais/sdds/*_f.htm&ROOTDIR=CII/&RESULTTEMPLATE=CII/CII_PICK&ARRAY_PICK=1&SDDSID=&SDDSDESC (consulté le 8 juillet 2010).

HABITAT, ESPÈCES SAUVAGES ET PROCESSUS ÉCOSYSTÉMIQUES

16. Paysages agricoles servant d'habitat

1. Statistique Canada. 2008. Recensement de l'agriculture de 2006 [en ligne]. Gouvernement du Canada. <http://www.statcan.gc.ca/ca-ra2006/index-fra.htm> (consulté le 8 août 2010).
2. Huffman, T., Ogston, R., Fiset, T., Daneshfar, B., Gasser, P.Y., White, L., Maloley, M. et Chenier, R. 2006. Canadian agricultural land-use and land management data for Kyoto reporting. *Canadian Journal of Soil Science* 86:431-439.
3. Javorek, S.K. et Grant, M.C. 2010. Tendances de la capacité d'habitat faunique des terres agricoles du Canada, 1986-2006. Biodiversité canadienne : État et tendances des écosystèmes en 2010, série de rapports techniques thématiques N° 14. Les Conseils canadiens des ministres des ressources. Ottawa, ON. Sous presse.
4. COSEPAC. 2004. Espèces canadiennes en péril, novembre 2004. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa, ON. 49 p.
5. Watmough, M.D. et Schmoll, M.J. 2007. Environment Canada's Prairie and Northern Region habitat monitoring program phase II: recent habitat trends in the Prairie Habitat Joint Venture. Série de rapports techniques N° 493. Service canadien de la faune, Région des Prairies et du Nord, Environnement Canada. Edmonton, AB. 135 p.
6. U.S. Fish and Wildlife Service. 2007. Waterfowl breeding population and habitat survey [en ligne]. Division of Migratory Birds Management, U.S. Department of the Interior. <http://migbirdapps.fws.gov/> (consulté le 20 juillet 2010).
7. Drever, M.C., Nudds, T.D. et Clark, R.G. 2007. Agricultural policy and nest success of prairie ducks in Canada and the United States. *Écologie et conservation des oiseaux* 2:5-21.
8. Emery, R.B., Howerter, D.W., Armstrong, L.M., Anderson, M.G., Devries, J.H. et Joyn, B.L. 2005. Seasonal variation in waterfowl nesting success and its relation to cover management in the Canadian prairies. *Journal of Wildlife Management* 69:1181-1193.

17. Espèces présentant un intérêt économique, culturel ou écologique particulier

1. Conseil canadien pour la conservation des espèces en péril (CCCEP). Espèces sauvages 2010 : La situation générale des espèces au Canada. Groupe de travail national sur la situation générale. Sous presse.
2. COSEPAC. 2010. COSEPAC Comité sur la situation des espèces en péril au Canada [en ligne]. Gouvernement du Canada. <http://www.cosepac.gc.ca/> (consulté le 7 juillet 2010).
3. Gouvernement du Canada. 2010. Registre public des espèces en péril [en ligne]. Gouvernement du Canada. <http://www.registrelep.gc.ca> (consulté le 7 juillet 2010).

Amphibiens

1. Archer, R., Wheeler, H. et Sass, D.J. 2009. Communautés d'amphibiens des milieux humides côtiers, indicateur n° 4504. *Dans* État des Grands Lacs 2009. Environnement Canada et la U.S. Environmental Protection Agency. pp. 210-215.
2. DesGranges, J.-L. 2002. Portrait de la biodiversité du Saint-Laurent [en ligne]. Environnement Canada. http://www.qc.ec.gc.ca/faune/biodiv/fr/table_mat.html (consulté le 7 juillet 2010).
3. Matsuda, B., Green, D.M. et Gregory, P.T. 2006. Amphibians and reptiles of British Columbia. Royal British Columbia Museum (RBCM) Handbook. Victoria, B.C. 266 p.
4. Daszak, P., Cunningham, A.A. et Hyatt, A.D. 2003. Infectious disease and amphibian population declines. *Diversity and Distributions* 9:141-150.
5. Chinchar, V.G. 2002. Ranaviruses (family Iridoviridae): emerging cold-blooded killers – brief review. *Archives of Virology* 147:447-470.

6. Duffus, A.L.J., Pauli, B.D., Wozney, K., Brunetti, C.R. et Berrill, M. 2008. Frog virus 3-like infections in aquatic amphibian communities. *Journal of Wildlife Diseases* 44:109-120.
7. Schock, D.M., Bollinger, T.K., Chinchar, V.G., Jankovich, J.K. et Collins, J.P. 2008. Experimental evidence that amphibian ranaviruses are multi-host pathogens. *Copeia* 2008:131-141.
8. Environnement Canada et U.S. Environmental Protection Agency. 2009. État des Grands Lacs 2009. 469 p.
9. Stuart, S.N., Chanson, J.S., Cox, N.A., Young, B.E., Rodrigues, A.S.L., Fischman, D.L. et Waller, R.W. 2004. Status and trends of amphibian declines and extinctions worldwide. *Science* 306:1783-1786.
11. Lévesque, L.M. et Dubé, M.G. 2007. Review of the effects of in-stream pipeline crossing construction on aquatic ecosystems and examination of Canadian methodologies for impact assessment. *Environmental Monitoring and Assessment* 132:395-409.
12. Reid, S.M., Mandrak, N.E., Carl, L.M. et Wilson, C.C. 2008. Influence of dams and habitat condition on the distribution of redbhorse (*Moxostoma*) species in the Grand River watershed, Ontario. *Environmental Biology of Fishes* 81:111-125.
13. COSEPA. 2009. Recherche d'espèces sauvages : Esturgeon [en ligne]. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. http://www.cosewic.gc.ca/fra/sct1/SearchResult_f.cfm?commonName=Sturgeon (consulté le 16 août 2010).
14. Welch, D.W., Turo, S. et Batten, S.D. 2006. Large-scale marine and freshwater movements of white sturgeon. *Transactions of the American Fisheries Society* 135:386-389.
15. COSEPA. 2003. Évaluation et rapport de situation du COSEPA sur l'esturgeon blanc *Acipenser transmontanus* au Canada. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa, ON. 57 p.
16. McAdam, S.O., Walters, C.J. et Nistor, C. 2005. Linkages between white sturgeon recruitment and altered bed substrates in the Nechako River, Canada. *Transactions of the American Fisheries Society* 134:1448-1456.
17. Species Survival Commission. 2009. Freshwater fish facts. IUCN red list of threatened species, 2009 update. IUCN. 3 p.
18. Pêches et Océans Canada. 2009. Saumon Pacifique [en ligne]. Gouvernement du Canada. <http://www.dfo-mpo.gc.ca/decisions/fm-2009-gp/pac-salmon-saumon-fra.htm> (consulté le 23 août 2010).
19. Hurlburt, D. 2008. Synthesis of Aboriginal Traditional Knowledge (préparée pour le secrétariat du rapport sur l'état et les tendances des écosystèmes). 170 p. Rapport non publié.
20. Pêches et Océans Canada. 2009. Coup d'œil sur la politique pour la conservation du saumon atlantique sauvage [en ligne]. Gouvernement du Canada. <http://www.dfo-mpo.gc.ca/fm-gp/policies-politiques/wasp-pss/wasp-psas-2009-fra.htm> (consulté le 8 juillet 2010).
21. 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.
22. Lapointe, M. 2010. Overview of the Fraser sockeye situation. Appendix C. *Dans* Synthesis of evidence from a workshop on the decline of Fraser River Sockeye Juin 15-17, 2010. A report to the Pacific Salmon Commission, Vancouver, B.C. Peterman, R.M., Marmorek, D., Beckman, B., Bradford, M., Mantua, N., Riddell, B.E., Scheuerell, M., Staley, M., Wiewckowski, K., Windon, J.R. et Wood, C.C. (éds.). Pacific Salmon Commission. 35 p. + appendices.
23. MPO. 2010. Prévisions d'avant-saison concernant l'importance de la montaison du saumon rouge du Fraser en 2010. Secrétariat canadien de consultation scientifique du MPO. Avis scientifique 2010/031. 14 p.

Poissons utilisant des habitats d'eau douce

1. Nelson, J.S. 2006. *Fishes of the world*, édition 4. Hoboken, J.J. (éd.). John Wiley and Sons. 624 p.
2. Conseil canadien pour la conservation des espèces en péril (CCCEP). 2006. Les espèces sauvages 2005 : La situation générale des espèces au Canada [en ligne]. Gouvernement du Canada. <http://www.wildspecies.ca/wildspecies2005/index.cfm?lang=f> (consulté le 1 mai 2009).
3. Jelks, H.L., Walsh, J., Burkhead, N.M., Contreras-Balderas, S., Djaz-Pardo, E., Hendrickson, D.A., Lyons, J., Mandrak, N.E., McCormick, F., Nelson, J.S., Platania, S.P., Porter, B.A., Renaud, C.B., Schmitter-Soto, J.J., Taylor, E.B. et Warren Jr, M.L. 2008. Conservation status of imperiled North American freshwater and diadromous fishes. *Fisheries* 33:372-407.
4. Monk, W.A., Baird, D.J., Curry, R.A., Glozier, N. et Peters, D.L. 2010. Rapport sur l'état et les tendances des écosystèmes : Biodiversité dans les rivières et lacs du Canada. Biodiversité canadienne : État et tendances des écosystèmes en 2010, série de rapports techniques thématiques N° 20. Les Conseils canadiens des ministres des ressources. Ottawa, ON. Sous presse.
5. Département des pêches et de l'aquaculture de la FAO. 2009. La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture, 2008. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. Rome.
6. Pêches et Océans Canada. 2009. Pêche commerciale : Débarquements : Pêches en eau douce [en ligne]. Gouvernement du Canada. <http://www.dfo-mpo.gc.ca/stats/commercial/land-debarq/freshwater-eaudouce/2006-fra.htm> (consulté le 16 août 2010).
7. Hutchings, J.A. et Festa-Bianchet, M. 2009. Canadian species at risk (2006-2008), with particular emphasis on fishes. *Dossiers environnement* 17:53-63.
8. Hutchings, J.A. 2010. Ensemble d'espèces de poissons d'eau douce et diadromes évalués par le COSEPA entre avril 1980 et avril 2010.
9. COSEPA. 2010. COSEPA Évaluation des espèces sauvages [en ligne]. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. http://www.cosewic.gc.ca/fra/sct0/index_f.cfm (consulté le 7 septembre 2010).
10. Dextrase, A.J. et Mandrak, N.E. 2006. Impacts of alien invasive species on freshwater fauna at risk in Canada. *Biological Invasions* 8:13-24.

24. Peterman, R.M., Marmorek, D., Beckman, B., Bradford, M., Mantua, N., Riddell, B.E., Scheuerell, M., Staley, M., Wieckowski, K., Windon, J.R. et Wood, C.C. 2010. Synthesis of evidence from a workshop on the decline of Fraser River sockeye, Juin 15-17, 2010. A report to the Pacific Salmon Commission, Vancouver, B.C. 123 p. + appendices.
25. Pêches et Océans Canada. 2010. Gestion de la pêche au saumon rouge du Fraser [en ligne]. Gouvernement du Canada. <http://www.dfo-mpo.gc.ca/media/back-fiche/2010/hq-ac35a-fra.htm> (consulté le 19 août 2010).
26. Patterson, D.A., Macdonald, J.S., Skibo, K.M., Barnes, D., Guthrie, I. et Hills, J.A. 2007. Reconstructing the summer thermal history of the lower Fraser River, 1941 to 2006, and implications for adult sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) spawning. Rapports techniques canadiens des sciences halieutiques et aquatiques N° 2724. 43 p.
27. Rand, P.S., Hinch, S.G., Morrison, J., Foreman, M.G.G., MacNutt, M.J., Macdonald, J.S., Healey, M.C., Farrell, A.P. et Higgs, D.A. 2006. Effects of river discharge, temperature, and future climates on energetics and mortality of adult migrating Fraser River sockeye salmon. Transactions of the American Fisheries Society 135:655-667.
28. Données du programme Fraser River Environmental Watch fournies par J. Morrison. 2010. Mise à jour des températures estivales moyennes du fleuve Fraser rapportées par Patterson *et al.*, 2007. Données non publiées.
29. Morrison, J., Quick, M.C. et Foreman, M.G.G. 2002. Climate change in the Fraser River watershed: flow and temperature projections. Journal of Hydrology 263:230-244.
30. Gibson, J., Hubley, B., Chaput, G., Dempson, J.B., Caron, F. et Amiro, P. 2006. Sommaire des tendances relatives à l'état et à l'abondance des populations de saumon atlantique (*Salmo salar*) de l'est du Canada. Document de recherche N° 2006/026. Secrétariat canadien de consultation scientifique, Pêches et Océans Canada. 31 p.
31. Nova Scotia Salmon Federation. 2009. Nova Scotia salmon federation news and issues: acid rain [en ligne]. <http://www.novascotiasalmon.ns.ca/newsandissues/acidrain.htm> (consulté le 1 mars 2009).
32. Watt, W., Scott, C.D., Zamora, P.J. et White, W.J. 2000. Acid toxicity levels in Nova Scotian rivers have not declined in synchrony with the decline in sulfate levels. Water, Air and Soil Pollution 118:203-229.
33. Miramichi River Environmental Assessment Committee et Atlantic Coastal Action Program. 2007. Statement of the environment report for the Miramichi watershed 2007. Environnement Canada. 134 p.
34. Ministère des Richesses naturelles. 2007. Rapports sur l'état des ressources : L'anguille d'Amérique. Gouvernement de l'Ontario. 6 p.
35. COSEPAC. 2006. Évaluation et rapport de situation du COSEPAC sur l'anguille d'Amérique *Anguilla rostrata* au Canada. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa, ON. 71 p.
36. de Lafontaine, Y., Gingras, F., Labonte, D., Marchand, F., La Croix, E. et Lagace, M. 2009. Decline of the American eel in the St. Lawrence River: effects of local hydroclimatic conditions on CPUE Indices. American Fisheries Society Symposium N° 58. Casselman, J. et Cairns, D.K. (éds.). 228 p.
37. Environnement Canada et U.S. Environmental Protection Agency. 2009. État des Grands Lacs 2009. 469 p.
38. McCullough, R. et Stegemann, E.C. 2010. Common prey fish of New York [en ligne]. New York Department of Environmental Conservation. <http://www.dec.ny.gov/animals/7031.html> (consulté le 24 août 2010).
39. 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.
40. Johnston, T.A., Lysack, W. et Leggett, W.C. 2010. Abundance, growth, and life history characteristics of sympatric walleye (*Sander vitreus*) and sauger (*Sander canadensis*) in Lake Winnipeg, Manitoba. Journal of Great Lakes Research. Article sous presse, étape de la correction d'épreuves. doi:10.1016/j.jglr.2010.06.009.
41. Ministère des Richesses naturelles de l'Ontario. 2009. Données sur les pêcheries des Grands Lacs. Données non publiées.
42. Baldwin, N.S., Saalfeld R.W., Dochoda, M.R., Buettner, H.J. et Eshenroder, R.L. 2009. Commercial fish production in the Great Lakes 1867-2006 [en ligne]. Great Lakes Fishery Commission. <http://www.glfco.org/databases/commercial/commerc.php> (consulté le 24 août 2010).
43. Jude, D.J. et Leach, J. 1999. The Great Lakes fisheries, 2nd edition. Dans Inland fisheries management in North America. Kohler, C.C. et Hubert, W.A. (éds.). American Fisheries Society, Bethesda, Maryland. pp. 623-656.
44. Orok, R. et Johnson, N. 2005. L'enquête de 2005 sur la pêche récréative au Canada [en ligne]. Pêches et Océans Canada. <http://www.dfo-mpo.gc.ca/stats/rec/can/2005/index-fra.htm> (consulté le 10 août 2010).
45. Hofmann, N. 2008. Parti à la pêche : Profil de la pêche récréative au Canada. EnviroStats 2:8-17.

Oiseaux

1. BirdLife International. 2010. State of the world's birds. [en ligne]. BirdLife International. <http://www.biodiversityinfo.org> (consulté le 28 avril 2010).
2. Butcher, G.S. et Niven, D.K. 2007. Combining data from the Christmas Bird Count and the Breeding Bird Survey to determine the continental status and trends of North America birds. National Audubon Society. Iyland, PA. 34 p.
3. Niven, D.K., Butcher, G.S., Bancroft, G.T., Monahan, W.B. et Langham, G. 2009. Birds and climate change: ecological disruption in motion. National Audubon Society. New York, NY. 15 p.
4. 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.
5. Donaldson, G., Hyslop, C., Morrison, R.I.G., Dickson, D.L. et Davidson, I. 2000. Plan canadien de conservation des oiseaux de rivage. Service canadien de la faune, Environnement Canada. Ottawa, ON. 27 p.

6. Western Hemisphere Shorebird Reserve Network (WHSRN). 2009. WHSRN list of sites [en ligne]. Manomet Center for Conservation Sciences. <http://www.whsrn.org/sites/list-sites> (consulté le 30 juillet 2010).
7. Gratto-Trevor, C., Morrison, R., Collins, B., Rausch, J. et Johnston, V. 2010. Tendances relatives aux oiseaux de rivage canadiens. Biodiversité canadienne : État et tendances des écosystèmes en 2010, série de rapports techniques thématiques N° 13. Les Conseils canadiens des ministres des ressources. Ottawa, ON. Sous presse.
8. Morrison, R.I.G. 2001. Tendances et enjeux relatifs aux populations d'oiseaux de rivage au Canada : Un aperçu. Tendances chez les oiseaux – bulletin n° 8 : Oiseaux de rivage 1-5.
9. Morrison, R.I.G., McCaffery, B.J., Gill, R.E., Skagen, S.K., Jones, S.L., Page, G.W., Gratto-Trevor, C.L. et Andres, B.A. 2006. Population estimates of North American shorebirds, 2006. Wader Study Group Bulletin 111:67-85.
10. Sauer, J.R., Hines, J.E. et Fallon, J. 2008. The North American Breeding Bird Survey, results and analysis 1966-2007 [en ligne]. U.S. Geological Survey Patuxent Wildlife Research Center. <http://www.mbr-pwrc.usgs.gov/bbs/> (consulté le 20 octobre 2009).
11. Morrison, R.I.G. et Collins, B.T. 2010. Données de : Atlantic Canada Shorebird Survey. Données non publiées.
12. Morrison, R.I.G., Downes, C. et Collins, B. 1994. Population trends of shorebirds on fall migration in eastern Canada 1974-1991. Wilson Bulletin 106:431-447.
13. Ydenberg, R., Butler, R.W., Lank, D.B., Smith, B.D. et Ireland, J. 2004. Western sandpipers have altered migration tactics as peregrine falcon populations have recovered. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences 271:1263-1269. doi:10.1098/rspb.2004.2713.
14. Bart, J., Brown, S., Harrington, B. et Morrison, R.I.G. 2007. Survey trends of North American shorebirds: population declines or shifting distributions? Journal of Avian Biology 38:73-82.
15. Gaston, A.J., Bertram, D.F., Boyne, A.W., Chardine, J.W., Davoren, G., Diamond, A.W., Hedd, A., Montevecchi, W.A., Hipfner, J.M., Lemon, M.J.F., Mallory, M.L., Rail, J.-F. et Robertson, G.J. 2009. Changes in Canadian seabird populations and ecology since 1970 in relation to changes in oceanography and food webs. Dossiers environnement 17:267-286.
16. Coe, J.M. et Rogers, D.B. 1997. Marine debris: sources, impacts and solutions. Springer Publishers. New York, NY. 432 p.
17. 2001. Seabird bycatch: trends, roadblocks and solutions. Melvin, E.F. et Parrish, J.K. (éds.). University of Alaska Sea Grant, AK-SG-01-01. Fairbanks, AK. 206 p.
18. Schreiber, E.A. et Burger, J. 2002. Biology of marine birds. CRC Press. New York, NY. 722 p.
19. Stenseth, N.C., Ottersen, G., Hurrell, J.W. et Belgrano, A. 2004. Marine ecosystem and climate variation. Oxford University Press. Oxford, UK. 264 p.
20. ACIA. 2005. Arctic climate impact assessment. Cambridge University Press. New York, NY. 1042 p.
21. Bertram, D.F., Mackas, D.L. et McKinnell, S.M. 2001. The seasonal cycle revisited: interannual variation and ecosystem consequences. Progress in Oceanography 49:283-307.
22. Gjerdrum, C., Vallée, A.M.J., St.Clair, C.C., Bertram, D.F., Ryder, J.L. et Blackburn, G.S. 2003. Tufted puffin reproduction reveals ocean climate variability. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 100:9377-9382.
23. Hipfner, J.M. et Greenwood, J.L. 2008. Breeding biology of the common murre at Triangle Island, British Columbia, 2002-2007. Northwestern Naturalist 89:76-84.
24. Parsons, M., Mitchell, I., Butler, A., Ratchliffe, N., Frederiksen, M., Foster, S. et Reid, J.B. 2008. Seabirds as indicators of the marine environment. ICES Journal of Marine Science 65:1520-1526.
25. Hipfner, J.M. 2008. Matches and mismatches: ocean climate, prey phenology and breeding success in a zooplanktivorous seabird. Marine Ecology Progress Series 368:295-304.
26. Hutchings, J.A. et Myers, R.A. 1994. What can be learned from the collapse of a renewable resource – Atlantic cod, *Gadus morhua*, of Newfoundland and Labrador. Journal canadien des sciences halieutiques et aquatiques 51:2126-2146.
27. Montevecchi, W.A. et Myers, R.A. 1996. Dietary changes of seabirds indicate shifts in pelagic food webs. Sarsia 80:313-322.
28. Mann, K.H. et Drinkwater, K.F. 1994. Environmental influences on fish and shellfish production in the Northwest Atlantic. Dossiers environnement 2:16-32.
29. Carscadden, J.E., Montevecchi, W.A., Davoren, G.K. et Nakashima, B.S. 2002. Trophic relationships among capelin (*Mallotus villosus*) and seabirds in a changing ecosystem. ICES Journal of Marine Science 59:1027-1033.
30. Benjamins, S., Kulka, D.W. et Lawson, J. 2008. Incidental catch of seabirds in Newfoundland and Labrador gillnet fisheries, 2001-2003. Endangered Species Research 5:149-160.
31. Gaston, A.J. 2002. Results of monitoring thick-billed murre populations in the eastern Canadian Arctic, 1976-2000. Publication hors N° 106. Service canadien de la faune, Environnement Canada. Ottawa, ON. 50 p.
32. Gaston, A.J., Woo, K. et Hipfner, J.M. 2003. Trends in forage fish populations in northern Hudson Bay since 1981, as determined from the diet of nestling thick-billed murrelets *Uria lomvia*. Arctic 56:227-233.
33. Gaston, A.J., Gilchrist, H.G. et Hipfner, J.M. 2005. Climate change, ice conditions and reproduction in an Arctic nesting marine bird: Brunnich's guillemot (*Uria lomvia* L.). Journal of Animal Ecology 74:832-841.
34. Gaston, A.J., Gilchrist, H.G., Mallory, M.L. et Smith, P.A. 2009. Changes in seasonal events, peak food availability and consequent breeding adjustment in a marine bird: a case of progressive mis-matching. The Condor 111:111-119.
35. Downes, C., Blancher, P. et Collins, B. 2010. Tendances relatives aux oiseaux terrestres au Canada de 1968 à 2006. Biodiversité canadienne : État et tendances des écosystèmes en 2010, série de rapports techniques thématiques N° 12. Les Conseils canadiens des ministres des ressources. Ottawa, ON. Sous presse.

36. Service canadien de la faune. 2007. Relevé des oiseaux nicheurs [en ligne]. Environnement Canada. <http://www.cws-scf.ec.gc.ca/nwrc-cnrfl/Default.asp?lang=Fr&n=416B57CA> (consulté le 20 octobre 2009).
37. North American Bird Conservation Initiative, U.S. Committee (NABCI-US). 2009. The state of the birds, United States of America, 2009. U.S. Department of Interior. Washington, DC. 36 p.
38. Blancher, P. 2003. Importance of Canada's boreal forest to landbirds. Canadian Boreal Initiative and Boreal Songbird Initiative. Ottawa, ON and Seattle, WA. 43 p.
39. Blancher, P.J., Phoenix, R.D., Badzinski, D.S., Cadman, M.D., Crewe, T.L., Downes, C.M., Fillman, D., Francis, C.M., Hughes, J., Hussell, D.J.T., Lepage, D., McCracken, J.D., McNicol, D.K., Pond, B.A., Ross, R.K., Russells, R., Venier, L.A. et Weeber, R.C. 2009. Population trend status of Ontario's forest birds. *Forestry Chronicle* 85:184-201.
40. Nebel, S., Mills, A.M., McCracken, J.D. et Taylor, P.D. 2010. Declines of aerial insectivores in North America follow a geographic gradient. Soumis pour publication.
41. Robbins, C.S., Droege, S. et Sauer, J.R. 1989. Monitoring bird populations with Breeding Bird Survey and atlas data. *Annales Zoologici Fennici* 26:297-304.
42. Terborgh, J. 1989. Where have all the birds gone? Essay on the biology and conservation of birds that migrate to the American tropics. Princeton University Press. Princeton, NJ. 224 p.
43. Comité sur la sauvagine du Service canadien de la faune. 2009. Situation des populations d'oiseaux migrateurs considérés comme gibier au Canada (et réglementation proposée concernant les espèces surabondantes). Rapport du SCF sur la réglementation concernant les oiseaux migrateurs N° 28. Environnement Canada. Ottawa, ON. 102 p.
44. Fast, M., Collins, B. et Gendron, M. 2010. Tendances relatives à la reproduction des sauvagines au Canada. Biodiversité canadienne : État et tendances des écosystèmes en 2010, série de rapports techniques thématiques N° 8. Les Conseils canadiens des ministres des ressources. Ottawa, ON. En préparation.
45. De Vink, J.M.A., Clark, R.G., Slattery, S.M. et Trauger, D.L. 2008. Are late-spring boreal lesser scaup (*Aythya affinis*) in poor body condition? *Auk* 125:297-298.
46. Austin, J.E., Afton, A.D., Anderson, M.G., Clark, R.G., Custer, C.M., Lawrence, J.S., Pollard, J.B. et Ringelman, J.K. 2000. Declining scaup populations: issues, hypotheses, and research needs. *Wildlife Society Bulletin* 28:254-263.
47. Plan nord-américain de gestion de la sauvagine. 2004. Strengthening the biological foundation: 2004 Implementation framework. Environnement Canada, Service canadien de la faune, U.S. Fish and Wildlife Service, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 106 p.
48. Plan conjoint sur le Canard noir (PCCN). 2010. Black Duck Joint Venture 2009 annual report. Plan nord-américain de gestion de la sauvagine. 13 p. Rapport non publié.
49. Lepage, C. et Bordage, D. 2003. Le Canard noir. Environnement Canada, Service canadien de la faune, région du Québec. Québec, QC.
50. OEJV. 2007. Ontario Eastern Habitat Joint Venture five-year implementation plan 2006-2010. Ontario Eastern Habitat Joint Venture. Ottawa, ON. 94 p.
51. Petrie, M.J., Drobney, R.D. et Sears, D.T. 2000. Mallard and black duck breeding parameters in New Brunswick: a test of the reproductive rate hypothesis. *Journal of Wildlife Management* 64:832-838.
52. Zimmerling, J.R. 2007. Mallard. Dans Atlas of the breeding birds of Ontario, 2001-2005. Cadman, M.D., Sutherland, D.A., Beck, G.G., Lepage, D. et Couturier, A.R. (éds.). Bird Studies Canada, Environnement Canada, Ontario Field Ornithologists, Ministère des Richesses naturelles de l'Ontario, et Ontario Nature. Toronto, ON. pp. 78-79.
53. Longcore, J.R., Mcauley, D.G., Hepp, G.R. et Rhymer, J.M. 2000. The birds of North America online: American black duck (*Anas rubripes*) [en ligne]. Cornell Lab of Ornithology. <http://bna.birds.cornell.edu/bna/species/481/articles/introduction> (consulté le 30 juillet 2010).
54. Comité sur la sauvagine du Service canadien de la faune. 2008. Situation des populations d'oiseaux migrateurs considérés comme gibier au Canada : Novembre 2008. Rapport du SCF sur la réglementation concernant les oiseaux migrateurs N° 25. Service canadien de la faune, Environnement Canada. Ottawa, ON. 99 p.
55. Raven, G.H. et Dickson, D.L. 2006. Changes in distribution and abundance of birds on western Victoria Island from 1992-1994 to 2004-2005. Série de rapports techniques N° 456. Service canadien de la faune, Environnement Canada, Région des Prairies et du Nord. Edmonton, AB. 60 p.
56. Gratto-Trevor, C.L., Johnston, V.H. et Pepper, S.T. 1998. Changes in shorebird and eider abundance in the Rasmussen Lowlands, NT. *Wilson Bulletin* 110:316-325.
57. Suydam, R.S., Dickson, D.L., Fadely, J.B. et Quakenbush, L.T. 2000. Population declines of king and common eiders of the Beaufort Sea. *The Condor* 102:219-222.
58. Dickson, D.L., Cotter, R., Hines, J.E. et Kay, M.F. 2010. Distribution and abundance of king eiders *Somateria spectabilis* in the western Canadian arctic. Publication hors série N° 94. Dickson, D.L. (éd.). Service canadien de la faune, Environnement Canada. Ottawa, ON. 39 p.

Caribou

- Gordon, B.C. 2005. 8,000 years of caribou and human seasonal migration in the Canadian barrenlands. *Rangifer Special Issue No. 16*:155-162.
- Gunn, A. et Russell, D. 2010. Tendances de la population de caribous du Nord. Biodiversité canadienne : État et tendances des écosystèmes en 2010, série de rapports techniques thématiques N° 10. Les Conseils canadiens des ministres des ressources. Ottawa, ON. Sous presse.
- Beverly and Qamanirjuaq Caribou Management Board. 2009. 27th annual report 2008-2009. Beverly and Qamanirjuaq Caribou Management Board. Stonewall, MB. 66 p.
- Northwest Territories Environment and Natural Resources. 2009. Bathurst caribou herd [en ligne]. http://www.enr.gov.nt.ca/live/pages/wpPages/Bathurst_Caribou_Herd.aspx (consulté le 18 août 2010).

5. COSEPAC. 2004. Évaluation et rapport de situation du COSEPAC sur le caribou de Peary *Rangifer tarandus pearyi* et le caribou de la toundra *Rangifer tarandus groenlandicus* (population de Dolphin-et-Union) au Canada. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa, ON. 101 p.
6. Miller, F.L. et Gunn, A. 2003. Catastrophic die-off of Peary Caribou on the Western Queen Elizabeth Islands, Canadian High Arctic. *Arctic* 56:381-390.
7. Gunn, A., Miller, F.L., Barry, S.J. et Buchan, A. 2006. A near-total decline in caribou on Prince of Wales, Somerset, and Russell Islands, Canadian Arctic. *Arctic* 59:1-13.
8. Rennert, K.J., Roe, G., Putkonen, J. et Bitz, C.M. 2009. Soil thermal and ecological impacts of rain on snow events in the circumpolar Arctic. *Journal of Climate* 22:2302-2315.
9. Rinke, A. et Dethloff, K. 2008. Simulated circum-Arctic climate changes by the end of the 21st century. *Global and Planetary Change* 62:173-186.
10. CARMA. 2009. Caribou herd information, CircumArctic Rangifer Monitoring and Assessment Network [en ligne]. <http://camanetwork.com/display/public/Herds> (consulté le 24 juin 2010).
11. Krezek-Hanes, C.C., Cantin, A. et Flannigan, M.D. 2010. Tendances des grands incendies de forêts au Canada, 1959-2007. Biodiversité canadienne : État et tendances des écosystèmes en 2010, série de rapports techniques thématiques N° 6. Les Conseils canadiens des ministres des ressources. Ottawa, ON. Sous presse.
12. Wolfe, S.A., B.Griffith et C.A.G.Wolfe. 2000. Response of reindeer and caribou to human activities. *Polar Research* 19:63-73.
13. Johnson, C.J., Boyce, M.S., Case, R.L., Cluff, H.D., Gau, R.J., Gunn, A. et Mulders, R. 2005. Cumulative effects of human developments on Arctic wildlife. *Wildlife Monographs* 1-36.
14. Cameron, R.D., Smith, W.T., White, R.G. et Griffith, B. 2005. Central Arctic caribou and petroleum development: distributional, nutritional, and reproductive implications. *Arctic* 58:1-9.
15. Magoun, A.J., Abraham, K.F., Thompson, J.E., Ray, J.C., Gauthier, M.E., Brown, G.S., Woolmer, G., Chenier, C.J. et Dawson, F.N. 2005. Distribution and relative abundance of caribou in the Hudson Plains Ecozone of Ontario. *Rangifer* 16:105-121.
16. Elliott, C. 1998. Cape Churchill caribou: status of herd and harvest 1997/98. Manuscript Report N° 98-05. Manitoba Natural Resources.
17. Environnement Canada. 2008. Examen scientifique aux fins de la désignation de l'habitat essentiel de la population boréale du caribou des bois (*Rangifer tarandus caribou*) au Canada. Environnement Canada. Ottawa, ON. 80 p.
18. Thomas, D.C. et Gray, D.R. 2002. Rapport de situation du COSEPAC sur le caribou des bois (*Rangifer tarandus caribou*) au Canada – Mise à jour. Dans 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. 111 p.
19. Northern Mountain Caribou Management Planning Team. 2010. Plan de gestion pour le caribou des bois Population des montagnes du Nord (*Rangifer tarandus caribou*) au Canada. *Loi sur les espèces en péril* Série de plans de gestion. Environnement Canada. Ottawa, ON. Sous presse.
20. Schaefer, J.A. 2003. Long-term range recession and the persistence of caribou in the taiga. *Conservation Biology* 17:1435-1439.
21. Bergerud, A.T. et Mercer, W.E. 1989. Caribou introductions in eastern North America. *Wildlife Society Bulletin* 17:111-120.
22. B.C. Mountain Caribou Science Team. 2005. Mountain caribou in British Columbia: a situation analysis. 9 p.
23. James, A.R.C. et Stuart-Smith, A.K. 2000. Distribution of caribou and wolves in relation to linear corridors. *Journal of Wildlife Management* 64:154-159.
24. Seip, D.R. 1992. Factors limiting Woodland caribou populations and their interrelationships with wolves and moose in southeastern British Columbia. *Revue canadienne de zoologie* 70:1494-1503.
25. McLoughlin, P.D., Dzus, E., Wynes, B. et Boutin, S. 2003. Declines in populations of woodland caribou. *Journal of Wildlife Management* 67:755-761.
26. Racey, G.D. 2005. Climate change and woodland caribou in northwestern Ontario: a risk analysis. *Rangifer* 123-136.
27. Callaghan, C., Virc, S. et Duffe, J. 2010. Tendances de la population boréale du caribou des bois au Canada. Biodiversité canadienne : État et tendances des écosystèmes en 2010, série de rapports techniques thématiques N° 11. Les Conseils canadiens des ministres des ressources. Ottawa, ON. Sous presse.
28. Henttonen, H et Tikhonov, A. 2008. IUCN red list of threatened species version 2010.1: *Rangifer tarandus* [en ligne]. <http://www.iucnredlist.org/apps/redlist/details/29742/0> (consulté le 7 mai 2010).
29. Vors, L.S. et M.S.Boyce. 2009. Global declines of caribou and reindeer. *Global Change Biology* 15:2626-2633.

18. Productivité primaire

1. Ahem, F., Frisk, J., Latifovic, R. et Pouliot, D. 2010. Surveillance à distance des écosystèmes : Sélection de tendances mesurées à partir d'observations par satellite du Canada. Biodiversité canadienne : État et tendances des écosystèmes en 2010, série de rapports techniques thématiques N° 17. Les Conseils canadiens des ministres des ressources. Ottawa, ON. Sous presse.
2. Wang, J., Rich, P.M. et Price, K.P. 2003. Temporal responses of NDVI to precipitation and temperature in the central Great Plains, USA. *International Journal of Remote Sensing* 24:2345-2364.
3. 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.
4. Slayback, D.A., Pinzon, J.E., Los, S.O. et Tucker, C.J. 2003. Northern Hemisphere photosynthetic trends 1982-99. *Global Change Biology* 9:1-15.

5. Olthof, I., Pouliot, D., Latifovic, R. et Chen, W.J. 2008. Recent (1986-2006) vegetation-specific NDVI trends in northern Canada from satellite data. *Arctic* 61:381-394.
6. Gamache, I. et Payette, S. 2004. Height growth response of tree line black spruce to recent climate warming across the forest-tundra of eastern Canada. *Journal of Ecology* 92:835-845.
7. Olthof, I. et Pouliot, D. 2010. Treeline vegetation composition and change in Canada's western subarctic from AVHRR and canopy reflectance modeling. *Remote Sensing of Environment* 114:805-815.
8. Szeicz, J.M. et MacDonald, G.M. 1995. Recent white spruce dynamics at the subarctic alpine treeline of northwestern Canada. *Journal of Ecology* 83:873-885.
9. Nemani, R.R., Keeling, C.D., Hashimoto, H., Jolly, W.M., Piper, S.C., Tucker, C.J., Myneni, R.B. et Running, S.W. 2003. Climate driven increases in global terrestrial net primary production from 1982 to 1999. *Science* 300:1560-1563.
10. Michelutti, N., Wolfe, A.P., Vinebrooke, R.D., Rivard, B. et Briner, J.P. 2005. Recent primary production increases in arctic lakes. *Geophysical Research Letters* 32. doi:10.1029/2005GL023693.
11. Smol, J.P., Wolfe, A.P., Birkds, H.J.B., Douglas, M.S.V., Jones, V.J., Korhola, A., Pienitz, R., Ruhland, K., Sorvari, S., Antoniades, D., Brooks, S.J., Fullu, M.A., Huges, M., Keatley, B.E., Laing, T.E., Michelutti, N., Nazarova, L., Nyman, J., Paterson, A.M., Perren, B., Quinlan, R., Ruatio, M., Saulnier-Talbot, E., Sutonen, S., Solovieva, N. et Weckstrom, J. 2005. Climate-driven regime shifts in the biological communities of Arctic lakes. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 102:4397-4402.
12. Antoniades, D., Crawley, C., Douglas, M.S.V., Pienitz, R., Andersen, D., Doran, P.T., Hawes, I., Pollard, W. et Vincent, W.F. 2007. Abrupt environmental change in Canada's northernmost lake inferred from fossil diatom and pigment stratigraphy. *Geophysical Research Letters* 34. doi:10.1029/2007GL030947.
13. Smol, J.P. et Douglas, M.S.V. 2007. From controversy to consensus: Making the case for recent climate change using lake sediments. *Frontiers in Ecology and the Environment* 5:466-474.
14. Antoniades, D., Douglas, M.S.V. et Smol, J.P. 2005. Quantitative estimates of recent environmental changes in the Canadian High Arctic inferred from diatoms in lake and pond sediments. *Journal of Paleolimnology* 33:349-360.
15. Rühland, K., Paterson, A.M. et Smol, J.P. 2008. Hemispheric-scale patterns of climate-related shifts in planktonic diatoms from North American and European lakes. *Global Change Biology* 14:2740-2754.
16. Boyce, D., Lewis, M. et Worm, B. 2010. Global phytoplankton decline over the past century. *Nature* 466:591-596. doi:10.1038/nature09268.
17. Pabi, S., van Dijken, G.L. et Arrigo, K.R. 2008. Primary production in the Arctic Ocean, 1998-2006. *Journal of Geophysical Research-Oceans* 113. doi:10.1029/2007JC004578.
18. Arrigo, K.R., van Dijken, G. et Pabi, S. 2008. Impact of a shrinking Arctic ice cover on marine primary production. *Geophysical Research Letters* 35:L19603.

19. Perturbations naturelles

1. 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.
2. Krezek-Hanes, C.C., Cantin, A. et Flannigan, M.D. 2010. Tendances des grands incendies de forêts au Canada, 1959-2007. *Biodiversité canadienne : État et tendances des écosystèmes en 2010, série de rapports techniques thématiques* N° 6. Les Conseils canadiens des ministres des ressources. Ottawa, ON. Sous presse.
3. Gillett, N.P., Weaver, A.J., Zwiers, F.W. et Flannigan, M.D. 2004. Detecting the effect of climate change on Canadian forest fires. *Geophysical Research Letters* 31. doi:10.1029/2004GL020876.
4. 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.
5. 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. (éds.). Academic Press. San Diego, CA. pp. 335-357.
6. Flannigan, M., Logan, K., Amiro, B., Skinner, W. et Stocks, B. 2005. Future area burned in Canada. *Climatic Change* 72:1-16.
7. Girardin, M.P., Tardif, J. et Flannigan, M.D. 2006. Temporal variability in area burned for the Province of Ontario, Canada, during the past 200 years inferred from tree rings. *Journal of Geophysical Research* 111. doi:10.1029/2005JD006815.
8. 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.
9. Bergeron, Y., Flannigan, M., Gauthier, S., Leduc, A. et Lefort, P. 2004. Past, current, and future fire frequency in the Canadian boreal forest: implications for sustainable forest management. *Ambio* 33:356-360.
10. Bergeron, Y., Cyr, D., Drever, C.R., Flannigan, M., Gauthier, S., Kneeshae, D., Lauzon, E., Leduc, A., Le Goff, H., Lesieur, D. et Logan, K. 2006. Past, current, and future frequencies in Quebec's commercial forests: implications for the cumulative effects of harvesting and fire on age-class structure and natural disturbance-based management. *Revue canadienne de recherche forestière* 36:2737-2744.
11. Skinner, W.R., Shabbar, A., Flannigan, M.D. et Logan, K. 2006. Large forest fires in Canada and the relationship to global sea surface temperatures. *Journal of Geophysical Research* 111. doi:10.1029/2005JD006738.
12. Girardin, M.P. 2007. Interannual to decadal changes in area burned in Canada from 1781 to 1982 and the relationship to Northern Hemisphere land temperatures. *Global Ecology and Biogeography* 16:557-566.

13. 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.
14. Macias Fauria, M. et Johnson, E.A. 2008. Climate and wildfires in the North American boreal forest. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 363:2317-2329. doi:10.1098/rstb.2007.2202.
15. Balshi, M.S., McGuire, A.D., Duffy, P., Flannigan, M., Walsh, J. et Melillo, J. 2009. Modeling historical and future area burned of western boreal North America using a multivariate adaptive regression splines (MARS) approach. *Global Change Biology* 15:578-600.
16. de Groot, W.J., Bothwell, P.M., Carlsson, D.H. et Logan, K.A. 2003. Simulating the effects of future fire regimes on western Canadian boreal forests. *Journal of Vegetation Science* 14:355-364.
17. Weber, M.G. et Flannigan, M.D. 1997. Canadian boreal forest ecosystem structure and function in a changing climate: impact on fire regimes. *Dossiers environnement* 5:145-166.
18. Kasischke, E.S. et Turetsky, M.R. 2006. Recent changes in the fire regime across the North American boreal region – spatial and temporal patterns of burning across Canada and Alaska. *Geophysical Research Letters* 33. doi:1029/2006GL025677.
19. Amiro, B.D., Todd, J.B., Wotton, B.M., Logan, K.A., Flannigan, M.D., Stocks, B.J., Mason, J.A., Martell, D.L. et Hirsch, K.G. 2001. Direct carbon emissions from Canadian forest fires, 1959-1999. *Revue canadienne de recherche forestière* 31:512-525.
20. Westerling, A.L., Hidalgo, H.G., Cayan, D.R. et Swetnam, T.W. 2006. Warming and earlier spring increase western U.S. forest wildfire activity. *Science* 313:940-943.
21. Martell, D.L. et Sun, H. 2008. The impact of fire suppression, vegetation, and weather on the area burned by lightning-caused forest fires in Ontario. *Revue canadienne de recherche forestière* 38:1547-1563.
22. Cumming, S.G. 2005. Effective fire suppression in boreal forests. *Revue canadienne de recherche forestière* 35:772-786.
23. Gayton, D. 1996. Fire-maintained ecosystems and the effects of forest ingrowth – December 1996 research summary. Nelson Forest Region, B.C. Ministry of Forests. Nelson, BC. 4 p.
24. Daigle, P. 1996. Fire in the dry interior forests of British Columbia. Extension Note N° 8. B.C. Ministry of Forests Research Program. Victoria, BC. 5 p.
25. Taylor, S.W., Carroll, A.L., Alfaro, R.E. et Safranyik, L. 2006. Forest, climate and mountain pine beetle outbreak dynamics in western Canada. *Dans* The mountain pine beetle: a synthesis of biology, management and impacts in lodgepole pine. Safranyik, L. et Wilson, W.R. (éds.). Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, Pacific Forestry Centre. Victoria, BC. Chapitre 2. pp. 67-94.
26. Flannigan, M.D., Stocks, B.J., Turetsky, M.R. et Wotton, B.M. 2009. Impact of climate change on fire activity and fire management in the circumboreal forest. *Global Change Biology* 15:549-560.
27. Girardin, M.P. et Wotton, B.M. 2009. Summer moisture and wildfire risks across Canada. *Journal of Applied Meteorology and Climatology* 48:517-533.
28. Girardin, M.P., Bergeron, Y., Tardif, J.C., Gauthier, S., Flannigan, M.D. et Mudelsee, M. 2006. A 229-year dendroclimatic-inferred record of forest fire activity for the Boreal Shield of Canada. *International Journal of Wildland Fire* 15:375-388.
29. Beverly, J.L. et Martell, D.L. 2005. Characterizing extreme fire and weather events in the Boreal Shield Ecozone of Ontario. *Agricultural and Forest Meteorology* 133:5-16.
30. Wotton, B.M. et Flannigan, M.D. 1993. Length of the fire season in a changing climate. *Forestry Chronicle* 69:187-192.
31. Girardin, M.P., Ali, A.A., Carcaillet, C., Mudelsee, M., Drobyshev, I. et Bergeron, Y. 2009. Heterogeneous response of circumboreal wildfire risk to climate change since the early 1900s. *Global Change Biology* 15:2751-2769. doi:10.1111/j.1365-2486.2009.01869.x.
32. Flannigan, M.D., Krawchuk, M.A., de Groot, W.J., Wotton, B.M. et Gowman, L.M. 2009. Implications of changing climate for global wildland fire. *International Journal of Wildland Fire* 18:483-507.
33. Flannigan, M.D., Bergeron, Y., Engelmark, O. et Wotton, B.M. 1998. Future wildfire in circumboreal forests in relation to global warming. *Journal of Vegetation Science* 9:469-476.
34. Stocks, B.J., Fosberg, M.A., Lynham, T.J., Meams, L., Wotton, B.M., Yang, Q., Jin, J.Z., Lawrence, K., Hartley, G.R., Mason, J.A. et Mckenney, D.W. 1998. Climate change and forest fire potential in Russian and Canadian boreal forests. *Climatic Change* 38:1-13.
35. Flannigan, M.D., Stocks, B.J. et Wotton, B.M. 2000. Climate change and forest fires. *The Science of the Total Environment* 262:221-230.
36. Liu, Y. et Stanturf, J. 2010. Trends in global wildfire potential in a changing climate. *Forest Ecology and Management* 259:685-697.
37. Scholze, M., Knorr, W., Amell, N.W. et Prentice, I.C. 2006. A climate-change risk analysis for world ecosystems. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 103:13116-13120.
38. Service canadien des forêts. 2007. La tordeuse des bourgeons de l'épinette et l'aménagement durable de la forêt boréale : Sommaire d'un projet financé dans le cadre du Forestry Innovation Investment Program (Colombie-Britannique) [en ligne]. Ressources naturelles Canada. <http://scf.mcan.gc.ca/soussite/tordeuse/home-accueil> (consulté le 26 août 2010).
39. Nealis, V.G. et Régnière, J. 2004. Insect-host relationships influencing disturbance by the spruce budworm in a boreal mixedwood forest. *Revue canadienne de recherche forestière* 34:1870-1882.
40. MacLean, D.A. 1980. Vulnerability of fir spruce stands during uncontrolled spruce budworm outbreaks: a review and discussion. *Forestry Chronicle* 56:213-221.
41. Fleming, R.A., Candau, J.N. et McAlpine, R.S. 2002. Landscape-scale analysis of interactions between insect defoliation and forest fire in central Canada. *Climatic Change* 55:251-272.

42. 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.
43. Gray, D.R. et MacKinnon, W.E. 2006. Outbreak patterns of the spruce budworm and their impacts in Canada. *The Forestry Chronicle* 82:550-561.
44. Boulanger, Y. et Arseneault, D. 2004. Spruce budworm outbreaks in eastern Québec over the last 450 years. *Revue canadienne de recherche forestière* 34:1035-1043. doi:10.1139/X03-269.
45. Royama, T., MacKinnon, W.E., Kettela, E.G., Carter, N.E. et Hartling, L.K. 2005. Analysis of spruce budworm outbreak cycles in New Brunswick, Canada, since 1952. *Ecology* 86:1212-1224.
46. Base de données nationale sur les forêts. 2010. Insectes forestiers – En bref. Superficie où il y a de la défoliation modérée à grave par insectes, y compris une aire où la mortalité des arbres est due aux scolytes, 2008 : Tordeuse des bourgeons de l'épinette [en ligne]. Conseil canadien des ministres des forêts. http://nfdp.ccfm.org/insects/quick_facts_f.php (consulté le 7 juillet 2010).
Rapports produits pour la tordeuse des bourgeons de l'épinette et la tordeuse occidentale de l'épinette.
47. Westfall, J. et Ebata, T. 2008. 2008 summary of forest health conditions in British Columbia. B.C. Ministry of Forests and Range. Victoria, BC. 85 p.
48. MacLauchlan, L.E., Brooks, J.E. et Hodge, J.C. 2006. Analysis of historic western spruce budworm defoliation in south central British Columbia. *Forest Ecology and Management* 226:351-356.
49. Kettela, E.G. 1983. Historique en cartes de la défoliation causée par la tordeuse des bourgeons de l'épinette dans l'est de l'Amérique du Nord de 1967 à 1981 N° DPC-X-14. Service canadien des forêts, Environnement Canada. Hull, QC. 9 p.
50. Strubble, D. 2008. Spruce budworm defoliation in Maine from 1955 to 2008. Maine Forest Service. Données non publiées.
51. Blais, J.R. 1983. Trends in the frequency, extent and severity of spruce budworm outbreaks in eastern Canada. *Revue canadienne de recherche forestière* 13:539-545.
52. Gray, D.R. et MacKinnon, W.E. 2007. Historical spruce budworm defoliation records adjusted for insecticide protection in New Brunswick, 1965-1992. *Journal of the Acadian Entomological Society* 3:1-6.
53. Carter, N., Hartling, L., Lavigne, D., Gullison, J., O'Shea, D., Proude, J., Farquhar, R. et Winter, D. 2008. Résumé préliminaire de l'état des ravageurs forestiers au Nouveau-Brunswick en 2007 et prévisions pour 2008. Section de lutte contre les ravageurs forestiers, Ministère des Ressources naturelles. Fredericton, NB.
54. Neily, P.D., Quigley, E.J., Stewart, B.J. et Keys, K.S. 2007. Forest disturbance ecology in Nova Scotia: Draft report. Renewable Resources Branch, Forestry Division Ecosystem Management Group. Truro, NS.
55. Loo, J. et Ives, N. 2003. The Acadian forest: historical condition and human impacts. *The Forestry Chronicle* 79:462-474.
56. British Columbia Ministry of Forests and Range. 2010. Provincial-level projection of the current mountain pine beetle outbreak. GIS maps. Cumulative pine volume killed by mountain pine beetle, 1999-2009. Version 7 [en ligne]. Research Branch, B.C. Ministry of Forests and Range. <http://www.for.gov.bc.ca/hre/bcmapb/Year7.htm> (consulté le 14 juillet 2010).
57. Alberta Sustainable Resource Development. 2010. Area affected by mountain pine beetle in Alberta, 2009. Map. Government of Alberta.
58. BC Ministry of Forests and Range. 2010. Beetle facts [en ligne]. Government of British Columbia. http://www.for.gov.bc.ca/hfp/mountain_pine_beetle/facts.htm (consulté le 6 avril 2010).
59. Base de données nationale sur les forêts. 2010. Insectes forestiers – En bref. Superficie où il y a de la défoliation modérée à grave, y compris une aire où la mortalité des arbres est due aux scolytes, selon les insectes et la province ou territoire, 1975-2009 : Dendroctone du pin ponderosa [en ligne]. Conseil canadien des ministres des forêts. http://nfdp.ccfm.org/insects/quick_facts_f.php (consulté le 5 mai 2010).
60. Alberta Sustainable Resource Development. 2006. 2006 annual report: forest health in Alberta. Government of Alberta. 58 p.
61. Alberta Sustainable Resource Development. 2009. 2009 annual report: forest health in Alberta. Government of Alberta.
62. Tyssen, B. 2009. Mountain pine beetle aerial survey 2009. Map. Government of Alberta.
63. Winkler, R.D., Rex, J., Tetl, P., Maloney, D. et Redding, T. 2008. Mountain pine beetle, forest practices and watershed management. Extension Note N° 88. B.C. Ministry of Forests and Range, Research Branch. Victoria, BC. 11 p.
64. Taylor, S.W. et Carroll, A.L. 2004. Disturbance, forest age, and mountain pine beetle outbreak dynamics in BC: a historical perspective. Mountain pine beetle symposium: challenges and solutions. October 30-31, 2003, Kelowna, British Columbia. Shore, T.L., Brooks, J.E. et Stone, J.E. (éds.). Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, Pacific Forestry Centre. Victoria, BC. Information Report BC-X-399. pp. 41-51.
65. Li, C., Barclay, H.J., Hawkes, B.C. et Taylor, S.W. 2005. Lodgepole pine forest age class dynamics and susceptibility to mountain pine beetle attack. *Ecological Complexity* 2:232-239.
66. Allen, E. 2001. Forest health assessment in Canada. *Ecosystem Health* 7:27-34.
67. Shore, T.L., Safranyik, L., Hawkes, B.C. et Taylor, S.W. 2006. Effects of the mountain pine beetle on lodgepole pine stand structure and dynamics. Dans *The mountain pine beetle: a synthesis of biology, management, and impacts in lodgepole pine*. Safranyik, L. et Wilson, B. (éds.). Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, Pacific Forestry Centre. Victoria, BC. Chapitre 3. pp. 95-114.
68. McCullough, D.G., Werner, R.A. et Neumann, D. 1998. Fire and insects of northern and boreal forest ecosystems of North America. *Annual Review of Entomology* 43:107-127.
69. Forest Practices Branch. 2010. Forest health conditions: 2009 aerial overview survey summary table [en ligne]. B.C. Ministry of Forests and Range. <http://www.for.gov.bc.ca/hfp/health/overview/2009table.htm> (consulté le 22 avril 2010).

70. BC Ministry of Forests, Forest Analysis Branch. 2003. Timber supply and the mountain pine beetle infestation in British Columbia. BC Ministry of Forests. 23 p.
71. Safranyik, L. et Carroll, A.L. 2006. The biology and epidemiology of the mountain pine beetle in lodgepole pine forests. *Dans* The mountain pine beetle: a synthesis of biology, management, and impacts on lodgepole pine. Safranyik, L. et Wilson, B. (éds.). Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, Pacific Forest Centre. Victoria, BC. Chapitre 1. pp. 3-66.
72. Carroll, A.L., S.W.Taylor, J.Régnière et L.Safranyik 2004. Effects of climate change on range expansion by the mountain pine beetle in British Columbia. Mountain pine beetle symposium: challenges and solutions. October 30-31, 2003, Kelowna, British Columbia. Shore, T.L., Brooks, J.E. et Stone, J.E. (éds.). Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, Pacific Forestry Centre. Victoria, BC. Information Report BC-X-399. pp. 223-232.
73. Zhang, X., Brown, R., Vincent, L., Skinner, W., Feng, Y. et Mekis, E. 2010. Tendances climatiques au Canada, 1950-2007. Biodiversité canadienne : État et tendances des écosystèmes en 2010, série de rapports techniques thématiques N° 5. Les Conseils canadiens des ministres des ressources. Ottawa, ON. Sous presse.
74. Stahl, K., Moore, R.D. et McKendry, I.G. 2006. Climatology of winter cold spells in relation to mountain pine beetle mortality in British Columbia, Canada. *Climate Research* 32:13-23.
9. Koh, S., Bazely, D., Tanetzap, A., Voight, D. et Da Silva, E. 2010. *Trillium grandiflorum* height is an indicator of white-tailed deer density at local and regional scales. *Forest Ecology and Management* 259:1472-1479.
10. Paquet, P.C. et Carbyn, L.N. 2003. Gray wolf. *Dans* Wild mammals of North America: biology, management and conservation. Feldhamer, G.A., Thompson, B.C. et Chapman, J.A. (éds.). Johns Hopkins University Press. Chapitre 23. pp. 482-510.
11. Cotterill, S.E. 1997. Status of the swift fox (*Vulpes velox*) in Alberta. Alberta Wildlife Status Report N° 7. Alberta Environmental Protection, Wildlife Management Division. Edmonton, AB. 17 p.
12. Emery, R.B., Howerter, D.W., Armstrong, L.M., Anderson, M.G., Devries, J.H. et Joynt, B.L. 2005. Seasonal variation in waterfowl nesting success and its relation to cover management in the Canadian Prairies. *Journal of Wildlife Management* 69:1181-1193.
13. Bekoff, M. et Gese, E.M. 2003. Coyote. *Dans* Wild mammals of North America: biology, management and conservation. Feldhamer, G.A., Thompson, B.C. et Chapman, J.A. (éds.). Johns Hopkins University Press. pp. 467-481.
14. Krebs, C.J. 2010. Kluane monitoring data [en ligne]. <http://www.zoology.ubc.ca/~krebbs/kluane.html> (consulté le 15 juillet 2010).
15. Environment and Natural Resources. 2009. NWT small mammal and hare transect surveys: update 2009. Government of Northwest Territories. Yellowknife, NT. Rapport non publié.
16. Predavec, M., Krebs, C.J., Dannell, K. et Hyndman, R.J. 2001. Cycles and synchrony in the collared lemming (*Dicrostonyx groenlandicus*) in Arctic North America. *Oecologia* 126:216-224.
17. Cadieux, M.-C., Gauthier, G., Gagnon, C.A., Lévesque, E., Bêty, J. et Berteaux, D. 2008. Monitoring the environmental and ecological impacts of climate change on Bylot Island, Sirmilik National Park, 2004-2008 final report. Université Laval; UQAR; Université du Québec à Trois-Rivières; Centre d'études nordiques. Québec, QC. 113 p.
18. Berteaux, D. 15 Juin 2010. Université du Québec à Rimouski. Communication personnelle.
19. Krebs, C.J., Boutin, S. et Boonstra, R. 2001. Ecosystem dynamics of the boreal forest. Oxford University Press. New York, NY. 511 p.
20. Krebs, C.J., Boonstra, R., Boutin, S. et Sinclair, A.R.E. 2001. What drives the 10-year cycle of snowshoe hares? *BioScience* 51:25-35.
21. Callaghan, T.V., Bjorn, L.O., Chapin, F.S.I., Chemov, Y., Christensen, T.R., Huntley, B., Ims, R.A., Johansson, M., Riedlinger, D.J., Jonasson, S., Matveyeva, N.V., Oechel, W., Panikov, N., Shaver, G.R., Elster, J., Henttonen, H., Jonsdottir, I.S., Laine, K., Schaphoff, S., Taulavuori, E., Taulavuori, K. et Zockler, C. 2005. Arctic tundra and polar desert ecosystems. *Dans* Arctic Climate Impact Assessment. ACIA (éd.). Cambridge University Press. Chapitre 7. pp. 243-352.

20. Réseaux trophiques

1. Smith, R.L. et Smith, T.M. 2001. Ecology and field biology. Édition 6. Benjamin Cummings. 771 p.
2. Environnement Canada et U.S. Environmental Protection Agency. 2009. État des Grands Lacs 2009. 469 p.
3. Hummel, M. et Ray, J.C. 2008. Caribou and the North: a shared future. Dundurn Press. 320 p.
4. Dodds, D. 1983. Terrestrial mammals. *Dans* Biogeography and ecology of the island of Newfoundland. South, G.R. (éd.). Junk Publishers. La Haye.
5. Blake, J. et McGrath, M. 2006. Coyotes in insular Newfoundland: current knowledge and management of the island's newest mammalian predator. Wildlife Division, Department of Environment and Conservation, Government of Newfoundland and Labrador. Corner Brook, NL. 11 p.
6. 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.
7. Ministère des Richesses naturelles de l'Ontario. 2004. Strategy for preventing and managing human-deer conflicts in southern Ontario. Imprimeur de la Reine. Toronto, ON. 20 p.
8. Bazely, D. 2010. White-tailed deer induced changes in the germinable seedbanks of Ontario's Carolinian (deciduous) forest communities. 95th ESA Annual Meeting, Pittsburgh, PA, August 1-6 2010.

22. Ims, R.A., Henden, J.A. et Killengreen, S.T. 2008. Collapsing population cycles. *Trends in Ecology and Evolution* 23:79-86.
23. Hömfeldt, B., Hipkiss, T. et Eklund, U. 2005. Fading out of vole and predator cycles? *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 272:2045-2049. doi:10.1098/rspb.2005.3141.
12. Lepczyk, C.A., Boyle, O.D., Vargo, T.L., Gould, P., Jordan, R., Liebenberg, L., Masi, S., Mueller, W.P., Prysby, M.D. et Vaughan, H. 2009. Symposium 18: Citizen Science in Ecology: the Intersection of Research and Education. *Bulletin of the Ecological Society of America* 90:308-317.
13. Service canadien de la faune. 2007. Relevé des oiseaux nicheurs [en ligne]. Environnement Canada. <http://www.cws-scf.ec.gc.ca/nwrc-cnrfl/Default.asp?lang=Fr&n=416B57CA> (consulté le 20 octobre 2009).
14. Whitelaw, G., Vaughan, H., Craig, B. et Atkinson, D. 2003. Establishing the Canadian Community Monitoring Network. *Environmental Monitoring and Assessment* 88:409-418.
15. Bonney, R., Cooper, C.B., Dickinson, J., Kelling, S., Phillips, T., Rosenberg, K.V. et Shirk, J. 2009. Citizen Science: a developing tool for expanding science knowledge and scientific literacy. *Bioscience* 59:977-984.
16. Hurlburt, D. 2008. Synthesis of Aboriginal Traditional Knowledge (préparée pour le secrétariat du rapport sur l'état et les tendances des écosystèmes). 170 p. Rapport non publié.
17. Berkes, F. 2009. Indigenous ways of knowing and the study of environmental change. *Journal of the Royal Society of New Zealand* 39:151-156.
18. Gadgil, M., Olsson, P., Berkes, F. et Folke, C. 2003. Exploring the role of local ecological knowledge in ecosystem management: three case studies. *Dans Navigating social-ecological systems: building resilience for complexity and change*. Berkes, F., Colding, J. et Folke, C. (éds.). Cambridge University Press. Chapitre 8, pp. 189-209.
19. Boudreau, S.A. et Worm, B. 2010. Top-down control of lobster in the Gulf of Maine: insights from local ecological knowledge and research surveys. *Marine Ecology-Progress Series* 403:181-191.
20. Gagnon, C.A. et Berteaux, D. 2009. Integrating Traditional Ecological Knowledge and ecological science: a question of scale. *Ecology and Society* 14: Article 19.
21. Usher, P.J. 2000. Traditional ecological knowledge in environmental assessment and management. *Arctic* 53:183-193.
22. Eamer, J. 2006. Keep it simple and be relevant: the first ten years of the Arctic Borderlands Ecological Knowledge Co-op. *Dans Bridging scales and knowledge systems: concepts and applications in ecosystem assessment*. Reid, W.V., Berkes, F., Wilbanks, T. et Capistrano, D. (éds.). Island Press. Washington, DC. Chapitre 10, pp. 186-204.
23. Duro, D., Coops, N.C., Wulder, M.A. et Han, T. 2007. Development of a large area biodiversity monitoring system driven by remote sensing. *Progress in Physical Geography* 31:235-260.
24. Whitfield, P.H. et Cannon, A.J. 2000. Recent climate moderated shifts in Yukon hydrology. 1 Mai 2000. AWRA Spring Specialty Conference Proceedings. American Water Resource Association. Anchorage, AK. pp. 257-262.
25. Dahl, T.E. et Watmough, M.D. 2007. Current approaches to wetland status and trends monitoring in prairie Canada and the continental United States of America. *Journal canadien de télédétection* 33:S17-S27.
26. 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.

INTERFACE SCIENCE-POLITIQUE

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

1. Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique. 2010. Perspectives mondiales de la diversité biologique 3. Convention sur la diversité biologique. Montréal, QC. 94 p.
2. Dobson, A. 2005. Monitoring global rates of biodiversity change: challenges that arise in meeting the Convention on Biological Diversity (CBD) 2010 goals. *Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences* 360:229-241.
3. Monk, W.A., Baird, D.J., Curry, R.A., Glozier, N. et Peters, D.L. 2010. Rapport sur l'état et les tendances des écosystèmes : Biodiversité dans les rivières et lacs du Canada. Biodiversité canadienne : État et tendances des écosystèmes en 2010, série de rapports techniques thématiques N° 20. Les Conseils canadiens des ministres des ressources. Ottawa, ON. Sous presse.
4. Bartzen, B.A., Dufour, K.W., Clark, R.G. et Caswell, F.D. 2010. Trends in agricultural impact and recovery of wetlands in prairie Canada. *Ecological Applications* 20:525-538.
5. Boutin, S., Haughland, D.L., Schieck, J., Herbers, J. et Bayne, E. 2009. A new approach to forest biodiversity monitoring in Canada. *Forest Ecology and Management* 258:S168-S175.
6. Vaughan, H., Whitelaw, G., Craig, B. et Stewart, C. 2003. Linking ecological science to decision-making: delivering environmental monitoring information as societal feedback. *Environmental Monitoring and Assessment* 88:399-408.
7. Parcs Canada. 2007. Rapport sur l'état des aires patrimoniales protégées. Du 1^{er} avril, 2005 au 31 mars, 2007. Parcs Canada. 14 p.
8. Nielsen, S., Haughland, D., Bayne, E. et Schieck, J. 2009. Capacity of large-scale, long-term biodiversity monitoring programmes to detect trends in species prevalence. *Biodiversity and Conservation* 18:2961-2978.
9. Langor, D.W. et Spence, J.R. 2006. Arthropods as ecological indicators of sustainability in Canadian forests. *Forestry Chronicle* 82:344-350.
10. Mace, G.M. 2004. The role of taxonomy in species conservation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences* 359:711-719.
11. Packer, L., Grixiti, J.C., Roughley, R.E. et Hanner, R. 2009. The status of taxonomy in Canada and the impact of DNA barcoding. *Revue canadienne de zoologie* 87:1097-1110.

27. Krezek-Hanes, C.C., Cantin, A. et Flannigan, M.D. 2010. Tendances des grands incendies de forêts au Canada, 1959-2007. Biodiversité canadienne : État et tendances des écosystèmes en 2010, série de rapports techniques thématiques N° 6. Les Conseils canadiens des ministres des ressources. Ottawa, ON. Sous presse.
28. Fetterer, F., Knowles, K., Meier, W. et Savoie, M. 2010. Sea ice index [en ligne]. National Snow and Ice Data Center, Boulder, CO. <http://nsidc.org/data/g02135.html> (consulté le 4 octobre 2010).
29. Olthof, I. et Pouliot, D. 2010. Treeline vegetation composition and change in Canada's western subarctic from AVHRR and canopy reflectance modeling. *Remote Sensing of Environment* 114:805-815.
30. 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.
31. Latifovic, R. et Pouliot, D. 2005. Multitemporal land cover mapping for Canada: methodology and products. *Journal canadien de télédétection* 31:347-363.
32. 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. *Journal canadien de télédétection* 34:563-584.
33. Lee, P., Gysbers, J.D. et Stanojevic, Z. 2006. Canada's forest landscape fragments: a first approximation. *Global Forest Watch Canada*. Edmonton, AB. 97 p.
34. Ahem, F. 2010. Détails du delta Peace Athabasca fondés sur des données de l'Observatoire mondial des forêts du Canada.
35. Lindenmayer, D.B. et Likens, G.E. 2009. Adaptive monitoring: a new paradigm for long-term research and monitoring. *Trends in Ecology and Evolution* 24:482-486.
36. Lovett, G.M., Bums, D.A., Driscoll, C.T., Jenkins, J.C., Mitchell, M.J., Rustad, L., Shanley, J.B., Likens, G.E. et Haeuber, R. 2007. Who needs environmental monitoring? *Frontiers in Ecology and the Environment* 5:253-260.
37. MPO. 2010. Rapport sur l'état et les tendances des écosystèmes marins canadiens en 2010. Secrétariat canadien de consultation scientifique du MPO. Avis scientifique N° 2010/030(révisé). Pêches et Océans Canada. 43 p.

22. Changements rapides et seuils

1. Évaluation des écosystèmes pour le millénaire. 2005. Ecosystems and human well-being: biodiversity synthesis. Collection de l'évaluation des écosystèmes pour le millénaire. World Resources Institute. Washington, DC. 100 p.
2. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2007. Bilan 2007 des changements climatiques : Conséquences, adaptation et vulnérabilité. Contribution du Groupe de travail II au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. Parry, M.L., Canziani, O.F., Palutikof, J.P., van der Linden, P.J. et Hanson, C.E. (éds.). GIEC. Genève, Suisse. 976 p.
3. Sheffer, M., Bascompte, J., Brock, W.A., Brovkin, V. et Carpenter, S.R. 2009. Early warning signs for critical transitions. *Nature* 461:53-59.
4. Beamish, R.J., Noakes, D.J., McFarlane, G.A., Pinnix, W., Sweeting, R. et King, J. 2000. Trends in coho marine survival in relation to the regime concept. *Fisheries Oceanography* 9:114-119.
5. Crawford, W.R. et Irvine, J.R. 2009. State of physical, biological and selected fishery resources of Pacific Canadian marine ecosystems. Secrétariat canadien de consultation scientifique, Document de recherche N° 2009/022. Pêches et Océans Canada. 121 p.

Imprimé au Canada



