



Une forêt bleue



La forêt boréale du Canada : le gardien d'eau de la planète

Pew Environment Group est le bras conservateur de Pew Charitable Trusts, une organisation non gouvernementale qui applique une approche analytique rigoureuse pour améliorer les politiques publiques, informer la population et favoriser la vie citoyenne.
www.PewEnvironment.org

L'Initiative boréale canadienne et la Boreal Songbird Initiative sont des projets de l'International Boreal Conservation Campaign du Pew Environment Group, visant à protéger la plus grande forêt intacte sur Terre.

Auteurs

Jeffrey Wells, Ph.D.
Conseiller scientifique pour l'International Boreal Conservation Campaign

Dina Roberts, Ph.D.
Boreal Songbird Initiative

Peter Lee
Global Forest Watch Canada

Ryan Cheng
Global Forest Watch Canada

Marcel Darveau, Ph.D.
Canards illimités Canada

Remerciements

Pour leur travail d'examen, leurs commentaires sur ce rapport et leurs idées dans le cadre de diverses discussions et communications, nous sommes reconnaissants envers les membres de l'International Boreal Conservation Science Panel, dont : Pascal Badiou, John Jacobs, Jeremy Kerr, Micheline Manseau, Gordon Oriens, Stuart Pimm, Peter Raven, Terry Root, Nigel Roulet, James Schaefer, David Schindler, Jim Strittholt, Nancy Turner et Andrew Weaver

Ce rapport est aussi le fruit des examens, modifications, contributions et discussions des personnes suivantes : Sylvain Archambault, Chris Beck, Joanne Breckenridge, Matt Carlson, David Childs, Valerie Courtois, Ronnie Drever, Sean Durkan, Simon Dyer, Jonathon Feldgajer, Suzanne Fraser, Mary Granskou, Larry Innes, Mathew Jacobson, Steve Kallick, Sue Libenson, Anne Levesque, Lisa McCrummen, Tony Mass, Suzann Methot, Faisal Moola, Lane Nothman, Jaline Quinto, Kendra Ramdanny, Fritz Reid, Elyssa Rosen, Hugo Seguin, Gary Stewart, Allison Wells et Alan Young.

La conception graphique du rapport a été réalisée par Genevieve Margherio et Tanja Bos.

Mention bibliographique suggérée

Wells, J., D. Roberts, P. Lee, R. Cheng et M. Darveau. 2010. *Une forêt bleue. La forêt boréale du Canada : le gardien d'eau de la planète*. International Boreal Conservation Campaign. Seattle. 74 pages.

Ce rapport a été imprimé sur du papier contenant 100 % de fibres recyclées post-consommation ayant été fabriqué sans chlore.

Photos en couverture :
Bécasseau roux © Jeff Nadler
Paysage lacustre © Garth Lenz
Original © Taso Hountas
Tipis © Jeff Wells

Table des Matière

AVANT-PROPOS	2
SOMMAIRE	4
INTRODUCTION	5
VALEURS DE CONSERVATION D'IMPORTANCE MONDIALE DE LA FORÊT BLEUE	8
Cours d'eau et terres humides	
Les plus grands lacs	
Les plus grandes rivières non endiguées	
Les terres humides de la forêt boréale	
Impacts de la forêt bleue sur la météo et le climat	
Les rivières boréales, la glace de mer et les courants océaniques	
ENCADRÉ : Les conflits entre les lois occidentales et autochtones relativement au droit d'usage de l'eau	
Le stockage de carbone dans les cours d'eau, les terres humides et les tourbières de la forêt boréale du Canada	
Au cœur de la vie depuis des millénaires	
ÉTUDE DE CAS : De la forêt boréale à la mer	
Biodiversité de la région boréale	
Les oiseaux de la région boréale et l'eau	
ENCADRÉ : Les zones humides Ramsar dans la forêt boréale du Canada	
Le dernier refuge pour les grands poissons de ce monde	
Les mammifères de la région boréale et l'eau	
Les insectes de la région boréale	
IMPACTS ET POSSIBILITÉS POUR LA FORÊT BORÉALE	26
Que réserve l'avenir à la forêt bleue?	
Exploitation minière, pétrolière et gazière	
L'héritage des eaux minières	
Une métamorphose de l'industrie minière?	
ÉTUDE DE CAS : Mélanger le pétrole et l'eau	
Foresterie	
Où la coupe d'arbres et l'eau se rencontrent	
L'Association des produits forestiers du Canada en tête	

Énergie hydroélectrique	
ENCADRÉ : Le site proposé pour le barrage C sur la rivière de la Paix	
Est-ce vraiment une option « verte »?	
Les décisions écologiques en matière d'installation de lignes de transport	
Changements climatiques et menaces pour les ressources en eau douce de la région boréale	
ENCADRÉ : La vision pour la conservation de la forêt boréale	
Protection de la dernière grande forêt bleue de la planète	
Nouvelles occasions de planification respectueuse des ressources en eau	
ENCADRÉ : Parc provincial de la voie navigable de la rivière Eagle	
SOMMAIRE DES RECOMMANDATIONS POLITIQUES	46
ANNEXE I : LE BASSIN DU MACKENZIE	49
Le delta des rivières de la Paix et Athabasca : un trésor mondial menacé	
Pleins feux sur la protection du bassin hydrographique du fleuve Mackenzie	
La stratégie de gérance des eaux des Territoires du Nord-Ouest et le bassin du fleuve Mackenzie	
ANNEXE II : UN ÉQUILIBRE EST-IL POSSIBLE ENTRE L'ÉNERGIE HYDROÉLECTRIQUE ET LES AIRES PROTÉGÉES AU QUÉBEC?	53
Les impacts sur l'écologie et les Autochtones	
Le projet du complexe La Grande d'Hydro-Québec à la baie de James	
Les derniers lacs et les dernières rivières intacts au Québec	
Les plans d'Hydro-Québec pour l'avenir	
La vision de calibre mondial du Québec en matière de conservation	
Les aires protégées potentielles dans le bassin hydrographique de la baie de James et la baie d'Hudson	
Les aires protégées potentielles dans la région de la Côte-Nord au Québec	
Une question d'équilibre	

BIBLIOGRAPHIE	60
---------------------	----

Avant-propos

Avant-propos

L'eau est l'essence de la vie sur notre planète bleue. L'eau douce renouvelable est la plus sousévaluée et la plus surexploitée de nos ressources naturelles essentielles somme toute peu abondantes. À l'échelle de la planète, l'eau douce renouvelable facilement accessible représente une petite fraction des ressources en eau de la Terre.

L'Assemblée générale des Nations Unies a reconnu l'importance de l'eau douce pour l'humanité en désignant la période 2005-2015 « Décennie internationale d'action—L'eau, source de vie ». Malgré une sensibilisation internationale grandissante à l'importance des ressources en eau douce, les populations humaines continuent d'altérer les cycles hydrologiques et la connectivité hydrologique. De plus, leurs activités continuent de contribuer à la détérioration de la biocénose aquatique, menaçant du coup l'intégrité des systèmes d'eau douce. On prévoit que les êtres humains se seront appropriés 70 pour cent de l'apport annuel en eau douce renouvelable d'ici 2025. L'extraction d'eau douce et la perturbation des débits d'eau douce—principalement pour l'agriculture, l'extraction de pétrole et de minerais et la production hydroélectrique—menacent la capacité du cycle hydrologique dans la forêt boréale du Canada à maintenir la biodiversité de l'eau douce et peuvent avoir des effets imprévisibles sur le fonctionnement des écosystèmes. Les changements climatiques combinés aux impacts anthropiques sur les bassins hydrologiques devraient exercer davantage de pression sur les ressources mondiales en eau, causant ainsi de plus fortes évacuations et plus de stress hydrique dans les bassins altérés.

La région de la forêt boréale du Canada offre une des dernières occasions d'importance mondiale de protéger l'eau douce et les forêts intactes. Cette région contient une proportion considérable de l'eau douce de surface de la planète, dont une proportion relativement élevée des terres humides de la planète et certains des écosystèmes forestiers les plus intacts de la Terre. La région boréale se définit autant par l'eau que par la forêt—une réalité qui est trop souvent sous-estimée. La grande abondance de l'eau peut créer l'impression qu'elle est illimitée, mais c'est loin d'être le cas. La surexploitation et la dégradation des ressources en eau douce et des écosystèmes d'eau douce, particulièrement des tourbières, se poursuivent partout dans la forêt boréale et nuisent aux cycles climatiques, aux cycles nutritifs et à la subsistance des populations humaines dont la survie dépend de cette eau.

Le maintien d'abondantes populations de poissons migrateurs et de poissons des eaux intérieures, de la biodiversité aquatique, des eaux de tête de bassin hydrographique, des cycles hydrologiques et nutritifs ainsi que du stockage et de la séquestration de carbone dans les tourbières boisées et non boisées passe par la protection de grands écosystèmes aquatiques et forestiers intacts.

Le bilan mondial de l'eau douce—soit l'écart entre l'apport et la demande—devient de plus en plus difficile à équilibrer. La pression sans cesse grandissante exercée à l'échelle mondiale sur les ressources en eau ne pourra qu'être atténuée en mettant en œuvre à grande échelle de nouvelles politiques et stratégies de gestion en matière de conservation et de développement durable, et ce, en présence du capital politique, social et hydrique nécessaire. Le Canada, avec d'abondantes ressources en eau et des citoyens informés, présente donc un tel capital. Le présent rapport présente les faits et la vision nécessaires pour catalyser et élever l'importance donnée à l'eau à des niveaux comparables aux efforts de conservation traditionnellement axés sur les habitats terrestres. L'eau est vitale pour le Canada, et les efforts déployés pour protéger les écosystèmes intacts du Canada doivent reposer sur une compréhension de l'interdépendance de la terre et de l'eau dans les régions nordiques du pays. Si rien n'est fait pour protéger les dernières rivières non endiguées, les derniers lacs intacts et les terres humides à teneur élevée en carbone du Canada, la vie sur notre planète en subira les contrecoups. Le Canada est à un carrefour, et il est de plus en plus urgent de mettre en œuvre des initiatives stratégiques générales pour protéger des ressources en eau vitales. Nous applaudissons les efforts présentés dans ce rapport et faisons valoir l'urgence de mettre en œuvre les recommandations qui y sont formulées.

Les membres de l'International Boreal Conservation Science Panel :

Pascal Badiou, John Jacobs, Jeremy Kerr, Micheline Manseau, Gordon Orions, Stuart Pimm, Peter Raven, Terry Root, Nigel Roulet, James Schaefer, David Schindler, Jim Strittholt, Nancy Turner, Andrew Weaver

Sommaire

Sommaire

Vue du ciel par une belle journée d'été ensoleillée, la forêt boréale reluit. Une bonne partie de la forêt boréale canadienne est parsemée d'innombrables lacs, rivières et terres humides. C'est donc véritablement une forêt bleue.

S'étendant d'un bout à l'autre du continent, la forêt boréale du Canada est la dernière grande forêt intacte qui reste sur la planète. Elle représente un rempart essentiel contre la perte de biodiversité à l'échelle planétaire, procure des avantages alimentaires et culturels irremplaçables aux collectivités en milieu rural et ralentit les impacts du réchauffement planétaire. La valeur annuelle de ces écoservices est estimée à 700 milliards de dollars (Anielski et Wilson, 2009).

De plus en plus, la préservation de la forêt boréale du Canada est considérée comme une priorité mondiale en matière de conservation. Cependant, jusqu'à récemment, on accordait peu d'attention aux ressources en eau de la forêt boréale. La présente analyse représente la première compilation de décennies d'études sur les réserves en eau de la forêt boréale canadienne

Les superlatifs abondent dans le portrait ainsi peint. Se trouvent dans la forêt boréale du Canada : la moitié des lacs d'une superficie de plus de 1 km² de la planète; dix % des 50 plus grandes rivières du monde; près de 80 millions d'hectares d'eau de surface; et le dernier grand plan d'eau douce non pollué de la planète, le Grand lac de l'Ours. La forêt boréale du Canada abrite le quart des terres humides de la planète, et on y trouve plus d'eau de surface que partout ailleurs sur la Terre. Le vaste réseau de rivières non aménagées de la forêt boréale procure les derniers refuges de nombre de poissons anadromes migrateurs de la planète, dont la moitié des populations de saumons atlantiques qui restent en l'Amérique du Nord.

De plus, la forêt boréale du Canada influence le climat mondial. Les tourbières et autres terres humides stockent une quantité de carbone estimée à 208 milliards de tonnes, soit l'équivalent de plus de 25 ans d'émissions provenant de l'activité humaine au rythme actuel, et le delta du fleuve Mackenzie à lui seul en stocke 41 milliards de tonnes. L'apport d'eau douce en provenance des rivières de la forêt boréale contribue à la formation de glace de mer dans l'océan Arctique et d'autres mers nordiques. Cette glace refroidit l'atmosphère et assure une base pour la majorité de la biodiversité dans l'environnement maritime de l'Arctique.

Malheureusement, la forêt boréale du Canada est de plus en plus menacée par des activités industrielles à grande échelle. L'empreinte de l'aménagement gagne rapidement du terrain et, déjà, la foresterie, la construction de routes, l'exploitation minière, l'extraction de pétrole et de gaz ainsi que l'hydroélectricité en ont miné 728 000 km² (72,8 millions d'hectares). Pour conserver les ressources en eau de la forêt bleue, il faudra apporter des changements aux politiques.

Heureusement, certains progrès sont réalisés. La Campagne internationale de conservation de la forêt boréale du Pew Environment Group travaille en étroite collaboration avec des organismes canadiens et internationaux voués à l'environnement, des entreprises et des Premières nations pour obtenir des appuis de la Vision pour la conservation de la forêt boréale, déjà appuyée par 1 500 scientifiques dans le monde. Cette vision préconise la protection d'au moins la moitié des terres et des eaux de la région et l'application de règles de développement rigoureuses sur le reste du territoire.

Près de 12 % de la forêt boréale du Canada a été protégée à ce jour, grâce à des engagements pris par les gouvernements fédéral, provinciaux, territoriaux et autochtones et au soutien de l'industrie et d'intervenants clés. D'autres mesures visant l'adoption et la mise en œuvre de la Vision pour la conservation à grande échelle sont en cours. Mais il reste encore beaucoup à faire. Le présent rapport revendique d'autres mesures de conservation des ressources en eau, dont la conservation intégrale du bassin du Mackenzie.

Les leaders mondiaux tentent de trouver des solutions aux problèmes de la perte de biodiversité, de la pollution de l'eau et de l'approvisionnement en eau ainsi que du réchauffement planétaire. Ils devraient se tourner vers les forêts, terres humides et cours d'eau de la forêt boréale du Canada. En effet, il est crucial de préserver ce trésor mondial.

Introduction



Introduction

La région de la forêt boréale du Canada est la plus riche en ressources d'eau sur la planète. L'eau a marqué l'histoire de tous les Canadiens et a raccordé les terres autochtones aux voies de commerce et de migration utilisées au fil de l'histoire pour se rendre aux villes et aux industries dans le sud du pays. Plusieurs espèces iconiques du Canada—notamment le harard, l'original, le castor et les poissons—puisent leurs sources dans cette « forêt bleue », la forêt boréale du Canada. Ces symboles de l'histoire et des valeurs culturelles du Canada reflètent les profonds liens entre les populations et leurs terres et ressources en eau qui s'étendent depuis Terre-Neuve-et-Labrador jusqu'au Yukon et aux Territoires du Nord-Ouest.

Les ressources en eau du Canada non seulement jouent un rôle essentiel dans la définition de l'identité nationale, mais assurent des écoservices irremplaçables aux échelles locale, provinciale, nationale et mondiale. L'eau que contiennent plusieurs des voies d'eau et des terres humides de la forêt boréale canadienne est parmi les plus pures de la planète et renferme des niveaux naturels d'azote et de phosphore, de faibles niveaux de polluants d'origine humaine et peu d'espèces végétales et animales envahissantes.

La forêt boréale du Canada abrite la plus forte concentration de grandes terres humides, de grands lacs et de grandes rivières non endiguées (figure 1). Ses cours d'eau et terres humides fournissent une contribution essentielle à l'environnement global à de nombreux égards, en stabilisant le climat et en alimentant la productivité des océans de la planète, ce qui contribue ultimement à la santé et au bien-être de populations à l'échelle du globe. Ses forêts et ses tourbières sont saturées de glace et d'eau, et les sédiments dans ses lacs et deltas stockent les plus grandes quantités de carbone terrestre sur la planète.

Malgré l'abondance des ressources en eau de la forêt boréale du Canada, une réalité plus rude de destruction, de dégradation et de pollution des ressources d'eau douce est la norme partout ailleurs sur

la planète et le continent nord-américain. Aujourd'hui, les écosystèmes d'eau douce sont considérés les plus menacés sur la Terre (Dudgeon et coll., 2005, Millenium Ecosystem Assessment, 2005). La majeure partie de la zone continentale des États-Unis et du sud du Canada montre déjà des signes avancés de cette dégradation.

Un rapport a évalué à quelque 2,5 millions le nombre de barrages érigés aux États-Unis (National Research Council, 1992), tandis qu'une analyse menée en 2010 a répertorié plus de 800 grands barrages au Canada (Global Forest Watch Canada, analyse non publiée). Seulement aux États-Unis, on estime à entre 14 et 15 milliards de dollars le montant consacré depuis 1990 à la remise en état de réseaux fluviaux endommagés (Bernhardt et coll., 2005).

Les terres humides ne se portent guère mieux que les rivières dans la majeure partie de l'Amérique du Nord. On estime que plus de la moitié des terres humides ont disparu aux États-Unis depuis l'arrivée des premiers colons européens. Au Canada, jusqu'à 68 % des terres humides dans le sud de l'Ontario et 70 % des terres humides dans les Prairies ont disparu au cours des deux derniers siècles (Environnement Canada, 2009a). Dans les 48 États américains du Sud, il ne reste plus qu'un seul grand réseau fluvial—soit la rivière Pascagoula, longue de 130 kilomètres, au Mississippi—qui n'est pas encore fortement hypothéqué par des barrages (Dynesius et Nilsson, 1994).

Près de 70 % des espèces de moules d'eau douce (Williams et coll., 1993) et 51 % des espèces d'écrevisses d'eau douce sont en voie de disparition ou menacées en Amérique du Nord (Taylor et coll., 1996). Plus de la moitié des vertébrés en voie de disparition au Canada sont des espèces d'eau douce et, sur le plan de conservation, la situation des moules d'eau douce du Canada est plus préoccupante que celle de tout autre groupe animal ou végétal sur la planète (Cannings et coll., 2005). Au Canada, les espèces de poissons d'eau douce menacées sont passées de 4 % en 1979 à 10 % en 2008, tandis que les populations et les sous-espèces menacées sont passées de 10 % à 26 % au cours de



Les écosystèmes d'eau douce sont considérés comme les plus menacés de tous les grands écosystèmes terrestres.

PHOTO : GARTH LENZ

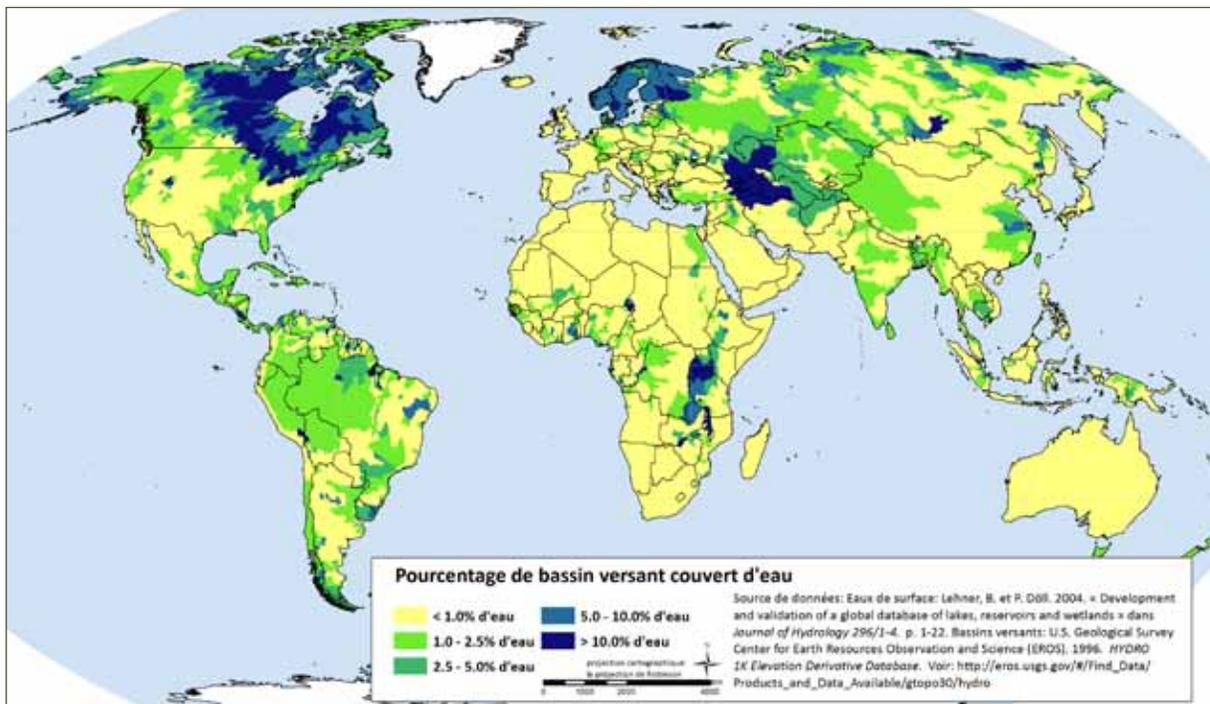


Figure 1. Les eaux de surface de la planète représentés en pourcentage de bassins versants couverts d'eau. Le Canada est le « gardien des eaux du monde », abritant plus d'eau de surface que tout autre pays.

la même période (Environnement Canada, 2009a). Le nombre d'espèces exotiques envahissantes répertoriées dans les Grands Lacs est passé d'environ dix au début du 19e siècle à 180 en 2007 (Environnement Canada, 2009a).

Malgré plusieurs statistiques et tendances alarmantes qui peignent un portrait sombre des ressources en eau douce de la planète, la forêt boréale du Canada offre de l'espoir et de l'abondance dans un monde où les excès et les abus sont nombreux tandis que l'eau se fait rare. Alors que la planète dépense des milliards de dollars chaque année pour restaurer des terres humides et des réseaux fluviaux ainsi que pour assurer l'approvisionnement en eau propre, la valeur des écoservices fournis par les terres humides et les cours d'eau de la forêt boréale canadienne a été évaluée à plus de 700 milliards de dollars (Anielski et Wilson, 2009).

La région boréale du Canada offre à la planète une des dernières occasions de conserver de grands écosystèmes aquatiques intacts, la biodiversité qu'ils soutiennent et les écoservices qu'ils fournissent. Bien que l'abondance et l'intégrité des ressources en eau du Canada

soient incomparables à l'échelle mondiale, l'équilibre des riches réserves d'eau de la forêt boréale du Canada est précaire. Dans la majeure partie de la région boréale, la quantité d'eau gagnée annuellement sous la forme de précipitations est perdue, en contrepartie, par l'évaporation et l'évapotranspiration. Souvent, le résultat est que plus d'eau s'écoule de la région et aboutit dans les océans. Une planification attentive et des mesures de protection efficaces sont absolument nécessaires pour maintenir cet équilibre précaire.

Le présent rapport examine le rôle unique de la forêt boréale du Canada dans le maintien d'importantes ressources en eau pour la planète entière. Il demeure possible et il devient de plus en plus urgent de maintenir l'intégrité et l'abondance de cette « forêt bleue ». Le présent rapport passe en revue la liste de plus en plus longue de menaces qui planent sur les abondantes ressources en eau, y compris dans les régions les plus isolées de la forêt boréale du Canada. Enfin, ce rapport vise à présenter un portrait rafraîchissant des possibilités en matière de protection des ressources en eau à des échelles géographiques telles à perpétuer l'intégrité et l'abondance des ressources en eau douce.



Parce qu'elle est en grande partie intacte, la forêt boréale du Canada représente une occasion unique d'établir un modèle pour la conservation aquatique à grande échelle.

SOURCE : IRENE OWSLEY

Valeurs de conservation d'importance mondiale de la forêt bleue



Valeurs de conservation d'importance mondiale de la forêt bleue

Il ne reste plus que cinq grands écosystèmes forestiers (figure 2) sur la planète qui demeurent très intacts et à l'abri d'activités industrielles intensives (Bryant et coll., 1997; Sanderson et coll., 2002; Mittermeier et coll., 2003; Cardillo et coll., 2006). L'écorégion de la forêt boréale nord-américaine, qui est du nombre, a fait l'objet de plusieurs des plus importants programmes et engagements de conservation des terres menés au monde (Initiative boréale canadienne, 2005; Lee et coll., 2006).

Depuis, des évaluations des forêts vierges (Lee et coll., 2006, 2003), de la diversité et de l'abondance des oiseaux (Blancher et Wells, 2005; Blancher, 2003), des valeurs de capital naturel (Anielski et Wilson, 2009), de l'importance pour le caribou des bois (Environnement Canada, 2008b; Hummel et Ray, 2008) ainsi que des valeurs de stockage de carbone et d'adaptation (Bradshaw et coll., 2009; Carlson et coll., 2010, 2009) ont été menées dans la forêt boréale canadienne. Cependant, le présent rapport est le premier à présenter en détail le plein éventail des valeurs de conservation d'importance mondiale relatives aux ressources aquatiques de la forêt boréale canadienne et à fournir un instantané des défis et des possibilités en matière de conservation de ces valeurs à l'heure actuelle.

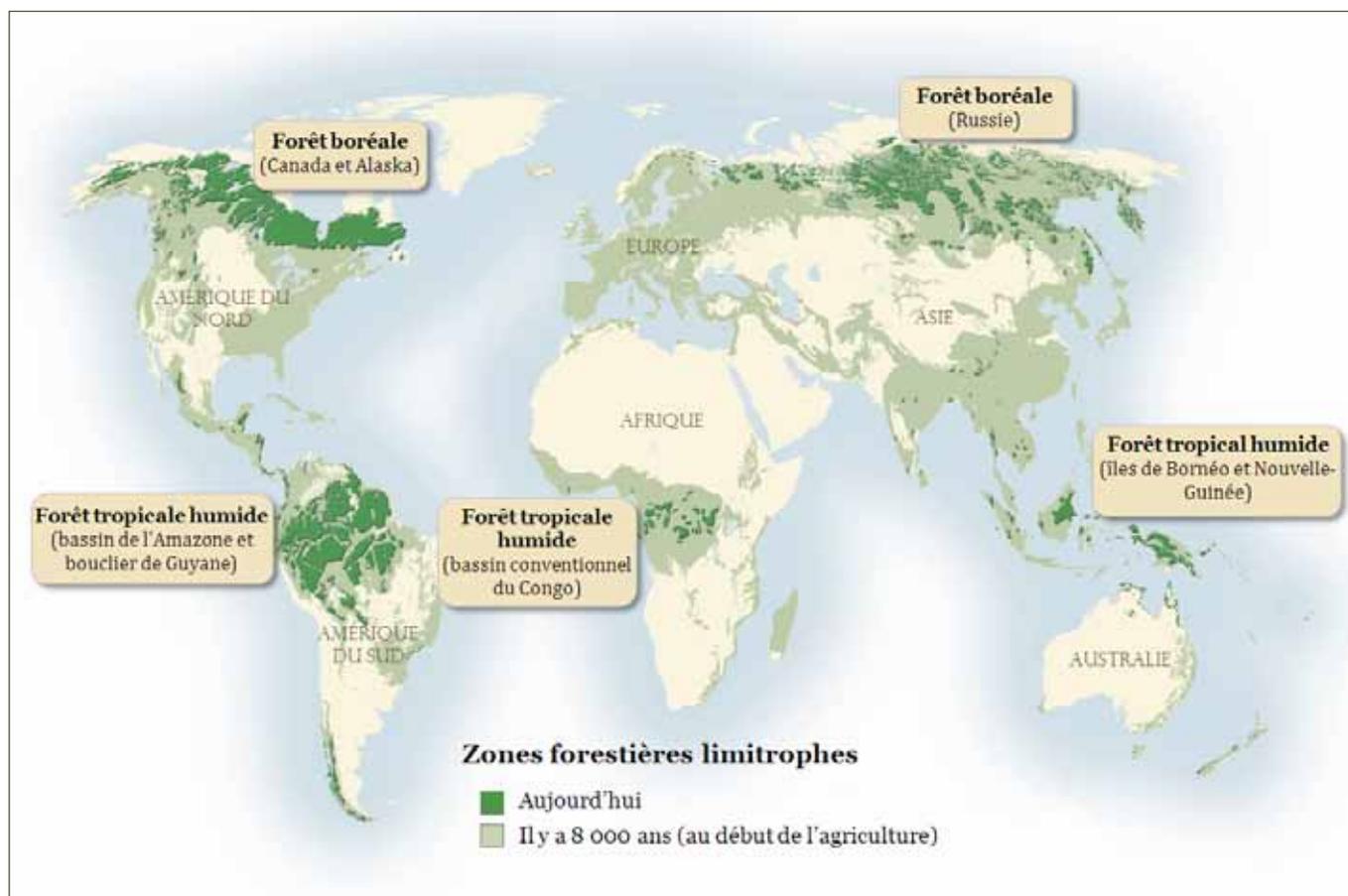


Figure 2. Les plus grandes régions forestières intactes de la planète sont concentrées dans cinq régions. La région de la forêt boréale du Canada (avec sa région adjacente en Alaska) représente 54 % des forêts boréales intactes au monde, en blocs de 50 000 hectares ou plus (www.IntactForests.org).

CARTE : CANADIAN GEOGRAPHIC

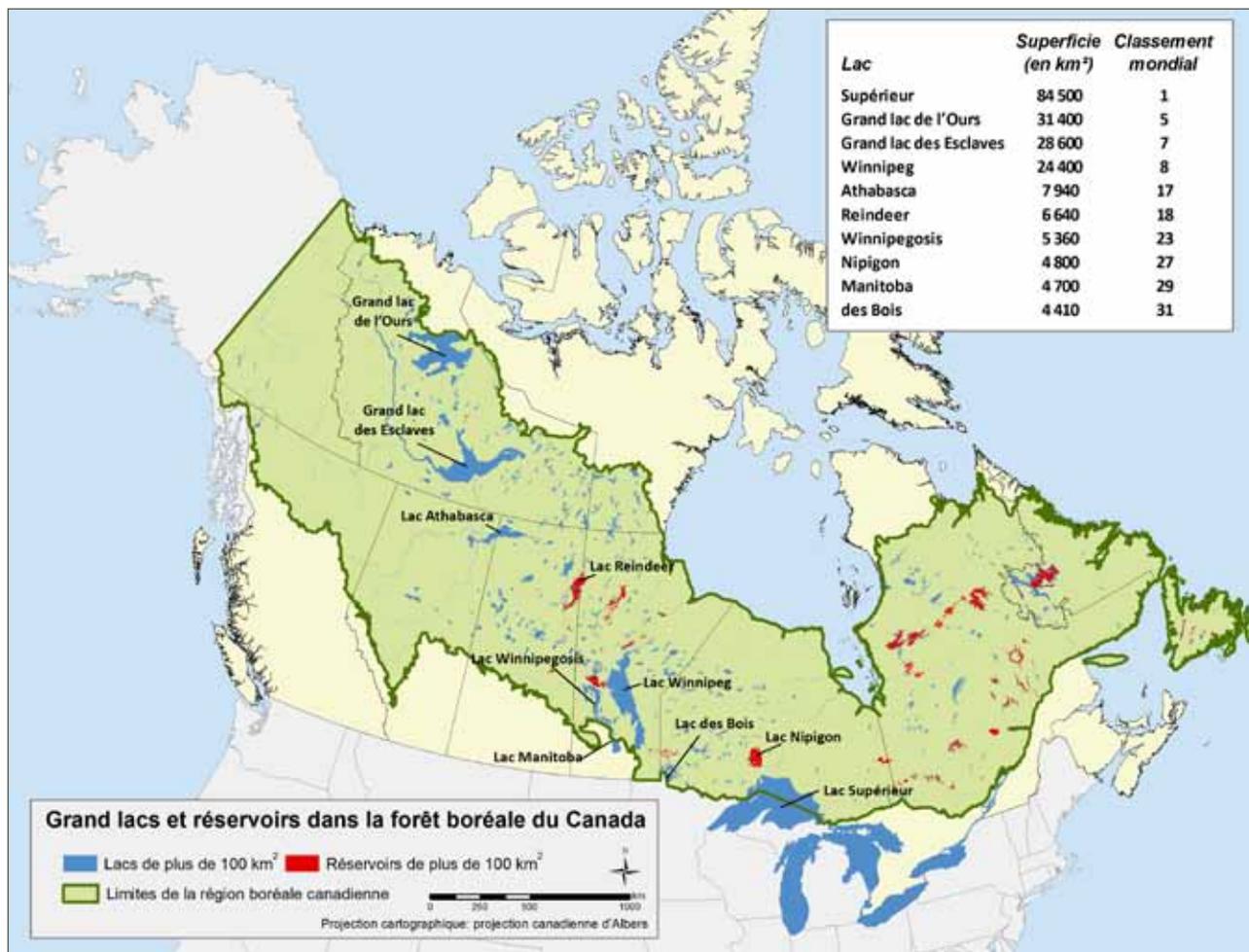


Figure 3. La région boréale abrite des millions de lacs, y compris le lac Supérieur, le Grand lac de l'Ours et le Grand lac des Esclaves, qui se classent parmi les plus grands du monde pour ce qui est de leur superficie et du volume d'eau qu'ils contiennent.

Voies d'eau et terres humides

Les plans d'eau douce de la région boréale du Canada s'étendent sur une superficie de plus de 800 000 km² (80 millions d'hectares), soit une superficie supérieure à celle de la plupart des pays du monde (Environnement Canada, 2009a). Cet énorme volume d'eau soutient divers écosystèmes, atténue les changements climatiques et alimente certaines des pêcheries les plus grandes et économiquement importantes de la planète.

Les rivières de la région boréale et leurs bassins hydrographiques—qui forment des mosaïques entrecroisées de forêts, de lacs, de vallées fluviales, de terres humides, de tourbières et de toundras—se

jettent dans trois océans et l'immense baie d'Hudson. Les océans Atlantique, Arctique et Pacifique reçoivent tous d'énormes volumes d'eau douce provenant de la forêt boréale. Tandis que les eaux abritent une abondance de poissons, de moules et d'autres espèces, les forêts elles-mêmes représentent des habitats critiques pour les loups, les ours grizzlis, les lynx et les orignaux ainsi que des espèces en péril comme le caribou des bois. Des milliards d'oiseaux chanteurs et des millions d'oies et canards vivent et se reproduisent dans les forêts et terres humides interconnectées de la région boréale.

Les plus grands lacs

Ce sont les lacs de la forêt boréale canadienne (figure 3) qui représentent la plus grande source d'eau douce accessible

dans un même pays (Minns et coll., 2008). Le lac Supérieur est le plus grand lac d'eau douce sur la planète. Le Grand lac de l'Ours est le 5e lac en importance sur Terre et le plus grand lac d'eau pure, sans traces d'envasement, de contamination toxique, d'eutrophisation ou d'acidification d'origine humaine (Herbert, 2002). Quant au Grand lac des Esclaves, c'est le 7e lac le plus grand et le 6e lac le plus profond (atteignant une profondeur maximale de 614 mètres) dans le monde (Shiklomanov et Rodda, 2003).

Près de la moitié des lacs d'une superficie de plus de 1 km² (100 hectares) se trouvent dans la région de la forêt boréale du Canada (Minns et coll., 2008). Au total, on y dénombre 600 000 lacs de 0,1 km² (10 hectares) ou plus—soit plus du quart du total planétaire (Minns et coll., 2008)—et des millions de lacs plus petits et d'étangs.

Enfin, seulement au Québec, on répertorie au moins 3,5 millions de plans d'eau (Canards illimités Canada, données non publiées).

Les plus grandes rivières non endiguées

Au total, 10 % des 50 plus grandes rivières de la planète se trouvent dans la région de la forêt boréale du Canada (Dai et Trenberth, 2002). Les rivières de la forêt boréale du Canada se démarquent par leur longueur, le volume d'eau douce qu'elles contribuent à la planète et, surtout, leur absence relative d'aménagements ou de fragmentation.

La région de la forêt boréale du Canada abrite le plus grand nombre de réseaux fluviaux sans barrages ou aménagements en Amérique du Nord (figure 4) (Dynesius et Nilsson, 1994). L'absence de barrages



Le lac Supérieur est le plus grand lac d'eau douce du monde.

PHOTO : GARTH LENZ



Figure 4. Les forêts boréales du Canada et de l'Alaska abritent la majorité des rivières non endiguées de l'Amérique du Nord. Ces rivières assurent le déplacement de l'eau, des nutriments et des poissons migrateurs entre les écosystèmes océaniques et jouent un rôle d'une importance planétaire.



Dix % des 50 plus grandes rivières traversent la région de la forêt boréale du Canada.

PHOTO : NATION INNU

permet aux rivières de la forêt boréale de maintenir leurs débits saisonniers naturels et les biocénoses qui y sont adaptées.

Ce n'est pas une coïncidence si les plus importantes migrations anadromes de saumons sauvages de l'hémisphère Nord ont lieu dans ces rivières non endiguées, particulièrement pour ce qui est des dernières grandes migrations anadromes de saumons pacifiques et atlantiques (Augerot et Foley, 2005; Scott et Crossman, 1998). Plus de la moitié des dernières rivières où fraient les saumons atlantiques migrateurs se trouvent dans la région boréale du Québec et de Terre-Neuve-et-Labrador. En revanche, cette espèce a disparu ou est en voie de disparition dans plus de 150 rivières de la Nouvelle-Angleterre, aux États-Unis, et des Maritimes, au Canada (Fédération du saumon atlantique, 2010). La rivière Yukon et le fleuve Mackenzie, les plus longs cours d'eau non endigués en Amérique du Nord, sont des frayères pour de nombreuses populations de saumons pacifiques en santé.

Des populations saines de nombreuses autres espèces de poissons migrent entre la mer ou un grand lac intérieur et les rivières pures de la forêt boréale canadienne. C'est notamment le cas de l'esturgeon noir, de l'omble chevalier, de l'omble arctique, de l'omble de fontaine, de l'esturgeon jaune, du grand corégone, de l'inconnu et de diverses espèces de saumon du Pacifique (Page et Burr, 1991; Reist et Bond, 1988; Morin et coll., 1982). Plusieurs des routes de migration de ces espèces s'étirent sur des milliers de kilomètres dans les réseaux fluviaux. Par exemple, des inconnus marqués dans la rivière Liard, en Colombie-Britannique, ont été retrouvés plus tard près de 1800 kilomètres en aval, près d'Inuvik et de Tuktoyaktuk—deux municipalités près de la décharge du fleuve Mackenzie dans la mer de Beaufort (Stephenson et coll., 2005).

Le plus long cours d'eau de la forêt boréale est le fleuve Mackenzie, qui draine un bassin hydrographique de 1,7 million de km² (170 million d'hectares) d'une longueur de 4 200 km avant de se jeter dans la mer de Beaufort (Culp et coll., 2005). Plusieurs

autres cours d'eau de la région boréale—notamment la rivière Yukon, la rivière des Esclaves, le fleuve Nelson, la rivière Liard, la rivière Koksoak et la rivière Churchill—se classent parmi les 20 cours d'eau dont le débit est le plus élevé en Amérique du Nord (Benke et Cushing, 2005).

Les terres humides de la forêt boréale

La forêt boréale du Canada abrite ce qui représente peut-être la plus grande superficie totale de terres humides sur Terre, soit plus de 1,19 million de km² (119 millions d'hectares), et le quart des milieux humides de la planète (Ressources naturelles Canada, 2009a; Tarnocai, 2009). Dans plusieurs parties du nord et de l'ouest de la région boréale, l'eau souterraine interconnecte des écosystèmes humides sur de vastes territoires (Price et coll., 2005).

Les milieux humides de la forêt boréale sont diversifiés et incluent des forêts, des landes, des dunes et des prés inondés selon les saisons ainsi que des tourbières, des marais, des forêts, des taïgas, des marais et des toundras saturés d'eau en permanence. Les milieux humides remplissent les aquifères, absorbent et filtrent des contaminants, régulent les débits fluviaux en absorbant et en libérant les excédents de débit, fournissent des habitats à la sauvagine, aux poissons et à d'autres espèces fauniques (Zedler et Kercher, 2005; Ressources naturelles Canada, 2009a) et stockent et libèrent des gaz à effet de serre. Ils jouent donc un rôle clé dans la régulation du climat (Millennium Ecosystem Assessment, 2005).

Le tiers des tourbières de la planète se trouvent au Canada (figure 5). Ces tourbières sont composées de couches de végétaux partiellement décomposés, lesquelles couches sont saturées d'eau et stockent d'énormes quantités de carbone (Tarnocai, 2009, 2006). La plupart des tourbières se trouvent dans les pays nordiques, et les 119 millions d'hectares de tourbières canadiennes stockent 147 milliards de tonnes de carbone (Tarnocai, 2009, 2006), soit environ 56 % du carbone organique du sol canadien (Ressources naturelles Canada, 2007). Le plus grand



À l'échelle mondiale, les forêts boréales contiennent plus de tourbières et de terres humides à teneur élevée en carbone que tout autre écosystème de la Terre.

PHOTO : GARTH LENZ

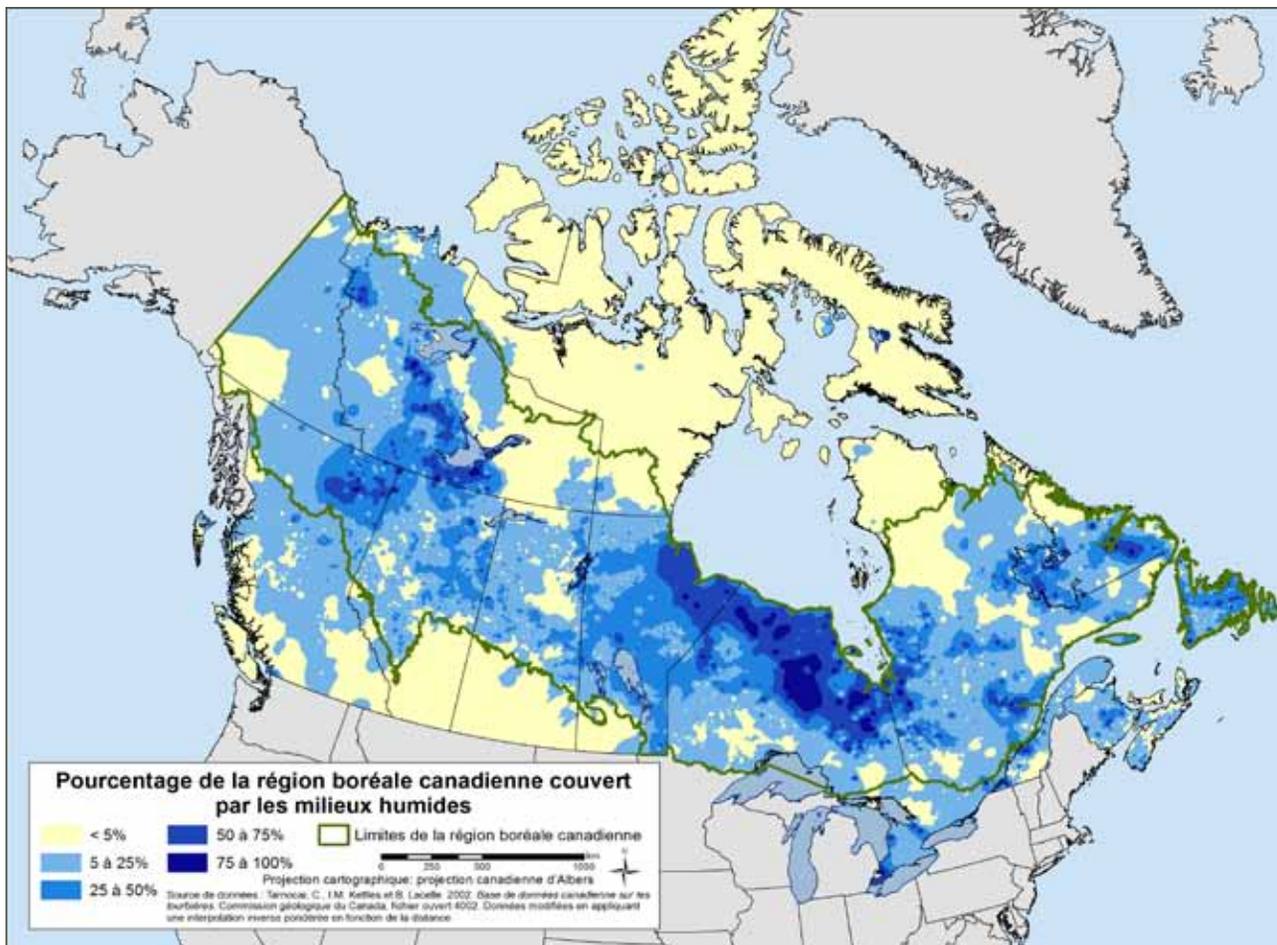


Figure 5. Les tourbières du Canada stockent et emmagasinent plus de carbone que tout autre écosystème terrestre.

réseau de tourbières de la planète se trouve dans les terres-basses de la baie d'Hudson et de la baie de James. Il occupe une superficie de 373 700 km² et s'étend sur 900 kilomètres du nord-est du Manitoba au nord-ouest du Québec en passant par le nord de l'Ontario (Abraham et Keddy, 2005; Warner et Asada, 2006). Comparativement à celles d'autres pays, les tourbières du Canada sont pour la plupart intactes et non asséchées (Gorham, 1991).

Impacts de la forêt bleue sur la météo et le climat

Les cours d'eau, les terres humides et les forêts de la région boréale canadienne ont des impacts mondiaux, continentaux et régionaux sur la météo à court terme et sur le climat à long terme (Pielke et Vidale, 1995; Taylor et coll., 1998; Eugster et coll., 2000). En fait, des études de modélisation

indiquent que les forêts boréales de la planète peuvent avoir une plus grande incidence sur le climat mondial que tout autre biome terrestre étant donné leur grande taille et l'incidence de la couverture forestière et des couvertures de neige et de glace sur les bilans énergétiques mondiaux (Bonan, 2008; Spracklen et coll., 2008; Bala et coll., 2007; Eugster et coll., 2000; Pielke et Vidale, 1995; Foley et coll., 1994; Bonan et coll., 1992). L'évapotranspiration des forêts est un facteur important dans les transferts de chaleur vers l'atmosphère et les grandes régions forestières comme la forêt boréale canadienne ont un important effet de refroidissement du climat durant les périodes de photosynthèse active (Eugster et coll., 2000). Aussi, la respiration des grandes forêts augmente les niveaux continentaux et régionaux d'humidité et de précipitations (Pielke et coll., 1998; Baldocchi et coll., 2000; Eugster et coll.,

LES CONFLITS ENTRE LES LOIS OCCIDENTALES ET AUTOCHTONES RELATIVEMENT AU DROIT D'USAGE DE L'EAU

Il existe deux approches divergentes au droit d'usage de l'eau et aux lois qui encadrent ce droit. Une approche émerge du système juridique occidental, tandis que l'autre est enracinée dans la tradition autochtone. Bien que les deux approches reconnaissent que l'eau représente une importante ressource commune, elles comportent de grandes différences.

Dans la tradition autochtone, l'eau n'est pas un bien dont on peut devenir propriétaire, et elle doit être protégée et partagée. Aucun usage n'a préséance sur un autre et les besoins de tous les êtres vivants doivent être pris en compte, dans le contexte des obligations de protéger l'eau pour les générations présentes et futures.

Les lois occidentales considèrent l'eau davantage comme une commodité, et c'est à la Couronne que revient la responsabilité d'accorder des droits d'usage de l'eau à des propriétaires fonciers et des utilisateurs autorisés tout en respectant différentes priorités. La qualité de l'eau est assurée par des lois fédérales qui interdisent la pollution des ressources en eau ou la destruction d'habitats (ex. : la Loi sur les pêches et la Loi canadienne sur la protection de l'environnement). Par ailleurs, d'autres règlements relèvent des provinces et des territoires.



L'évapotranspiration est un mécanisme parmi tant d'autres qui contribue à la régulation du climat.

PHOTO : GARTH LENZ

2000; Pielke, 2001; Pielke et coll., 2007). Les terres humides et les grands plans d'eau comme les nombreux grands lacs de la forêt boréale canadienne exercent une grande influence sur la météo régionale en augmentant la quantité des précipitations, en haussant les températures locales durant l'hiver et en baissant les températures locales durant l'été et en générant des vents locaux (Lafleur, 2008; Taylor et coll., 1998; Sun et coll., 1997).

Les rivières boréales, la glace de mer et les courants océaniques

L'eau douce de la forêt boréale canadienne qui se déverse dans les océans de la planète exerce une grande influence sur l'état des glaces nordiques, facteur en cause dans le contrôle du réchauffement climatique (Aagaard et Carmack, 1989).



Dans le nord de la région boréale, des rivières comme celle-ci, au Labrador, contribuent aux courants océaniques et à la création de glace de mer au moment de se déverser dans la mer.

PHOTO : LARRY INNES, INITIATIVE BORÉALE CANADIENNE

Aussi, ce débit d'eau douce sert de moteur hydrologique des courants océaniques, un important facteur déterminant de la dynamique du climat mondial et des variations de température attribuables au réchauffement climatique (Dai et Trenberth, 2002; Dai et coll., 2009).

L'eau douce qui se déverse dans l'Arctique et d'autres mers nordiques réduit la salinité de l'eau et accélère et facilite la formation des glaces (Loeng et coll., 2005). La glace marine est essentielle à la survie d'une grande biodiversité marine. En dépendent notamment les ours polaires, les phoques annelés, les morses, les baleines boréales, les narvals, les bélugas et nombre d'autres espèces (Cobb et coll., 2001; Reeves et coll., 2002; Stewart et Lockhart, 2005). Cette glace a un important effet refroidisseur sur le climat mondial puisqu'elle reflète de grandes quantités de rayonnement solaire vers l'espace (Loeng et coll., 2005).

Le débit d'eau douce du fleuve Mackenzie à lui seul fournit 12 % de l'eau douce déversée dans l'océan Arctique (Aagaard et Carmack, 1989). Cet apport détermine l'intensité et les déplacements des principaux courants marins, dont le tourbillon Arctique. Des masses d'eau douce provenant du Mackenzie ont été relevées partout dans l'océan Arctique au fil des mois et des années suivant le régime du tourbillon Arctique et de la

dérive transpolaire (Rawlins et coll., 2009). Ainsi, les eaux polaires froides et moins salines se mêlent au convoyeur en eau profonde de l'Atlantique Nord plus au sud, puis retournent aux tropiques où le cycle se répète (Loeng et coll., 2005; Meincke et coll., 1997).

Les rivières d'eau douce de la forêt boréale exercent une influence similaire favorable à la formation de glace dans la baie d'Hudson et la baie de James. Cette eau douce est transportée vers le Nord où elle se mêle au courant du Labrador et est transportée plus au sud dans l'Atlantique Nord (Myers et coll., 1990; DeBoer et Nof, 2004; Loeng et coll., 2005).

De même, l'eau douce de la rivière Yukon qui se déverse dans la mer de Béring contribue à la vaste couverture de glace marine dans la mer de Béring et à son milieu biologique marin florissant. Une fois dans la mer de Béring, l'eau de la rivière Yukon poursuit sa route vers le Nord et finit par se mêler au courant du Pacifique Nord qui se jette dans l'océan Arctique par le détroit de Béring (Loeng et coll., 2005; Woodgate et coll., 2006).

Le stockage de carbone dans les cours d'eau et les terres humides de la forêt boréale du Canada

Globalement, le biome boréal représente la réserve de carbone forestier la plus vaste

et la plus importante de la planète (Pimm et coll., 2009; Tarnocai et coll., 2009; Carlson et coll., 2010a, 2010b). Ce biome stocke près de deux fois la quantité de carbone par unité de surface que les forêts tropicales (GIEC, 2000).

On estime à 208,1 milliards de tonnes la quantité de carbone stockée dans la forêt boréale canadienne et ses tourbières. C'est l'équivalent du carbone émis à l'échelle mondiale par la combustion de combustibles fossiles pendant 26 ans, selon les mesures de 2006 (Carlson et coll., 2010, 2009).

Les sédiments des lacs profonds et les alluvions fluviales stockent aussi de vastes réserves de carbone (Tarnocai et coll., 2009; Schindler, 2010). Les rivières jouent un rôle important—mais historiquement sous-estimé—dans le transfert de carbone des forêts et des sols aux lacs et aux bassins océaniques (Battin et coll., 2009; Schindler, 2009). On a récemment estimé que les masses d'eau continentales à l'échelle planétaire transportent et stockent dans leurs sédiments quelque 2,7 milliards de tonnes de carbone annuellement (Battin et coll., 2009). On estime que les sédiments lacustres dans les biomes de la forêt boréale de l'Amérique du Nord, de la Russie et de la Scandinavie contiennent des réserves de carbone d'au moins 120 milliards de tonnes. De récentes

Les normes juridiques exécutoires relatives à la qualité de l'eau ne sont pas légion, et les permis et autorisations sont monnaie courante pour contourner l'interdiction de polluer l'eau ou de détruire des habitats. En dépit des traités conclus entre la Couronne et des Premières nations et des droits et titres conférés par traités aux Autochtones et garantis par l'article 35 de la Constitution canadienne, une importante ambiguïté persiste autour de la question des droits d'usage de l'eau des Autochtones du Canada. En conséquence, des conflits entre les populations autochtones et la Couronne sont inévitables lorsqu'il est question de développement industriel ou d'autres activités économiques qui nuisent à la qualité et à la quantité des ressources en eau. Les tribunaux sont actuellement saisis de plusieurs de ces conflits, portant notamment sur la validité des permis décernés par la Couronne à des entreprises dont les activités diminuent ou dégradent des sources d'eau essentielles à la survie des Autochtones ou contestant la captation d'eau de plans d'eau qui traversent des terres autochtones au détriment du débit, du volume et de la qualité de l'eau qui y circule.

Au Canada, il devient de plus en plus urgent de concilier ces deux perspectives sur l'eau et d'adopter un système plus inclusif et cohérent de règlements qui tiennent compte des valeurs à la fois autochtones et occidentales afin d'assurer une intendance efficace de cette ressource commune et essentielle.



Les terres humides de la région boréale, comme celles-ci dans les Territoires du Nord-Ouest, sont parmi les plus importants réservoirs mondiaux de carbone terrestre.

PHOTO : CHAD DELANY

estimations indiquent que 241 milliards de tonnes sont stockés dans les dépôts alluviaux des principales rivières boréales de la planète (Tarnocai et coll., 2009). En eau profonde, on a estimé à 41 milliards de tonnes la réserve de carbone dans les sédiments du delta du fleuve Mackenzie et à 16 milliards de tonnes la réserve de carbone dans les sédiments du delta de la rivière Yukon (Tarnocai et coll., 2009).

Au cœur de la vie depuis des millénaires

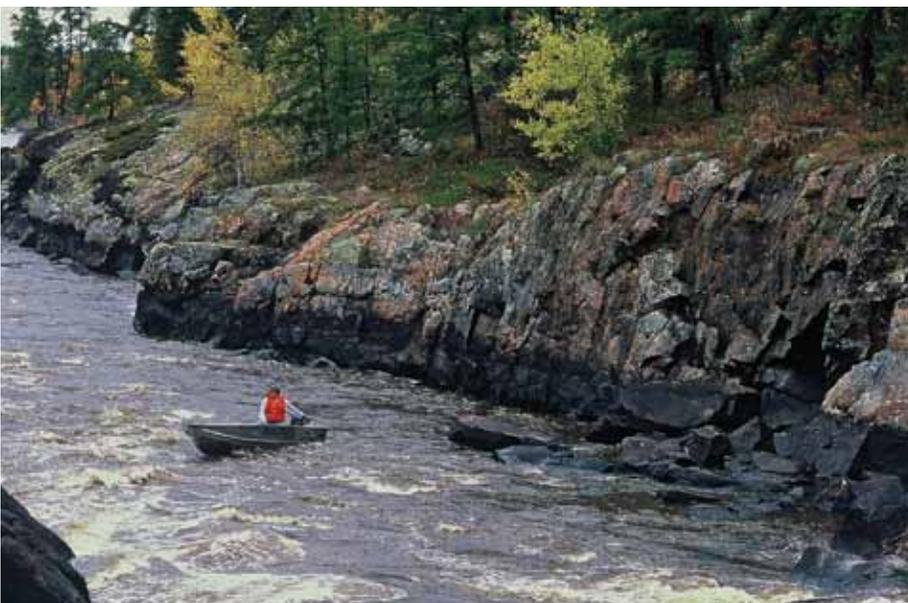
Le vaste réseau canadien de rivières, de lacs et de terres humides est au cœur de la vie des centaines de collectivités autochtones qui habitent la forêt boréale du Canada. En leur qualité d'intendants de l'eau pendant des milliers d'années, les Autochtones connaissent depuis longtemps l'importance de respecter l'eau et de veiller à la santé des écosystèmes. Les valeurs fondamentales de l'eau—comme boisson, dans l'alimentation et pour le transport—sont aussi importantes aujourd'hui qu'elles l'étaient il y a des millénaires (Notzke, 1994).

Les poissons, la sauvagine et les mammifères d'eau douce comme le castor et l'orignal représentent des aliments de base consommés par les

populations autochtones de la forêt boréale canadienne depuis des millénaires. Certaines plantes d'eau douce comme le riz sauvage représentent d'autres sources d'alimentation importantes pour divers groupes (Karst, 2010). Encore aujourd'hui, les Autochtones de la forêt boréale du Canada pêchent, trappent et chassent des espèces d'eau douce à des fins de subsistance. Il devient de plus en plus important de veiller à la salubrité des sources de nourriture naturelles puisqu'elles représentent une alternative peu coûteuse et immédiatement accessible par rapport aux aliments expédiés et emballés. De plus, les activités commerciales et sportives de pêche et de chasse constituent des sources de revenu pour nombre de collectivités dont les possibilités économiques sont autrement limitées.

Étant donné que le paysage est dominé par des marécages boisés, des marais et des tourbières détrempés, il peut s'avérer difficile de se déplacer par voie terrestre dans la forêt boréale du Canada durant l'été. Ainsi, le vaste réseau de rivières et de lacs interconnectés devient une voie de transport privilégiée. En conséquence, nombre de groupes autochtones dépendent fortement de l'eau pour se déplacer et expédier des denrées. Pour plusieurs collectivités isolées, les embarcations modernes et les hydravions représentent leurs seuls moyens de s'approvisionner et se déplacer. Par exemple, la majorité de denrées alimentaires et des fournitures qui parviennent aux collectivités autochtones le long du fleuve Mackenzie et dans les environs provient du Sud et est transportée par barge. De plus, plusieurs collectivités se rendent à leurs principaux lieux de pêche et de chasse par voie maritime.

Les innombrables valeurs du réseau de plans d'eau douce du Canada se reflètent dans les profonds liens spirituels qu'entretiennent les Autochtones avec l'eau. Puisque l'eau a une telle valeur spirituelle au sein de ces collectivités, la contamination et la dégradation de l'eau qu'ils utilisent non seulement menacent la santé et la subsistance de ces collectivités, mais peuvent aussi représenter d'importants préjudices à leur bien-être.



À l'automne, Willard Bitton de la Première nation de la rivière Poplar traverse la rivière pour se rendre à son territoire de chasse à l'orignal.

PHOTO : GARTH LENZ

ÉTUDE DE CAS : DE LA FORÊT BORÉALE À LA MER

Le cycle hydrologique de la Terre joue un rôle clé dans les cycles climatiques, écologiques et biogéochimiques régionaux et planétaires (Aagaard et Carmack, 1989; Vorosmarty et Sahagian, 2000). Les rivières jouent un rôle crucial dans la succession des cycles hydrologiques entre les systèmes terrestres et océaniques. L'écoulement de l'eau douce des rivières dans les océans assure l'équilibre de la teneur en eau douce et modifie la salinité des océans—un facteur clé dans la formation de la glace marine aux latitudes nordiques (Dai et Trenberth, 2002, 2009). Les rivières charrient non seulement de l'eau, mais aussi des sédiments, des produits chimiques et des nutriments de la terre ferme vers les estuaires et les écosystèmes océaniques.

Le débit massif d'eau douce, de sédiments et de nutriments des nombreuses grandes rivières non endiguées qui parsèment la forêt boréale canadienne vers les océans Atlantique, Pacifique et Arctique est un moteur critique des grands courants marins et de la productivité des océans qui influence le climat mondial, la biodiversité marine et la sécurité alimentaire (figure 6) (Dai et Trenberth, 2002; Dai et coll., 2009).

L'estuaire et les environnements marins à l'embouchure des réseaux fluviaux de la forêt boréale du Canada sont la clé du maintien d'écosystèmes marins en santé qui soutiennent une pêche marine abondante, de grandes colonies d'oiseaux marins et des populations de mammifères marins. Les influences bénéfiques des réseaux fluviaux de la forêt boréale du Canada pour les océans de la planète (liste modifiée de Cobb et coll., 2001) incluent :

- la nature et la durée de la couverture de glace;
- les habitats de mammifères marins, de poissons et d'oiseaux migrateurs;
- les moteurs des principaux courants marins;
- l'apport saisonnier et annuel de sédiments et de nutriments aux écosystèmes marins;
- les habitats qui soutiennent des populations de poissons anadromes (espèces qui remontent les fleuves pour pondre).

Bassin du Saint-Laurent

Les rivières boréales qui se déversent dans le golfe du Saint-Laurent et les environnements marins de Terre-Neuve-et-Labrador sont essentielles au maintien d'écosystèmes qui assurent la survie des bélugas, rorquals bleus, rorquals à bosse, rorquals communs, petits rorquals, phoques communs, phoques gris, phoques à capuchon et phoques du Groenland ainsi que de nombreuses espèces de poissons et d'invertébrés (Vincent et Dodson, 1989; Pêches et Océans Canada, 2005). Parmi les espèces importantes pour la pêche commerciale qui utilisent le Saint-Laurent à un moment ou à un autre au cours de leur cycle de vie figurent le hareng, le maquereau, la morue, le capelan, le bar d'Amérique, le homard, le pétoncle et le crabe (Pêches et Océans Canada, 2005). Ces communautés de poissons abondantes soutiennent de grandes colonies d'oiseaux marins (Gauthier et Aubry, 1995).



Figure 6. Les grandes rivières qui ont leur source et qui coulent dans les régions boréales et arctiques du Canada assurent la majorité de l'apport en eau douce des océans Arctique et Pacifique et de l'océan Atlantique par le biais de la baie d'Hudson. Ces apports en eau douce et en nutriments sont essentiels à la productivité des estuaires et au maintien de la formation de glace de mer et des niveaux de biodiversité dans les écosystèmes d'eau douce et marins.

Bassin de la baie d'Hudson et de la baie de James

Les bassins versants des rivières qui se déversent dans la baie de James et la baie d'Hudson englobent plus d'un tiers du Canada et contribuent près de 20 % de l'eau douce qui finit dans l'océan Arctique (Dery et coll., 2005; NTK, 2008). Le débit d'eau douce et de nutriments est essentiel aux estuaires et aux écosystèmes marins de la baie de James et de la baie d'Hudson, car il soutient une riche faune et d'abondantes communautés de poissons (Stewart et Lockhart, 2005; Sherman et Hempel, 2008). Aussi, les marais salés et les lits de zostère de la région soutiennent des concentrations d'importance mondiale de millions d'oies, de canards et d'oiseaux de rivage, tandis que les estuaires et les réseaux fluviaux sont habités par au moins six espèces de poissons anadromes. Les morses et les ours polaires sont courants dans la région tout comme au moins cinq espèces de baleines (dont les bélugas et les narvals) et cinq espèces de phoques. Plusieurs de ces espèces représentent une importante source de nourriture et de revenu pour les collectivités locales. Un certain nombre de mammifères marins sont plus particulièrement associés aux estuaires d'eau douce de la région. Les bélugas se concentrent par milliers dans plusieurs de ces estuaires, ce qui s'explique peut-être par la contribution de l'eau douce à la mue ou à la survie des baleineaux (Stewart et Lockhart, 2005). Une population inhabituelle de phoques communs qui habitent à longueur d'année plusieurs estuaires, rivières et lacs le long de la baie d'Hudson et de la baie de James peut être une sous-espèce ou une espèce distincte (Stewart et Lockhart, 2005; Smith et Lavigne, 1994).

Bassin du fleuve Mackenzie

Le fleuve Mackenzie est le plus long cours d'eau de la forêt boréale du Canada. Les quantités massives d'eau douce et de sédiments déversées par le fleuve Mackenzie dans la mer de Beaufort sont en grande partie responsables du fonctionnement et du soutien de l'environnement très productif de la région et ont un impact déterminant sur la formation des glaces et les courants dans l'océan Arctique (Carmack et MacDonald, 2002; Dunton et coll., 2006). La mer de Beaufort assure la survie d'une des plus importantes populations de bélugas de la planète et de plus de 10 000 baleines boréales migratrices. De plus, elle abrite des lieux de nidification et de repos pour des millions d'oiseaux, notamment des bernaches cravants, des guillemots de Brünnich ainsi que des oies des neiges (Oceans North, 2010; Dickson et Gilchrist, 2002; Howard et Smith, 2002). Plus de 70 espèces de poissons s'y trouvent en abondance, dont le Dolly Varden, le poisson-loup, la morue polaire, l'omble chevalier, le corégone, le ménomini et le hareng du Pacifique (Oceans North, 2010; Cobb et coll., 2008).

Bassin de la rivière Yukon

La rivière Yukon est la deuxième rivière la plus longue de la forêt boréale nord-américaine et contribue un important apport d'eau douce et de nutriments à la mer de Béring, elle-même un des écosystèmes marins les plus productifs sur les plans écologique et économique de la planète. Les eaux de tête de la rivière Yukon puisent leur source dans les chaînes montagneuses du Yukon et de la Colombie-Britannique (Benke et Cushing, 2005). Environ 40 % du bassin hydrologique de la rivière Yukon se trouve dans la forêt boréale du Canada, principalement sur le territoire du Yukon, et comprend les rivières Porcupine et Old Crow ainsi que l'énorme complexe de marais et de lacs d'eau douce de la plaine Old Crow, qui s'étend sur 600 000 hectares (Benke et Cushing, 2005). On estime que les plus de 2 000 lacs et étangs de la plaine Old Crow servent de lieux de nidification à quelque 500 000 oies et canards annuellement (Convention de Ramsar, 2010).

La rivière Yukon traverse l'Alaska et alimente le delta du Yukon-Kuskokwim, une région qui assure la survie d'une des plus importantes concentrations mondiales d'oiseaux qui y nichent et y migrent—dont jusqu'à 750 000 cygnes et oies, deux millions de canards et 100 millions d'oiseaux de rivage et de mer (Chiple et coll., 2003). Plusieurs des espèces de sauvagine les plus rares au monde—dont l'oie empereur, l'eider de Steller et l'eider à lunettes—s'y reproduisent (Wells, 2007). La productivité de la mer de Béring, dans laquelle la rivière Yukon déverse son eau douce, ses sédiments et ses nutriments, est reconnue mondialement; au minimum, 450 espèces de poissons, 50 espèces d'oiseaux de mer et 26 espèces de mammifères marins s'y trouvent. Parmi les espèces d'oiseaux de mer figurent plusieurs espèces qu'on ne retrouve nulle part ailleurs sur la planète, notamment la mouette des brumes et le cormoran à face rouge. Les mammifères marins y sont aussi nombreux : otarie de Steller, morse du Pacifique, otarie à fourrure, phoque veau-marin du Kamchatka, phoque à bandes, baleine noire du Pacifique Nord, baleine boréale, baleine grise et béluga. Environ la moitié de tous les poissons du commerce aux États-Unis provient de la mer de Béring tout comme le tiers de la récolte russe (Fonds mondial pour la nature, 1999).

LES ZONES HUMIDES RAMSAR DANS LA FORÊT BORÉALE DU CANADA

Le Canada compte le plus grand nombre de zones humides reconnues internationalement de la planète, désignés par la Convention sur les zones humides (Convention de Ramsar de 2008). De ces zones humides, 10 sites se trouvent près de la région de la forêt boréale du Canada ou sont carrément abritées par cette région (figure 8). Plusieurs de ces zones humides sont d'une importance capitale pour les oiseaux.

- **Parc provincial de l'Ours polaire** : 2,4 millions d'hectares longeant le rivage de la baie d'Hudson en Ontario, accueillant au moins 50 000 gibiers d'eau reproducteurs, l'entière population en âge de reproduction d'une sous-espèce de la barge marbrée, et—durant la migration— plus d'un million d'oies et de canards (Convention de Ramsar, 2010).
- **Territoire d'été de la grue blanche dans les Territoires du Nord-Ouest** : 1,7 million d'hectares englobant l'entière aire de reproduction naturelle de la grue blanche, une espèce rare à l'échelle mondiale.
- **Plaine Old Crow** : 617 000 hectares (une superficie près du double de celle de Rhode Island), des zones humides uniques au monde, où 2000 lacs et étangs assurent la subsistance de jusqu'à 500 000 gibiers d'eau reproducteurs chaque été.
- **Delta des rivières de la Paix et Athabasca dans le nord de l'Alberta** : 321 300 hectares. Trois deltas, quatre grands lacs et une étendue

Biodiversité de la région boréale

Les oiseaux de la région boréale et l'eau

Les oiseaux forment un des groupes d'espèces les plus visibles et les mieux connus qui utilisent abondamment les habitats des terres humides de la forêt boréale. On estime que la forêt boréale du Canada et la forêt boréale adjacente en Alaska accueillent entre un et trois milliards d'oiseaux durant la saison de nidification chaque année. À l'automne, jusqu'à entre trois et cinq milliards d'oiseaux adultes et de jeunes migrent vers le Sud pour passer l'hiver aux États-Unis, au Mexique ou ailleurs dans les Amériques. Ainsi, en moyenne, d'août à novembre, quelque 30 à 50 millions d'oiseaux en route vers le Sud volent au-dessus de la frontière canado-américaine chaque jour. Les terres humides de la forêt boréale du Canada et de l'Alaska ainsi que les écosystèmes forestiers et riverains adjacents et afférents assurent des habitats de nidification pour quelque 26 millions de cygnes, d'oies et de canards de 35 espèces (Blancher et Wells, 2005). Dans l'Est, des populations d'arlequins plongeurs et de garrots d'Islande, deux espèces considérées préoccupantes par le Comité sur la situation des espèces en péril du Canada (COSEPAC, 1990; Robert et coll., 2000), dépendent des rivières, des lacs et des étangs de la forêt boréale de l'est du Canada pour leur survie.

Aussi, les terres humides de la forêt boréale du Canada sont des lieux de

reproduction ou de halte migratoire essentiels pour les oiseaux de rivage— expression habituellement réservée pour décrire les bécasseaux et les pluviers. Environ 75 % de toutes les espèces d'oiseaux de rivage communes d'Amérique du Nord utilisent les terres humides de la forêt boréale comme haltes migratoires ou aires de reproduction. On estime à 7 millions le nombre d'oiseaux de rivage qui se reproduisent dans les terres humides de la forêt boréale à l'échelle nord-américaine, et des millions d'autres les utilisent durant leur migration. Plusieurs espèces d'oiseaux de rivage comptent plus de 50 % de leur population reproductrice dans la forêt boréale nord-américaine, notamment : grands et petits chevaliers, chevaliers solitaires et grivelés, bécasseaux minuscules, chevaliers errants, bécasseaux du ressac, courlis corlieux, pluviers semipalmés, barges hudsoniennes, bécassins roux, bécassines de Wilson et phalaropes à bec étroit (Blancher et Wells, 2005).

Les terres humides de la forêt boréale du Canada sont tout aussi importantes pour d'autres espèces d'oiseaux dont la survie dépend des terres humides. Par exemple, plus de la moitié des plongeurs du Pacifique, grèbes esclavons, grèbes jougris, râles jaunes, marouettes de Caroline, goélands cendrés et mouettes de Bonaparte de la planète élèvent leurs petits dans les terres humides des forêts boréales du Canada et de l'Alaska. Des espèces comme le pélican d'Amérique et la sterne caspienne nichent en grandes



Les terres humides et les cours d'eau de la forêt boréale du Canada constituent un habitat idéal pour un grand nombre d'oiseaux, dont les bécasseaux roux.

PHOTO : JEFF NADLER

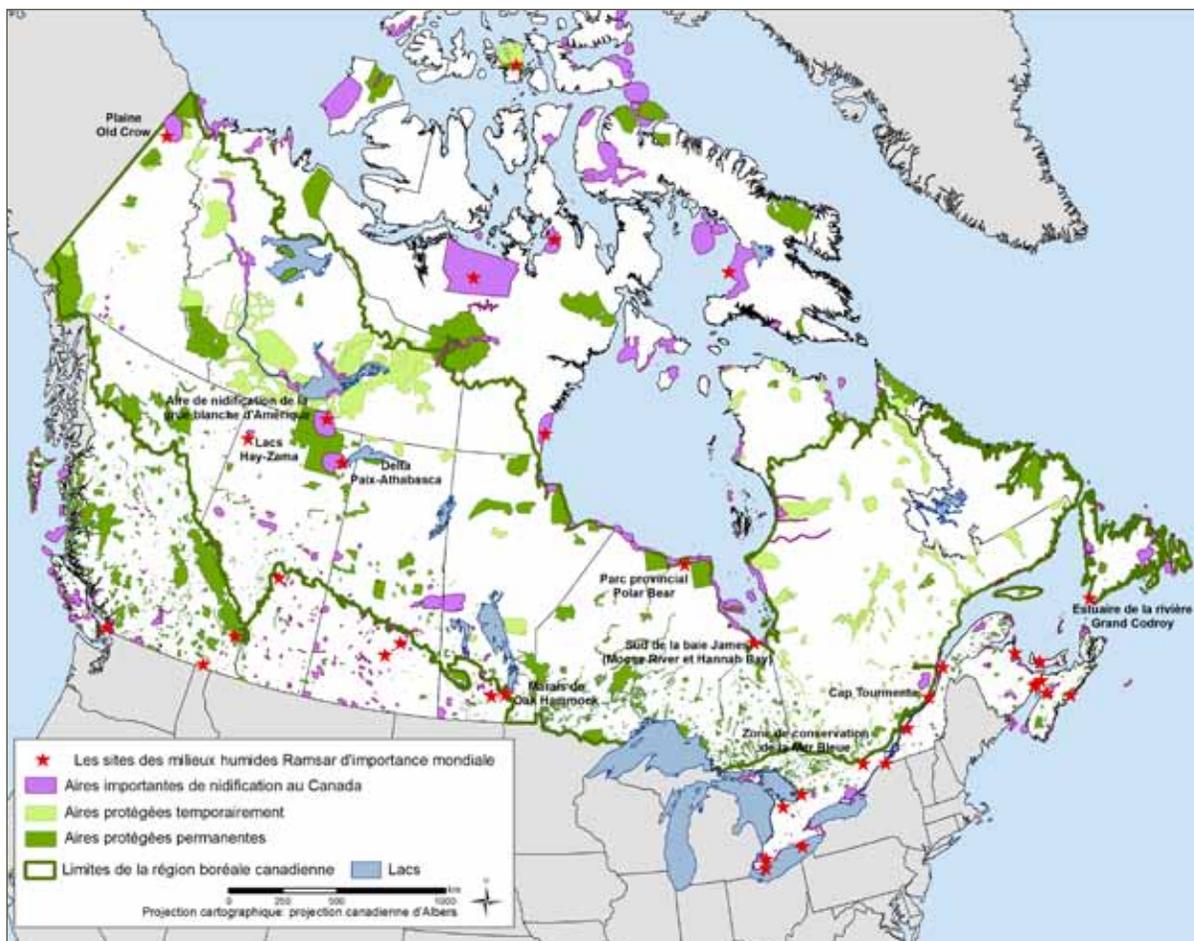


Figure 7. Les sites Ramsar et les aires de nidification importantes dans la forêt boréale du Canada.

colonies dans la région boréale du Canada. Nombre d'oiseaux chanteurs dépendent particulièrement des terres humides des forêts boréales du Canada et de l'Alaska pour leur survie, dont les moucherolles des aulnes, les parulines à couronne rousse, les parulines des ruisseaux, les parulines à gorge grise et les quiscales rouilleux.

La forêt boréale du Canada abrite certaines des terres humides les plus importantes de la planète pour les oiseaux (figure 7). Les basses-terres de la baie d'Hudson en Ontario et au Manitoba sont considérées comme les aires de reproduction les plus importantes pour les oiseaux de rivage nicheurs dans le centre du Canada (Plan de conservation des oiseaux de rivage de l'Ontario, 2006). Le delta des rivières de la Paix et Athabasca dans le nord de l'Alberta a été désigné site Ramsar d'importance internationale et aire importante de nidification de niveau mondial. Des études menées au cours des années 1970 ont

évalué que jusqu'à 1,4 million d'oiseaux aquatiques utilisaient le delta des rivières de la Paix et Athabasca durant la migration d'automne (Hennan, 1974). Des inventaires aériens d'oiseaux de rivage dans le delta, effectués localement en 1999, ont dénombré entre 11 000 et 14 000 oiseaux en une seule journée. Des inventaires aériens du delta des rivières de la Paix et Athabasca entre la fin de juin et juillet, de 1998 à 2001, ont dénombré jusqu'à 400 000 canards, foulques et oies en mue. En août et en septembre de ces mêmes années, leur nombre a atteint un sommet de 800 000, un nombre qui dépasse la population humaine d'Edmonton. (Butterworth et coll., 2002; Thomas, 2002).

D'autres sites Ramsar incluent la plaine Old Crow au Yukon, dont les 2000 lacs et étangs d'eau douce sont utilisés par jusqu'à 500 000 oies et canards nicheurs, et le Parc provincial de l'Ours polaire en Ontario, utilisé par au moins 50 000 oies et canards

d'étangs peu profonds et de zones humides assurent un habitat pour des millions de gibiers d'eau, d'oiseaux de rivage et d'autres espèces qui dépendent des zones humides. Des prés ouverts accueillent des populations sauvages de bison des bois.

- **Sud de la baie de James (rivière Moose et baie Hannah) en Ontario** : 25 290 hectares
- **Lacs Hay-Zama en Alberta** : 50 000 hectares
- **Estuaire de la rivière Grand Codroy à Terre-Neuve** : 925 hectares
- **Cap Tourmente au Québec** : 2 398 hectares
- **Aire de conservation de la Mer Bleue** : 3 343 hectares
- **Marais Oak Hammock au Manitoba** : 3 600 hectares



Plus de la moitié des grèbes esclavons de la planète élèvent leurs petits dans les forêts boréales du Canada et de l'Alaska.

PHOTO : GLEN TEPKE

nicheurs, l'entière population reproductrice d'une sous-espèce isolée de barge marbrée et—durant la migration—plus de 1 million d'oies et de canards (Convention de Ramsar, 2010).

Le dernier refuge pour les grands poissons de ce monde

Les poissons qui prospèrent dans les lacs, les rivières et les estuaires de la forêt boréale du Canada sont légendaires. Partout dans le monde, des communautés de poissons d'eau douce ont été gravement altérées par des barrières migratoires, la surpêche, la pollution et l'introduction d'espèces étrangères (Dudgeon et coll., 2005). Cependant, à l'exception des zones limitrophes du Sud et de la région des Grands Lacs, relativement peu de ces problèmes ont eu des répercussions sur les communautés aquatiques dans la forêt boréale du Canada. En conséquence, plusieurs collectivités autochtones continuent d'assurer leur subsistance par la pêche locale, tandis que la pêche sportive dans la forêt boréale canadienne attire des visiteurs provenant de partout dans le monde. Les populations de poissons migrateurs pêchés pour la subsistance et pour le sport—dont le saumon atlantique, le saumon kéta, l'omble de fontaine anadrome, l'omble chevalier, l'éperlan et l'inconnu—demeurent relativement abondantes dans les rivières de la région boréale qui assurent l'accès sur des centaines de milliers de kilomètres à des habitats de fraie non altérés par des barrages, des polluants ou des espèces étrangères (Scott et Crossman, 1973; Morin et coll., 1982; Page et Burr, 1991; Parrish et coll., 1998; Augerot et Foley, 2005; Culp et coll., 2005; Stephenson et coll., 2005; Browne, 2007).

Plus de 50 % des rivières nord-américaines fréquentées par le saumon atlantique se trouvent dans la forêt boréale du Canada (figure 8). La majeure partie de l'aire de répartition d'origine du saumon est encore peuplée de populations nonensemencées de nombreux autres poissons se trouve aussi dans la forêt boréale du Canada. C'est notamment le cas du grand corégone, de l'inconnu, de l'omble arctique, de la truite grisée, de la truite mouchetée et du grand brochet.

Quant au cisco à mâchoires égales, il est pratiquement confiné aux eaux de la région boréale du Canada et est considéré comme une espèce menacée au Canada (Page et Burr, 1991).

Aussi, les poissons de la région boréale du Canada sont renommés pour leur abondance et leur taille. La truite grise qui détient le record mondial—avec un poids de 72 livres—a été pêchée dans le Grand lac de l'Ours, et des poissons pesant entre 30 et 50 livres y sont souvent pêchés par des pêcheurs sportifs. Certains rapports non confirmés relatent des cas de fileyeurs commerciaux ayant pêché des truites grises pesant jusqu'à 100 livres dans les eaux du Grand lac de l'Ours ou du lac Athabasca (D. Schindler, communication personnelle). La truite mouchetée (14 lb 8 oz), l'omble arctique (5 lb 15 oz) et le ménomini rond (6 lb) qui détiennent le record mondial ont tous été pêchés dans des rivières de la forêt boréale du Canada (International Game Fish Association, 2010).

Souvent, les lacs de la région boréale sont habités par d'abondantes populations de poissons, principalement parce que la pêche, les polluants et les espèces envahissantes n'y exercent pas des pressions élevées. Aussi, étant donné la température froide et la plus faible productivité écologique des lacs et des rivières de la région boréale, les poissons qui les habitent se développent très lentement. Donc, les très grands poissons qu'on trouve dans ces eaux sont de très vieux poissons (Sullivan, 2003; Browne, 2007). En raison de la faible productivité écologique et de la répartition asymétrique selon l'âge des populations de poissons dans plusieurs lacs de la forêt boréale du Canada, ces populations n'ont pu résister aux intenses pressions exercées par les activités de pêche ou d'autres perturbations.

Les espèces de poissons qui migrent de la mer vers les rivières intérieures pour y frayer jouent un rôle d'une importance capitale dans le transport de nutriments vers l'eau de tête et les bassins hydrologiques intérieurs. On estime que les migrations anadromes des saumons vers certains lacs d'Alaska y injectent entre 27 et 170 tonnes de phosphore

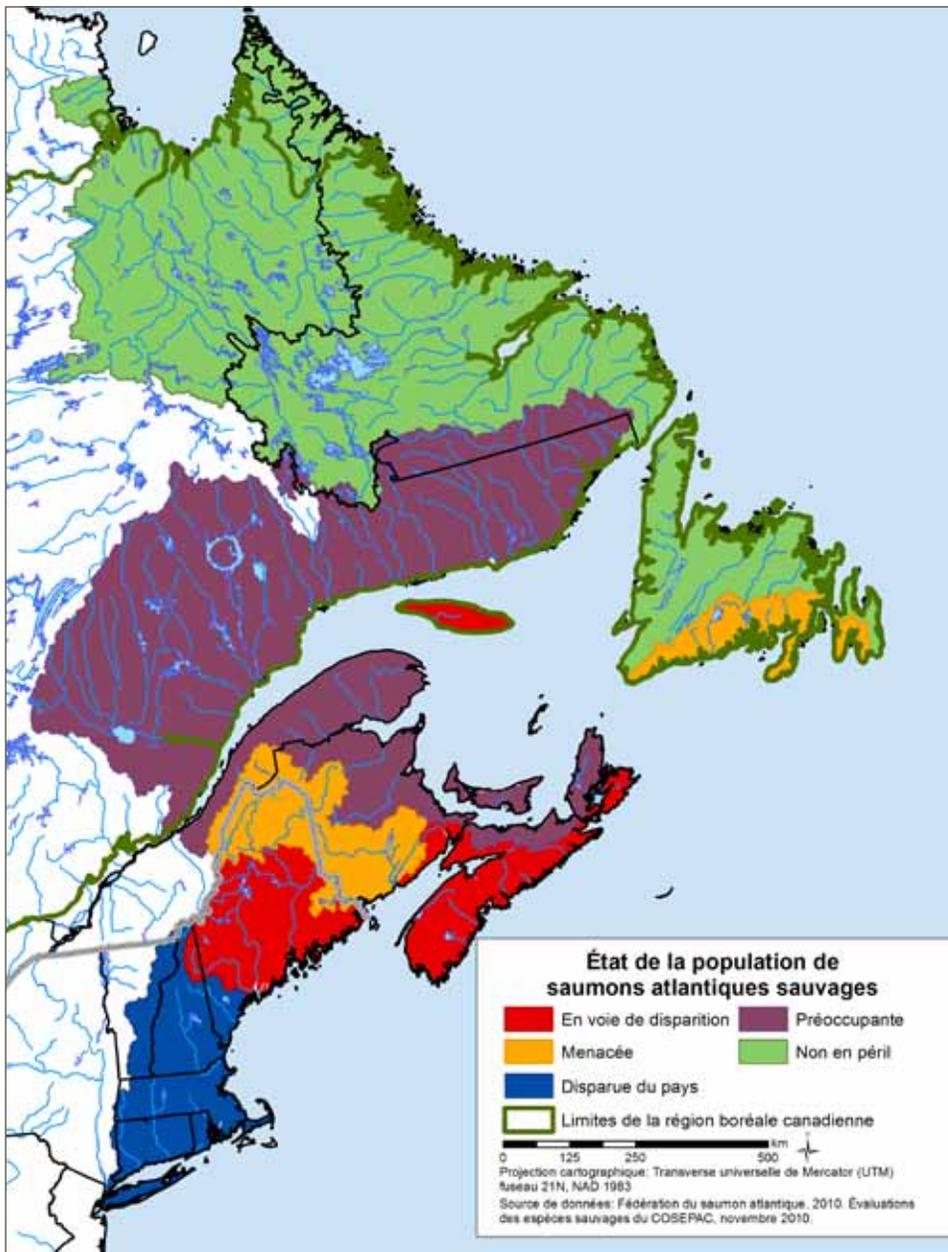


Figure 8. Les bassins versants intacts et les rivières non endiguées de Terre-Neuve-et-Labrador et du Québec assurent des lieux de fraie et des habitats d'alevinage d'importance capitale pour les plus grandes populations de saumons atlantiques par rapport aux distributions originales dans le sud du Canada et aux États-Unis, où les populations de saumons atlantiques ont disparu ou sont en déclin.

certaines années (Wilson et coll., 1998). En effet, les oiseaux et mammifères qui se nourrissent d'abondantes populations de poissons migrateurs transportent les nutriments que les poissons accumulent dans l'environnement marin jusqu'aux terres entourant les bassins hydrologiques intérieurs où fraient les poissons (Wilson et coll., 1998).

Les mammifères de la région boréale et l'eau

Les cycles de vie de plusieurs espèces de mammifères dans la forêt boréale du Canada sont étroitement liés aux cours d'eau et aux terres humides de cette forêt. Les caribous, les ours bruns, les originaux, les wapitis et les loups utilisent des zones riveraines et entretiennent des réseaux



La forêt boréale du Canada produit certaines des plus abondantes populations de poissons dulcicoles de la planète.

PHOTO: DAVID NUNUK



Le plus grand barrage de castors au monde, dans le parc national du Canada Wood Buffalo, vu de l'espace. Le barrage a une envergure étonnante de 850 mètres (2 790 pieds), soit deux fois la longueur du barrage Hoover.

PHOTO : DIGITALGLOBE DE GOOGLE EARTH

de pistes, surtout le long des berges des rivières (Naiman et Decamps, 1997).

L'orignal représente possiblement le plus emblématique des grands mammifères de la forêt boréale qui utilise largement les cours d'eau et les terres humides pour sa quête de nourriture durant l'été. Par ailleurs, le castor, la loutre, le rat musqué et le vison représentent peut-être les mammifères qui dépendent le plus des cours d'eau et des terres humides de la forêt boréale canadienne. Toutes ces espèces ont joué un rôle économique et historique important dans la colonisation du Canada (Naiman et coll., 1988).

On trouve les plus fortes densités de plusieurs des petits mammifères qui constituent le gros du régime alimentaire des oiseaux et des mammifères prédateurs dans les cours d'eau et les terres humides et à proximité de celles-ci. Parmi ces espèces figurent le campagnol à joues jaunes, le campagnol-lemming boréal, la musaraigne palustre et la musaraigne cendrée (Bowers et coll., 2004).

Le castor est un ingénieur écosystémique. L'important rôle écologique que joue le castor dans l'organisation de communautés physiques et biologiques est de plus en plus reconnu (Naiman et coll., 1988, 1986). Les digues de castor ont pour effet de ralentir le courant, d'accroître l'écoulement latéral et d'augmenter les dépôts de

nutriments sur de vastes superficies. La présence de digues de castor intactes a aussi pour effet d'accroître la diversité des habitats ainsi que la biodiversité de l'eau douce et des terrains adjacents. La biomasse et l'abondance des insectes sont multipliées par cinq (Aznar et Desrochers, 2008; Humphries et Winemiller, 2009) à proximité de digues de castor, ce qui augmente l'abondance globale des poissons et des amphibiens tout en assurant d'abondantes ressources pour la reproduction des gibiers d'eau, des balbuzards pêcheurs et d'autres espèces d'oiseaux comme les pics, le martin-pêcheur et les moucherolles (Wright et coll., 2002). Durant des périodes de sécheresse, les digues de castor peuvent contribuer à la rétention de plans d'eau, ce qui est essentiel au maintien des communautés écologiques sur le territoire (Hood et Bayley, 2008).

Les insectes de la région boréale

La forêt boréale du Canada est célèbre—ou notoire—pour son hallucinante abondance d'insectes qui dépendent de l'eau, ces insectes dont les larves se développent dans les eaux douces et muent en adultes munis d'ailes durant les chauds mois du printemps et de l'été. Les insectes qui se nourrissent de sang—notamment les moustiques, les mouches noires et les brûlots—peuvent rendre la vie difficile pour les humains et nombre de grands mammifères. La grande abondance



Les vastes réseaux de terres humides dans la forêt boréale représentent un habitat de reproduction de première importance pour les insectes dont la survie en dépend.

PHOTO : GARTH LENZ

d'insectes assure néanmoins la survie et la reproduction des milliards d'animaux qui s'en nourrissent dans la forêt boréale du Canada.

Par exemple, une étude de cinq espèces de canards plongeurs qui se reproduisent couramment dans la forêt boréale a démontré que la taille de couvée de ces espèces augmente au cours des années où les populations d'insectes aquatiques sont abondantes (Gadrarrson et Einarsson, 2004). Les milliards d'oiseaux chanteurs migrateurs qui parcourent de longues distances et qui nichent dans la forêt boréale consomment beaucoup d'insectes aquatiques durant la migration (Smith et coll., 2004) et la reproduction. La plupart des espèces de poissons dépendent d'insectes aquatiques à un moment ou à un autre de leur cycle de vie.

Un grand nombre d'insectes se trouvent uniquement ou principalement dans les voies d'eau et les milieux humides de la forêt boréale du Canada. C'est notamment le cas de libellules, de papillons, de coléoptères et de chironomides (figure 9) (Spitzer et Danks, 2006). Le nombre d'espèces de libellules dont la répartition est centrée dans la forêt boréale du Canada est impressionnant : entre autres celle des espèces de libellules *Aeshna eremita*, *Aeshna sitchensis*, *Ophiogomphus colubrinus*, *Somatochlora brevicincta*, *Somatochlora hudsonica*, *Somatochlora kennedyi* et *Leucorrhinia borealis* se limite principalement à la région boréale (Dunkle, 2000; Cannings et Cannings, 1994).

Les espèces de papillons qui dépendent des terres humides et dont l'aire de distribution se trouve principalement dans la forêt boréale du Canada comprennent *Vacciniina optilete*, *Boloria eunomia dawsoni*, *Boloria titania*, *Erebia disa* et *Oeneis jutta* (Opler et Malikul, 1992). Aussi, les tourbières du Canada sont habitées par plusieurs espèces spécialistes, notamment *Metrioptera sphagnum*, *Neonemobius palustris*, *Metriocnemus knabi* et *Wyeomyia smithii* (Spitzer et Danks, 2006; Capinera, 2004).



Figure 9. Aires de répartition de l'azuré des soldanelles, de la boloria des tourbières, de l'ophiogomphe boréal et de la cordulie ceinturée. Les aires de distribution de plusieurs insectes sont largement confinées à la région de la forêt boréale du Canada et de l'Alaska.

PHOTO : RICH KELLY (AZURÉ DES SOLDANELLES), JOEL KITS (BOLORIA DES TOURBIÈRES), DENIS DOUCET (OPHIOGOMPHE BORÉAL ET CORDULIE CEINTURÉE)

Impacts et possibilités pour la forêt boréale



Que réserve l'avenir à la forêt bleue?

De toute évidence, les voies d'eau pure et les terres humides intactes de la forêt boréale du Canada non seulement exercent une influence sur le climat et les océans de la planète, mais aussi présentent des caractéristiques de biodiversité uniques et soutiennent des collectivités humaines. Cependant, même ce dernier grand écosystème intact est de plus en plus menacé par les mêmes problèmes qui menacent les écosystèmes d'eau douce partout ailleurs sur la planète. L'empreinte laissée par les industries qui extraient les ressources naturelles dans la partie sud de la forêt boréale du Canada couvre déjà une superficie de 730 000 km². Les principales activités responsables de cette empreinte sont la foresterie, l'exploitation minière et l'extraction de gaz et de pétrole. Ces activités industrielles altèrent l'hydrologie, puisent de l'eau des réseaux fluviaux, contribuent à l'érosion et à l'envasement et augmentent les niveaux

de polluants dans les systèmes aquatiques. Aussi, grâce aux réseaux de routes et d'emprises de pipelines, elles permettent aux populations humaines un accès plus facile à des lacs, rivières et terres humides jadis isolés (figure 10). Lorsque des lacs, des rivières et des terres humides deviennent plus accessibles aux humains, les risques d'introduction d'espèces envahissantes non indigènes, de surpêche et de surexploitation d'autres espèces fauniques augmentent aussi (Post et coll., 2002; Allen et coll., 2005; Leprieur et coll., 2008). Les installations hydroélectriques constituent des obstacles qui empêchent les poissons migrateurs d'atteindre leur aire de reproduction, peuvent altérer de façon drastique les débits d'eau douce, de sédiments et d'autres nutriments déversés dans les océans, altèrent les cycles qui maintiennent les écosystèmes aquatiques et inondent de très grandes surfaces d'habitats dans les forêts et les tourbières (Dynesius et Nilsson, 1994; Vorosmarty et Sahagian, 2000; Dudgeon et coll., 2005; Nilsson et coll., 2005; Poff et coll., 2007).

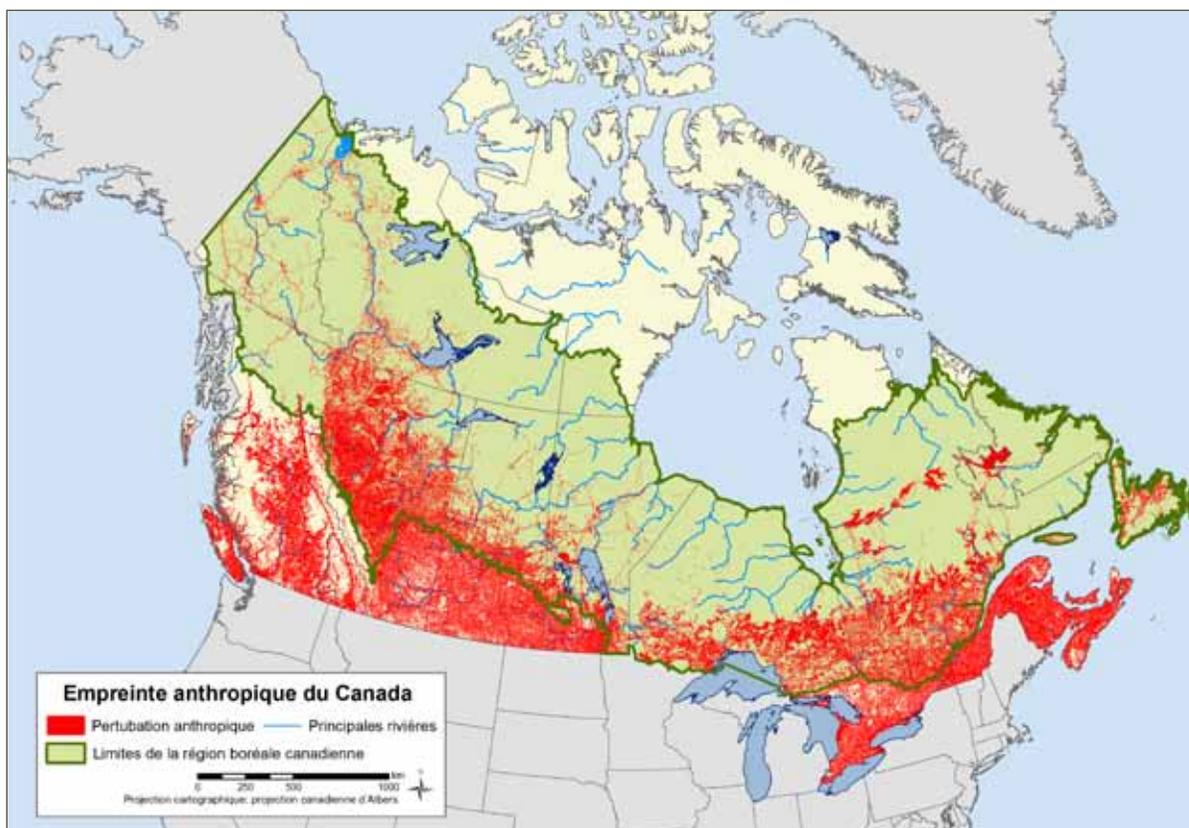


Figure 10. L'empreinte anthropique est la plus flagrante dans le sud du Canada, mais elle s'étend rapidement vers le Nord jusqu'aux derniers écosystèmes intacts de la région boréale du Canada. L'expansion de l'industrie de l'extraction des ressources naturelles dans les régions boréales menace l'intégrité des écosystèmes d'eau douce et des écoservices « gratuits ».



Les lois obsolètes sur l'exploration minière en vigueur dans plusieurs régions du Canada permettent le libre accès aux ressources minières du territoire, souvent en l'absence de processus de demande de permis ou d'examen environnemental.

PHOTO : GARTH LENZ

Exploitation minière, pétrolière et gazière

Les ressources minérales de la région boréale du Canada sont exploitées par les industries d'extraction depuis plus de 200 ans. Au terme d'autant d'années d'exploitation, la forêt boréale du Canada compte 7 000 mines abandonnées nécessitant divers degrés de remise en état et 105 mines sont en exploitation aujourd'hui. Plus de 3 000 de ces mines se trouvent dans un rayon d'un kilomètre d'un lac, d'une rivière ou d'un ruisseau (Global Forest Watch, analyse non publiée). Dans bien des cas, des sous-produits toxiques s'échappent dans les eaux avoisinantes (Initiative boréale canadienne, 2008; Mines Alert Canada, 2001).

Le Canada est le premier producteur mondial d'uranium et le troisième producteur mondial en importance de diamants. L'industrie minière dépense des milliards de dollars chaque année pour explorer de nouveaux gisements minéraux. Dans la plupart des provinces, les prospecteurs miniers acquièrent des droits en jalonnant sous l'archaïque régime foncier de libre accès, sans examen ou demande préalable. Au Québec, 85 % du territoire est accessible à l'exploration minérale et un

système de revendication en ligne a permis de doubler le nombre de concessions minières entre 2004 et 2008. Au Québec, des droits d'exploration ont été octroyés sur plus de 12 millions d'hectares du territoire (Initiative boréale canadienne, 2008).

Le Canada représente le premier pays étranger en importance pour l'approvisionnement en pétrole des États-Unis; en effet, le Canada exporte aux États-Unis plus de deux millions de barils de pétrole brut par jour en moyenne (U.S. Energy Information Administration, 2010).

Les industries pétrolière et gazière qui soutiennent ce marché d'exportation sont concentrées dans les régions plus au nord du bassin du fleuve Mackenzie, dans l'Ouest canadien. Les processus d'extraction de pétrole et de gaz affectent la qualité des ressources en eau, car il en découle la perte et la dégradation de terres humides, des émissions polluantes et l'extraction d'eau. Il existe plus de 155 000 puits pétroliers et gaziers actifs et plus de 117 000 puits abandonnés dans la forêt boréale du Canada, dont 87 % se trouvent dans un rayon de cinq kilomètres d'une rivière ou d'un lac (analyse de Global Forest Watch, 2010). Entre 1999 et 2009, quelque 10 000 nouveaux puits pétroliers et gaziers ont été forés au Canada chaque année (analyse de Global Forest Watch, 2010). Voir l'étude de cas s'y rattachant pour un compte rendu détaillé des répercussions de l'exploitation des sables bitumineux de l'Alberta sur les ressources en eau et les perspectives de conservation.

L'héritage des eaux minières

Les travaux d'exploitation minière peuvent avoir des impacts importants sur les ressources en eau dont dépendent des communautés humaines et biologiques (Bell et Donnelly, 2006; Grondie, 2006). Même à l'étape de l'exploration minière, la fragmentation et la perte d'habitats palustres résultent de la construction de routes ainsi que du forage et de l'excavation exploratoires. Presque à coup sûr, les travaux d'exploitation minière se traduisent par la perte directe d'habitats en raison du besoin inhérent d'accéder aux ressources et de les transporter à des centres de

traitement et d'expédition (Bell et Donnelly, 2006). Pensons notamment au dénudement de la roche en rasant les forêts, les terres humides et les sols pour accéder directement aux gisements minéraux sous-jacents. Dans le cas de certaines mines, des lacs doivent être vidés ou des rivières dérivées pour accéder aux gisements qui se trouvent en dessous ou pour éliminer les résidus miniers ou d'autres déchets miniers. (Initiative boréale canadienne, 2008; Mines Alerte Canada, 2001).

Quant aux mines dans les régions où la teneur en eau est élevée, l'eau doit être pompée en continu, ce qui finit par drainer les habitats palustres environnants et assécher des centaines—voire des milliers—de kilomètres carrés de terres humides autour du site minier (Kelly, 1988; Mines Alerte Canada, 2001). En fonction du minerai exploité et des procédés utilisés, l'extraction et la fusion du minerai peuvent générer plusieurs contaminants, notamment : arsenic, cyanure, mercure-cadmium et autres métaux lourds ainsi qu'acides, sels et particules de sédiments fins (Mines Alerte Canada, 2001; Lottermoser, 2003). Les effets de ces contaminants dans les systèmes aquatiques peuvent varier de la létalité directe à des changements physiologiques, reproductifs et comportementaux sublétaux chez les invertébrés, les poissons et d'autres animaux (Scheuhammer, 1987; Kelly, 1988; Thompson, 1996; Bell et Donnelly, 2006; Gondie, 2006).

En l'absence de travaux de restauration qui seraient souvent coûteux, certaines mines abandonnées continueront de déverser des contaminants dans les systèmes aquatiques bien après leur fermeture. Par exemple, les fourneaux souterrains de la mine Giant—récemment fermée—près de Yellowknife, dans les Territoires du Nord-Ouest, renferment plus de 200 000 tonnes de poussière d'arsenic dont l'extraction ou la stabilisation coûtera des centaines de millions de dollars, sans quoi le Grand lac des Esclaves situé à proximité risque d'être contaminé (Schindler et Lee, 2010).

Habituellement, les contaminants découlant des travaux d'exploitation minière sont recueillis de diverses façons. Les sociétés minières ont recours entre autres à des « bassins de résidus » pour submerger les contaminants dans l'eau. À proximité de certaines mines, des lacs naturels ont été transformés en bassins de résidus, tandis qu'ailleurs, on érige des barrages et des ouvrages de drainage. Ralentir ou prévenir les fuites de toxines s'échappant des bassins de résidus et empêcher que les animaux utilisent ces bassins—au risque d'en mourir ou d'en être contaminés—sont des préoccupations de premier ordre des sociétés minières et des organismes de réglementation (Lottermoser, 2003). Les travaux de fusion visant à raffiner le minerai extrait peuvent dégager des polluants dans l'atmosphère, dont de l'oxyde nitrique, du dioxyde de soufre et des métaux lourds. Ces polluants peuvent causer l'acidification des terres humides et des cours d'eau (Kelly, 1988; Mines Alerte Canada, 2001; Bell et Donnelly, 2006). En 2002, le gouvernement fédéral a mis à jour le Règlement sur les effluents des mines de métaux (REMM) afin de resserrer les plafonds imposés sur les rejets de cyanure et de solides en suspension et les niveaux de pH des effluents. De plus, le règlement mis à jour interdit le rejet d'effluents potentiellement létaux pour les poissons. Malheureusement, l'annexe 2 du REMM autorise l'utilisation de plans d'eau naturels comme dépôts de résidus miniers (sous réserve d'une évaluation, d'une consultation et de l'obtention d'une autorisation au cas par cas). Ainsi, entre 2002 et 2009, l'autorisation a été accordée pour convertir cinq plans d'eau naturels en bassins de résidus miniers. Ces cinq plans d'eau se sont ajoutés aux dix autres pour lesquels une autorisation avait été accordée avant 2002.

Pour ce qui de l'objectif de protéger les pêcheries, les nouvelles n'ont rien d'encourageant. En 2009, on pouvait lire dans le rapport du Commissaire fédéral à l'environnement et au développement durable que le ministère des Pêches et des Océans « ne possède pas suffisamment d'information sur les stocks de poisson,



Les fuites de contaminants dans les cours d'eau découlant de l'activité minière représentent un grave problème dans la forêt boréale du Canada.

PHOTO : GARTH LENZ



sur l'étendue et la qualité de l'habitat du poisson... » et ne peut donc pas évaluer de façon crédible s'il atteint son objectif d'aucune perte nette d'habitat du poisson au profit du développement (Bureau du vérificateur général, 2009).

En plus de l'exploitation minière en roche solide à des fins industrielles, l'exploitation des alluvions se poursuit dans certaines régions de la forêt boréale du Canada. Cette exploitation consiste à extraire l'or alluvionnaire des sédiments du lit de rivières qui coulent encore ou qui ont été asséchées. Cette forme d'exploitation minière est habituellement pratiquée seulement dans les régions minières historiques comme Dawson City, au Yukon, et Atlin, dans le nord-ouest de la Colombie-Britannique—soit des régions ayant été prises d'assaut dans la foulée de la ruée vers l'or à compter de la fin du 19e siècle. En pratique, les dépôts alluvionnaires sont exploités au moyen d'un procédé fort simple qui consiste à laver à l'eau dans un sluice des sédiments de lit de rivière pour séparer la poussière d'or du silt par gravité. Les principaux impacts de l'exploitation des alluvions comprennent la perte et la destruction de l'habitat riverain et l'accumulation de sédiments lorsque le silt dans les bassins de résidus miniers n'est pas adéquatement confiné.

Une métamorphose de l'industrie minière?

Dans une optique d'exploration minière responsable, les plus importantes modifications sont en cours en Ontario, où le gouvernement a procédé à une modernisation de la *Loi sur les mines* (gouvernement de l'Ontario, 2009a). Un processus de consultation des collectivités autochtones devra être mis sur pied et les impacts environnementaux de l'exploitation minière devront être considérablement atténués (gouvernement de l'Ontario, 2009b). La loi adoptée a obtenu l'appui d'un nombre impressionnant de sociétés minières, de Premières nations et de groupes écologistes.

Au cœur du nouveau plan est le passage d'un régime d'exploration minière « à entrée libre » sans vérification à un régime

de délivrance de permis qui exige la consultation des Autochtones et maintient des obligations en matière de conservation (Initiative boréale canadienne, 2008). En Ontario, dans la région de la forêt boréale nordique, l'exploitation minière sera autorisée sous réserve des conditions fixées dans les plans d'aménagement du territoire.

Des discussions similaires sur l'exploration minière et les réformes minières sont en cours au Québec et en Colombie-Britannique, où des investisseurs socialement responsables, des organismes voués à la conservation et des collectivités autochtones travaillent de concert avec des sociétés progressistes pour rendre l'industrie tout entière plus responsable envers la société et l'environnement. Pour sa part, l'industrie commence à reconnaître le besoin et la valeur de faire la promotion de meilleures pratiques et adopte des mesures volontaires, comme le guide *e3plus : l'exploration minière responsable* publié par l'Association canadienne des prospecteurs et entrepreneurs ou le programme (2010) *Vers le développement minier durable* de l'Association minière du Canada (2009). Ces « meilleures pratiques » reconnues doivent être appliquées à plus grande échelle et plus rigoureusement (par une mise à jour de la réglementation) pour prévenir les impacts négatifs et les conflits liés au développement continu de l'industrie partout dans la forêt boréale du Canada.

Les activités des industries pétrolière et gazière qui soutiennent ce marché d'exportation sont concentrées dans les régions nordiques du bassin du Mackenzie, dans l'Ouest canadien. Les processus servant à extraire le pétrole et le gaz ont des impacts sur l'eau : disparition et détérioration d'habitats palustres, pollution et extraction d'eau. Plus de 155 000 puits de pétrole et de gaz en exploitation et 117 000 puits abandonnés se trouvent dans la forêt boréale du Canada, et 87 % de ceux-ci sont situés à moins de cinq kilomètres d'une rivière ou d'un lac (Global Forest Watch, analyse de 2010). Quelque 10 000 nouveaux puits de pétrole et de gaz ont été forés annuellement au Canada entre 1999 et 2009 (Global Forest Watch, analyse de 2010).

ÉTUDE DE CAS : MÉLANGER LE PÉTROLE ET L'EAU

Plus de la moitié du pétrole que le Canada exporte aux États-Unis est extrait des sables bitumineux du nord-est de l'Alberta. C'est là où l'exploitation à ciel ouvert et le raffinage des dépôts de bitume en pétrole utilisable consomment d'énormes volumes d'eau; cette eau est puisée de la rivière Athabasca et d'aquifères salins souterrains. Avant l'exploitation à ciel ouvert des sables bitumineux, les terres humides au-dessus du dépôt de bitume ciblé doivent être asséchées et enlevées. On estime que 40 % des 2994 km² (299 400 hectares) d'habitat qui seront éliminés dans le processus d'exploitation à ciel ouvert des sables bitumineux sont constitués de terres humides (Woynillowicz et coll., 2005). Mentionnons qu'à ce jour, 244 km² (24 000 hectares) de terres humides ont disparu (Timoney et Lee, 2009).



L'exploitation à ciel ouvert des sables bitumineux de l'Alberta soulève de nombreuses préoccupations environnementales relatives à l'eau.

PHOTO: DAVID DODGE, PEMBINA INSTITUTE

Aussi, ces opérations d'exploitation à ciel ouvert nécessitent le pompage d'eau souterraine depuis l'intérieur du dépôt et des environs pour réduire la pression d'eau et empêcher la lente résurgence d'eau dans la mine à ciel ouvert (Woynillowicz et coll., 2005; Griffiths et coll., 2006). Ce processus a pour résultat de baisser la nappe d'eau dans les environs et d'assécher les terres humides qui se trouvent—particulièrement durant les périodes de sécheresse, qui devraient être de plus en plus fréquentes dans cette région en raison du réchauffement climatique. À l'heure actuelle, on alloue aux opérations d'exploitation des sables bitumineux un volume de 523 millions de mètres cubes d'eau par année, et le volume d'eau total requis pour mener ces opérations devrait doubler d'ici 2010 au fur et à mesure que débutent des projets d'exploitation des sables bitumineux (Griffiths et coll., 2006; ministère de l'Environnement de l'Alberta, 2007).

De plus en plus de chercheurs en sciences aquatiques et de collectivités autochtones s'inquiètent que le pompage de l'eau de la rivière Athabasca durant les périodes de faible débit provoque une augmentation des taux de mortalité des poissons et d'autres organismes aquatiques qui représentent une importante source de nourriture pour de nombreux oiseaux. On s'inquiète aussi d'éventuels dommages aux habitats aquatiques et aux habitats adjacents (MCERSC, 2007). La baisse des débits peut aussi nuire à la recharge de terres humides inondables dont la pérennité dépend d'inondations périodiques et mener à une concentration plus élevée de polluants dans l'eau (Schindler



Des sous-produits liquides toxiques résultant du processus de valorisation sont souvent pompés dans de grands bassins de résidus à ciel ouvert.

PHOTO : DAVID DODGE, PEMBINA INSTITUTE

et Donahue, 2006). L'habitat du delta des rivières De la Paix et Athabasca a déjà subi des changements majeurs causés par l'assèchement, et il y a fort à parier que cette situation soit aggravée par une baisse du débit de la rivière Athabasca et d'autres cours d'eau dans le bassin du Mackenzie (Schindler et Lee, 2010).

En plus des impacts du prélèvement de l'eau alimentant les mines à ciel ouvert, les opérations de forage *in situ* se sont beaucoup intensifiées au cours des dernières décennies (figure 11) et consomment aussi de grandes quantités d'eau, puisées principalement de réservoirs souterrains. Le processus d'extraction de pétrole *in situ* consiste à forer des puits pour atteindre des dépôts de sables bitumineux souterrains en profondeur et rincer les dépôts d'un mélange d'eau chauffée et de solvants pour dissoudre le pétrole qu'ils renferment. Ensuite, des puits sont forés plus en aval pour recueillir le pétrole dissous. La majorité de l'eau utilisée dans le forage est recyclée, mais une certaine quantité d'eau est constamment requise pour charrier des déchets miniers toxiques vers les bassins de résidus aménagés. Il est bien documenté que des substances, notamment des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et des acides naphthéniques, peuvent s'échapper des bassins de résidus et des bassins de récupération expérimentaux dans les sables bitumineux et contaminer directement les systèmes aquatiques naturels (Timoney et Lee, 2009; Gentes et coll., 2007, 2006; Gurney et coll., 2005; Bendell-Young et coll., 2000). Dans plusieurs de ces terres humides contaminées, les poissons et les amphibiens ne peuvent survivre (Bendell-Young et coll., 2000; Pollet et Bendell-Young, 2001).

Le processus de raffinage du pétrole, qu'on nomme « valorisation », rejette aussi des contaminants dans l'atmosphère, dont des oxydes d'azote, du dioxyde de soufre, des métaux lourds, des particules, des HAP et des composés organiques volatils (COV), qui retombent éventuellement dans les cours d'eau et les terres humides par l'action de la précipitation (Kelley et coll., 2009; Bytnerowicz et coll., 2010). Des niveaux élevés de ces polluants ont été trouvés dans un rayon de 25 kilomètres d'usines de valorisation des sables bitumineux (Kelly et coll., 2009; Bytnerowicz et coll., 2010). On évalue que les émissions de pluies acides résultant de l'exploitation des sables bitumineux finiront par affecter, au minimum, entre 500 et 1 000 km² (entre 50 000 et 100 000 hectares) d'habitat terrestre et un minimum de 25 lacs n'ayant pas la capacité naturelle de neutraliser cette acidité (Woynillowicz et coll., 2005).

Un gazoduc long de 1 280 kilomètres proposé le long du fleuve Mackenzie dans les Territoires du Nord-Ouest ouvrirait la vallée fluviale la plus intacte de la planète au

développement et permettrait probablement l'exploitation d'autres dépôts de sables bitumineux (Schindler et Lee, 2010). De plus, Environnement Canada prédisait que les émissions de gaz à effet de serre attribuables à l'exploitation des sables bitumineux—représentant 4 % des émissions nationales en 2006—augmenteraient pour représenter 12 % des émissions nationales d'ici 2020 et représenteraient 44 % de l'augmentation des émissions canadiennes de gaz à effet de serre de 2006 à 2020 (Environnement Canada, 2008c).

Protection des terres dans les sables bitumineux?

Les problèmes découlant de l'exploitation des sables bitumineux alimentent et continueront d'alimenter un intense débat public (Nikiforuk, 2008). Il a été proposé d'agrandir la zone protégée dans la région interdite au développement industriel pour atténuer les impacts futurs et accorder plus d'importance aux valeurs de conservation de la région (Dyer et coll., 2008). La Cumulative Effects Management Agency, un organisme sans but lucratif créé par le gouvernement albertain, a recommandé qu'entre 20 % et 40 % de la région soit désignée interdite au développement industriel et que 46 % de la région soit allouée en tout temps à l'exploitation forestière ou à des fins d'aménagement du territoire similaires (CEMA, 2008). Un plan couvrant une partie de la région (le plan d'aménagement du territoire du cours inférieur de la rivière Athabasca) est déjà en cours d'élaboration (gouvernement de l'Alberta, 2009), et plusieurs groupes voués à la conservation ont proposé l'objectif de préserver au moins 40 % de l'assise territoriale régionale afin de compenser la perte et la détérioration d'habitat dans les régions touchées par le développement industriel.

Les pressions canadiennes et internationales exercées sur à la fois le gouvernement de l'Alberta et le gouvernement fédéral se sont intensifiées considérablement et revendiquent des mesures plus rigoureuses de protection de l'environnement et de la qualité de l'eau dans un contexte d'exploitation des sables bitumineux (Nikiforuk, 2008). Des plans visant à réduire ou à éliminer les bassins de résidus, à atténuer l'empreinte sur le territoire, à créer des mesures de compensation de la perte d'habitat faunique et à augmenter le partage des décisions avec les Premières nations devraient être élaborés.

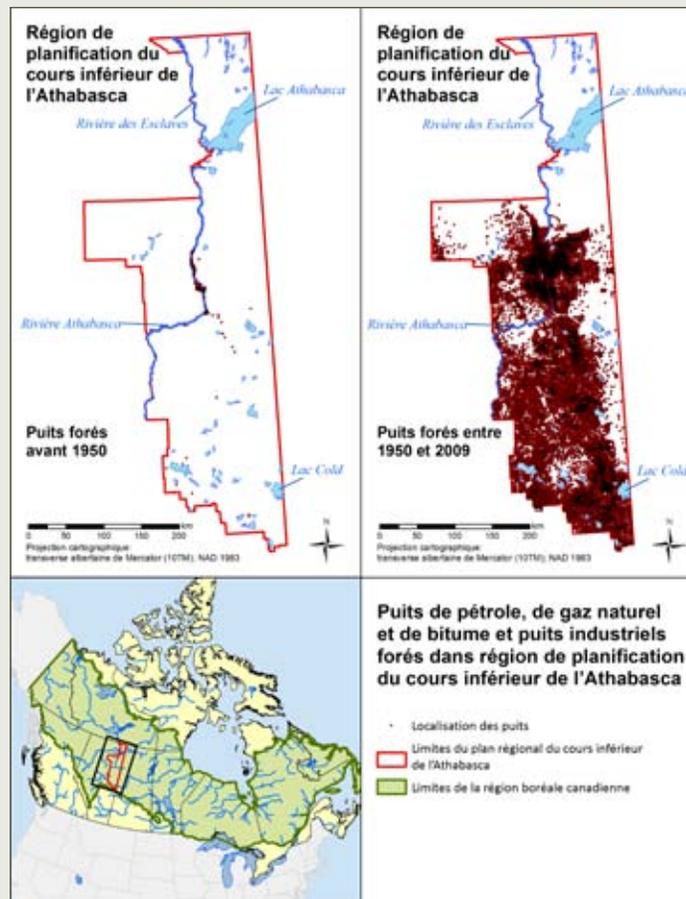


Figure 11. Des cartes de série temporelle (avant et après 1950) indiquent une forte hausse des activités de forage de puits de pétrole, de gaz et d'huile dans la région du cours inférieur de l'Athabasca en Alberta.

Foresterie

Le Canada est le plus grand exportateur de pâte de bois et le deuxième pays producteur de pâte en importance dans le monde. Il produit 20,3 millions de tonnes de pâte par année, dont la majorité est vendue sous la forme de papier aux États-Unis (Ressources naturelles Canada, 2009b). Les Américains consomment 80 % des produits pour exportation de la forêt boréale canadienne et beaucoup du bois coupé sert à la fabrication d'articles jetables comme du courrier poubelle, des catalogues et du papier hygiénique (U.S. Fish and Wildlife Service, 2006).

Où la coupe d'arbres et l'eau se rencontrent

En raison de l'hydrologie complexe de la forêt boréale canadienne et des écosystèmes d'eau douce, la récolte du bois peut avoir d'importantes conséquences sur les réseaux d'eau douce (Lindenmayer et Franklin, 2002). La coupe des arbres augmente l'érosion, ce qui a pour effet d'augmenter l'afflux de silt et d'eau dans les cours d'eau de l'ordre de deux à trois fois par rapport aux niveaux

d'avant-récolte et les niveaux de mercure augmentent souvent de façon considérable au cours des quelques années suivant une récolte de bois (Cross et Everest, 1997; Schindler, 1998a,b; Garcia et Carignan, 2005; Bishop et coll., 2009; Sørensen et coll., 2009a,b). Il a été démontré que la récolte de bois près des ruisseaux et des rivières a pour effet d'augmenter la température de l'eau et d'exposer les organismes aquatiques à des niveaux plus élevés de rayons UV nocifs (Berry, 1994; McCart, 1997; Schindler, 1998).

Tout indique que l'exploitation forestière à grande échelle mènera à une réduction des précipitations sur la région et à une hausse des températures régionales, en plus d'accroître les risques d'incendies causés par les orages et la foudre aux limites du territoire exploité en raison des variations du flux de chaleur dans l'atmosphère le long des limites des blocs de coupe (Eugster et coll., 2000, Valentini et coll., 2000). L'exploitation forestière risque de modifier la structure d'âge et la composition en espèces sur de vastes territoires (Cyr et coll., 2009), affectant ainsi le flux de chaleur et influençant le climat aux échelles locale, régionale et mondiale (Eugster et coll., 2000).

Certains des principaux impacts des activités forestières sur les systèmes aquatiques découlent de la construction de réseaux routiers permettant d'accéder aux arbres et d'assurer le transport des arbres coupés jusqu'aux papetières, où le bois est transformé en pâte. Souvent, les routes elles-mêmes arrêtent ou ralentissent les débits d'eau de surface et d'eau souterraine, surtout dans les zones plus planes et plus humides, et peuvent modifier la dynamique de l'écosystème en isolant les terres humides des sources de réapprovisionnement en eau et en nutriments (Hammond, 2009). L'érosion causée par les activités forestières et responsable de l'envasement des ruisseaux et des rivières est majoritairement attribuable à la construction de routes. L'augmentation de la charge sédimentaire dans les ruisseaux et les rivières peut détruire les aires de ponte et d'alevinage des poissons (Lindenmayer et Franklin, 2002; Croke et Hairsine, 2006).



L'empreinte de pratiques forestières non durables se répand dans la forêt boréale du Canada depuis des décennies, mais de récentes améliorations apportées par de grandes sociétés forestières donnent raison d'espérer un avenir meilleur.

PHOTO : GARTH LENZ

Un des effets les plus insidieux de la construction de routes résulte de l'installation de ponceaux sous les routes. Ces ponceaux, s'ils ont été mal installés ou ont été inondés après leur installation, deviennent des obstacles aux déplacements des poissons et d'autres organismes dans les cours d'eau. En conséquence, l'habitat disponible diminue et les poissons peuvent moins facilement quitter un milieu détérioré (Fairless et coll., 1994; Cross et Everest, 1997). Une étude du bassin hydrologique de la forêt boréale en Alberta indique que l'affaissement des ponceaux est responsable de la perte de jusqu'à 20 % de l'habitat lotique original de l'omble arctique et d'autres espèces de poissons (Park et coll., 2008). Il a été démontré que la récolte forestière a un effet négatif sur l'abondance et la distribution de certaines espèces de poissons dans les bassins versants touchés (Ripley et coll., 2005). La récolte forestière devrait mener à la disparition des populations d'omble à tête plate dans entre 24 % et 43 % de l'habitat lotique d'un bassin versant de la forêt boréale d'ici 20 ans (Ripley et coll., 2005). La diversité génétique de l'omble à tête plate était inférieure en amont des ponceaux qui bloquaient la circulation des poissons et crée des îlots d'habitat aquatique isolés sur le reste du réseau hydrographique (Neville et coll., 2009).

L'Association des produits forestiers du Canada en tête

Alors que les pratiques non durables de plusieurs sociétés forestières ont été vivement critiquées par le public, un certain nombre de ces sociétés ont joué un rôle de chef de file dans l'élaboration d'un modèle de gestion durable des forêts à la fine pointe des connaissances. En effet, une entente annoncée en mai 2010 place les plus importantes sociétés forestières canadiennes à l'avant-scène mondiale pour ce qui est de l'intégration de valeurs de conservation et de pratiques durables dans l'industrie forestière.

Selon l'Entente sur la forêt boréale canadienne—qui lie neuf organismes environnementaux sans but lucratif et l'Association des produits forestiers du Canada (APFC)—, les sociétés forestières



La portée de l'Entente sur la forêt boréale canadienne en fait un accord sans précédent dans le monde entier.

PHOTO : GARTH LENZ

membres s'engagent à suspendre l'exploitation de la forêt sur 29 millions d'hectares de tenures forestières (concessions). Aussi, elles s'engagent, d'ici trois ans, à présenter un plan visant à mettre en place les pratiques de développement durable les plus rigoureuses sur l'ensemble du territoire exploité par les sociétés membres de l'APFC. Cette zone couvre 72 millions d'hectares. En échange, les neuf organismes environnementaux sans but lucratif se sont engagés à suspendre leurs campagnes de boycottage des produits fabriqués par ces sociétés forestières (Kallick, 2010; Pew Environment Group, 2010).

Énergie hydroélectrique

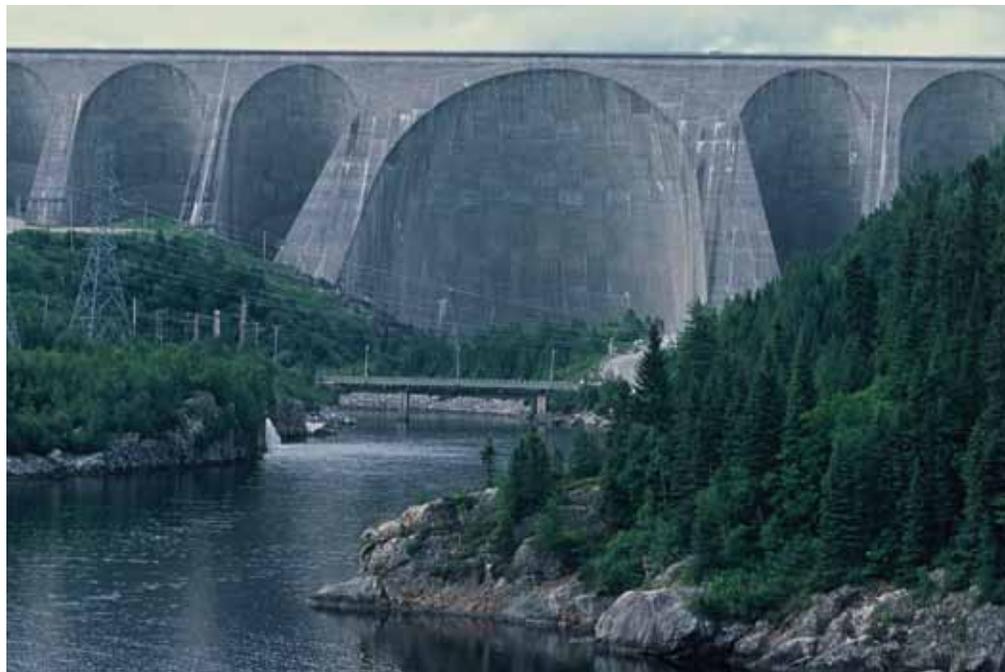
Le Canada est le premier producteur d'énergie hydroélectrique en importance dans le monde, et sa production représente environ 15 % de la production mondiale totale (Environnement Canada, 2010a). Alors que la demande d'énergie monte en flèche et que des centrales au charbon sont fermées, les provinces canadiennes

SITE PROPOSÉ POUR LE BARRAGE C SUR LA RIVIÈRE DE LA PAIX

La puissante rivière de la Paix, en Colombie-Britannique, a subi des changements irrévocables au cours des 50 dernières années à la suite de l'érection de deux méga-barrages qui ont inondé des dizaines de milliers d'hectares de forêt boréale et de terres agricoles et causé la perte de collectivités et du patrimoine culturel des Premières nations.

Le 19 avril 2010, le gouvernement libéral de Gordon Campbell a pris plusieurs par surprise en annonçant son intention de procéder à la construction d'un troisième barrage tant attendu, mais combien décrié, sur la rivière, soit le barrage C. Le gouvernement a lancé une étape de développement et de consultation, soit la troisième de cinq étapes requises pour réaliser la construction du barrage au cours d'une période de dix ans.

BC Hydro et les supporters du projet prétendent que le projet de 6,6 milliards de dollars – qui comprend un barrage d'une hauteur de 60 mètres et d'un réservoir long de 83 kilomètres —représente l'option la plus propre, la plus écologique et la plus économique pour répondre aux besoins énergétiques croissants de la province. Ils estiment que le projet n'émettra que quatre millions de tonnes de gaz à effet de serre au cours de sa vie utile tout en générant 900 mégawatts d'énergie renouvelable—soit suffisamment d'énergie pour alimenter 460 000 ménages en électricité pendant un siècle. Ils projettent 7500 années-personnes de travail



Le barrage Daniel-Johnson érigé en pleine forêt boréale du Québec.

PHOTO : GARTH LENZ

planifient de nouveaux développements hydroélectriques d'envergure pour ajouter à ceux déjà en exploitation. Déjà, à l'échelle du Canada, 20 nouveaux barrages ont été officiellement proposés ou sont planifiés pour la production d'hydroélectricité et plus de 100 sites potentiels pour la construction de barrages hydroélectriques ont été identifiés. La majorité des sites proposés et potentiels se trouve au Québec et en Colombie-Britannique, mais on en compte aussi plusieurs en Ontario, au Manitoba, en Saskatchewan et à Terre-Neuve-et-Labrador (Global Forest Watch Canada, analyse non publiée).

À l'échelle canadienne, on répertorie au moins 626 grands barrages hydroélectriques (Environnement Canada, 2010a) et près de 40 % de l'hydroélectricité au Canada est produite en exploitant le débit de rivières dont la source se trouve dans la forêt boréale ou qui traversent celle-ci, notamment au Québec et en Ontario (figure 12) (Global Forest Watch Canada, analyse non publiée).

Pour réaliser plusieurs des plus grands projets hydroélectriques, il serait nécessaire de détourner de grandes quantités d'eau entre les bassins hydrographiques. En fait, on compte 62 projets de détournement

d'eau entre bassins au Canada (Ghassemi et White, 2007). De tels détournements ont souvent eu des conséquences catastrophiques sur les ressources en eau, les terres qu'elles alimentent et les populations qui en dépendent (McCutcheon, 1991; Richardson, 1991; Nilsson et Berggren, 2000; Bunn et Arthington, 2002; Dudley et Platania, 2007). Au total, à l'échelle canadienne, 4 400 m³ d'eau sont détournés chaque seconde, et ce volume ne retourne pas au bassin versant d'où il a été détourné. En fait, le Canada détourne plus d'eau que tout autre pays du monde (Dynesius et Nilsson, 1994; Ghassemi et White, 2007).

Deux des dix plus importantes installations hydroélectriques de la planète se trouvent dans la forêt boréale du Canada. La plus importante au Canada est le Projet de la Baie-James, dans le nord du Québec (le complexe La Grande). Les huit barrages formant le complexe La Grande génèrent la deuxième quantité d'électricité en importance de la planète, après le projet chinois des Trois Gorges. Le projet a nécessité le détournement de 60 % du débit combiné des rivières québécoises Eastmain, Opinaca et Caniapiscau et l'inondation de plus de 11 355 km² (1,1 millions d'hectares) d'habitat faunique sur les territoires traditionnels des Cris.

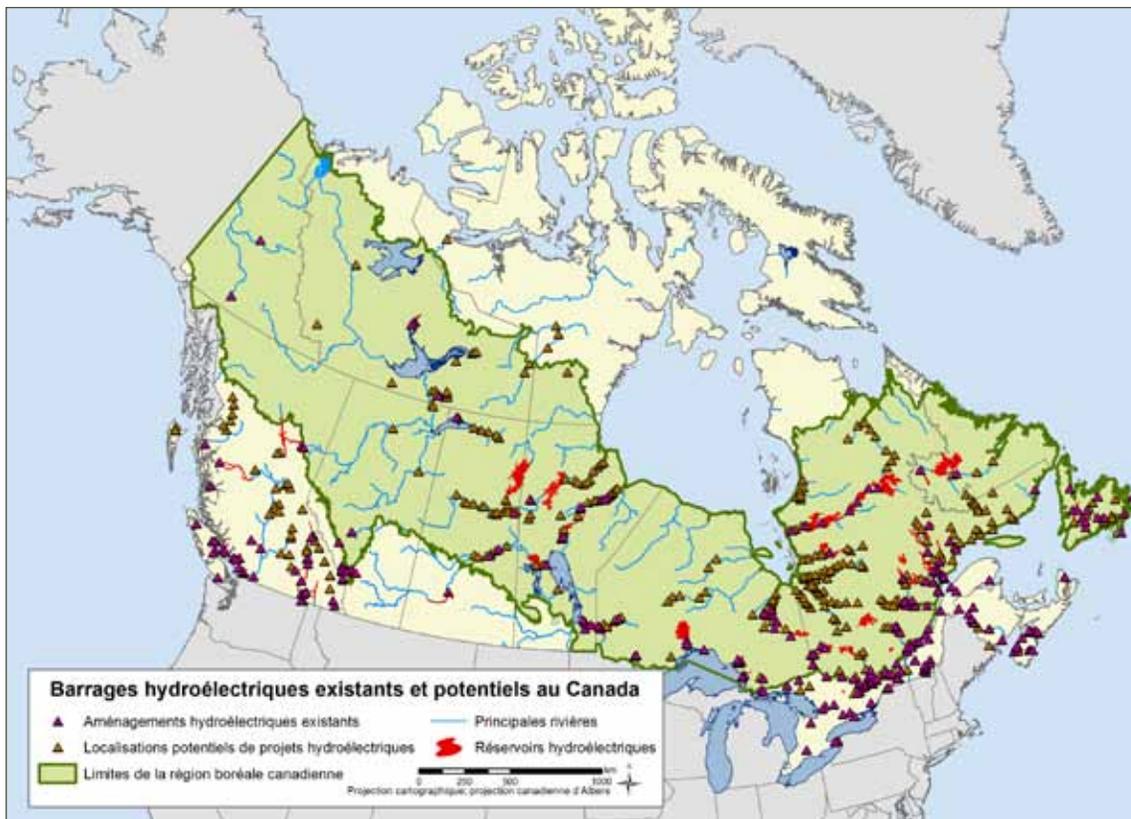


Figure 12. Barrages hydroélectriques existants et potentiels au Canada.

Au Labrador, le projet des chutes Churchill, en termes de capacité de production, représente le deuxième projet hydroélectrique en importance au Canada, le troisième en importance en Amérique du Nord et le dixième en importance dans le monde. La superficie inondée par le bassin derrière le barrage érigé aux chutes Churchill totalise près de 7 000 km² (700 000 hectares).

D'autres grands projets hydroélectriques dans les bassins hydrologiques de la forêt boréale du Canada incluent entre autres les multiples barrages érigés dans le bassin hydrologique de la rivière Nelson, au Manitoba, et sur ses affluents, qui ont entraîné le détournement de 60 % du débit de la rivière Churchill (Manitoba) dans la rivière Nelson. Ils incluent aussi les barrages érigés sur la rivière Manicouagan au Québec (y compris le barrage Daniel-Johnson, dont le bassin couvre 2 000 km², soit 200 000 hectares), le barrage W.A.C. Bennett sur la rivière de la Paix en Colombie-Britannique (bassin de 1 660 km² ou 166 000 hectares) et les barrages du complexe de la rivière et du lac Nipigon, en Ontario.

Est-ce vraiment une option « verte »?

Bien qu'ils émettent comparativement moins de carbone par rapport à plusieurs sources d'énergie conventionnelles, les projets hydroélectriques ont néanmoins eu des impacts considérables sur l'habitat faunique, les processus écologiques et les collectivités autochtones (Rosenberg et coll., 1995; Rosenberg et coll., 1997; Bunn et Arthington, 2002; Poff et coll., 2007).

Historiquement, ce sont les collectivités autochtones établies près d'un projet hydroélectrique qui ont été les plus affectées par ces projets (McCutcheon, 1991; Richardson, 1991; Niezen, 1993; Berkes et coll., 2007; Desbiens, 2007; Loo, 2007). Des collectivités et des campements individuels ont dû être démenagés, des terrains de chasse traditionnels ont été inondés à la suite de la création d'un réservoir, la contamination par le mercure a augmenté dans des sources de nourriture traditionnelles comme le poisson, les habitats se sont dégradés au détriment de l'abondance des populations de poissons et de gibiers, les territoires sont devenus moins accessibles et le

local et 35000 emplois directs et indirects à l'échelle de la province. L'impact sur les milieux en aval du delta des rivières de la Paix et Athabasca, long de 1000 kilomètres (621 milles), a été jugé négligeable puisque le barrage C serait alimenté en eau provenant du plus grand réservoir Williston du barrage W.A.C. Bennett, situé en amont.

Des Premières nations signataires du Traité no 8, dont les terres et les sites culturels ont été détruits par la construction de barrages dans le passé et qui affirment que le gouvernement fait fi de leurs préoccupations une fois de plus, sont beaucoup plus sceptiques quant aux avantages et beaucoup plus inquiètes quant au prix à payer. Elles ont refusé d'assister à l'annonce de la construction du

barrage C, faite par le premier ministre Campbell au barrage W.A.C. Bennett—un site qui symbolise encore aujourd’hui, pour ces Premières nations, tout ce qu’elles ont déjà perdu.

Plusieurs groupes voués à la conservation sont tout aussi sceptiques et craignent que les « calculs d’énergie propre » de BC Hydro ne tiennent pas compte de la perte de capacité de séquestration de carbone et de production d’oxygène résultant de la destruction de 9 000 hectares (22 240 acres) de terres pour faire place au nouveau barrage. Par ailleurs, ces groupes doutent qu’on ait tenu compte du CO₂, du méthane et de l’oxyde nitreux émis par la végétation en décomposition dans la forêt inondée.

Des Premières nations, des groupes écologistes et d’autres soutiennent aussi que l’électricité produite par le barrage servira à intensifier le développement minier, pétrolier et gazier dans la région pour alimenter les projets d’exploitation des sables bitumineux en Alberta. Tout ce développement aurait un effet multiplicateur très important des dommages directement attribuables à la construction du barrage et à l’aménagement du réservoir.



Un cimetière traditionnel dans un endroit isolé du nord du Manitoba est lentement inondé par Hydro Manitoba.

PHOTO : GARTH LENZ

nombre de visiteurs et de travailleurs non autochtones dans la région a augmenté (Rosenberg et coll., 1995; Rosenberg et coll., 1997; Hornig, 1999; Hayeur, 2001).

La perte et la détérioration de terres humides et le barrage de cours d’eau ont gravement nui à la biodiversité à l’échelle planétaire, dont aux États-Unis et au Canada. Sur le plan écologique, un des impacts les plus évidents des barrages est qu’ils empêchent le poisson de migrer entre l’amont et l’aval des réseaux fluviaux (Dudley et Platania, 2007). Plusieurs barrages bloquent l’accès des populations de poissons migrateurs aux aires de ponte en amont, ce qui équivaut à une destruction d’habitat. La migration de diverses espèces de saumon est chose du passé ou menacée dans des centaines de rivières (Musick et coll., 2000), surtout celles où des barrages ont été érigés sans passes à poissons adéquates (MacCrimmon et Gots, 1979; Parrish et coll., 1998; Freeman et coll., 2003). Par exemple, le saumon atlantique, qui remonte les rivières pour y pondre ses œufs, est disparu de toutes les rivières dans son aire de distribution historique aux États-Unis, à l’exception de huit. Dans la baie de Fundy, la population de saumons atlantiques est passée de 40 000 poissons dans les années 1980 à quelques centaines en 1999 (Musick et coll., 2000). Plus de 100 stocks indigènes d’espèces de saumon pacifique ont disparu des rivières nord-américaines et 214 autres sont en voie de disparition ou risquent de disparaître, faute de mesures de conservation adéquates. Quant à leur nombre total, il a chuté de plus de 90 % (Nehlsen et coll., 1991; Freeman et coll., 2003). Dans les États de la Californie, de l’Idaho, de l’Oregon et de Washington, les barrages empêchent les poissons migrateurs d’accéder à 40 % de leur aire originale (Gresh et coll., 2000). Un résultat inattendu du déclin des populations de poissons migrateurs et d’autres organismes aquatiques affectés par les barrages a été l’évolution rapide de la composition des espèces et de la productivité des écosystèmes en amont des barrages (Freeman et coll., 2003; Greathouse et coll., 2006).

Un autre impact des projets hydroélectriques est l’inondation d’habitat terrestre par la création de réservoirs. Au Canada, la création de réservoirs a inondé une superficie terrestre de plus de 52 000 km² (5,2 millions d’hectares), ce qui peut facilement expliquer la perte de l’habitat de millions d’oiseaux, un estimé conservateur basé sur des densités des populations d’oiseaux de 160 oiseaux par km² (Erskine, 1977). Un nombre très élevé de petits mammifères et d’insectes ont aussi été affectés. De plus, la décomposition de la végétation dans les réservoirs ainsi créés est à l’origine d’une importante et persistante pollution par le méthylmercure et du rejet de grandes quantités de gaz à effet de serre (Rosenberg et coll., 1997).

L’habitat terrestre en aval des barrages subit aussi de profondes transformations, même à des centaines de kilomètres plus loin, et cela en lien avec la modification des débits naturels. On estime que les grands barrages du Canada ont affecté au moins 130 000 kilomètres de rivières (McAllister, 2000). Une baisse de débit peut avoir pour effet d’augmenter la distance sur laquelle l’eau salée pénètre dans les rivières depuis leur embouchure, un phénomène qui cause l’effondrement et l’érosion des berges et modifie la densité et la composition des espèces de plantes qui poussent le long des rivières (Roy et Messier, 1989; Nilsson et Berggren, 2000; Poff et Hart, 2002). La fréquence d’inondations diminue après l’érection d’un barrage, ce qui a pour effet de nuire à d’importants processus écologiques, dont le déchaussement de la végétation, la remise en eau de petits étangs et de plans d’eau peu profonds (qui représentent souvent d’importantes aires de ponte pour des organismes aquatiques) et le dépôt de sédiments et de nutriments qui alimentent les terres humides et les forêts dans les plaines inondables et les deltas (Poff et coll., 1997; Bunn et Arthington, 2002; Poff et coll., 2007).

Un autre impact des installations hydroélectriques, surtout dans les régions plus éloignées, est l’érection de grandes lignes de transport d’énergie. S’étendant parfois sur des milliers de kilomètres, ces lignes de transport fragmentent les forêts, modifient la dynamique prédateur-proie de communautés de mammifères

et intensifient les pressions exercées par la pêche sportive et l'accès humain sur des plans d'eau jadis intacts. Hydro Québec maintient 130 000 km de lignes de transport et de distribution (Hydro Québec, 2009; Hayeur, 2001) et Ontario Hydro (aujourd'hui Hydro One) en gère 150 000 km (Hydro One, 2010). Ces lignes de transport sont une cause de mortalité directe pour les oiseaux qui frappent les câbles et les tours; de plus, la fragmentation forestière qui leur est associée et qui est responsable d'une longue liste d'impacts indésirables sur les oiseaux et d'autres animaux a des effets à long terme (Donovan et coll., 1995; Faaborg et coll., 1995; Walters, 1998; Hobson et Bayne, 2000; Fahrig, 2003; Stephens et coll., 2003).

Les habitats aquatiques subissent aussi des changements et des pertes attribuables aux effets de modification et de régulation des débits d'eau causés par les barrages (Nilsson et Berggren, 2000; Marty et coll., 2008). Le réservoir derrière un barrage augmente la profondeur de l'eau et en ralentit le débit, créant du coup un habitat moins propice aux espèces adaptées à une eau peu profonde à débit rapide (Nilsson et Berggren, 2000; Bunn et Arthington, 2002). Souvent, de tels changements favorisent des espèces envahissantes non indigènes au détriment des espèces indigènes et il appert que les réservoirs des barrages facilitent l'invasion d'espèces étrangères dans les habitats d'eau douce naturels situés à proximité (Leprieur et coll., 2008; Johnson et coll., 2008).

Un effet bien documenté de la construction de barrages est une augmentation rapide des niveaux de mercure dans les réservoirs derrière les barrages ainsi qu'en aval (Bodaly et coll., 1984; Brouard et coll., 1994; Morrison et Therien, 1995; Rosenberg et coll., 1995; Rosenberg et coll., 1997; Hall et coll., 2005). Cette augmentation s'explique par la transformation de mercure inorganique en méthylmercure par des bactéries qui décomposent les sols et les tourbes organiques récemment inondés (Louchouart et coll., 1993). Ensuite, le méthylmercure entre dans la chaîne alimentaire, en commençant par les microorganismes qui ingèrent les

bactéries, les invertébrés qui ingèrent les microorganismes et les petits poissons qui ingèrent les invertébrés, puis par de plus grands poissons, oiseaux et mammifères prédateurs qui se nourrissent de plus petits poissons. Puisque le méthylmercure s'accumule dans chaque organisme formant la chaîne alimentaire, les poissons, oiseaux et mammifères prédateurs dans le haut de la chaîne peuvent finir par contenir de fortes concentrations de mercure, surtout au terme de nombreuses années (Verdon et coll., 1991; Langlois et coll., 1995; Doyon et coll., 1998; Hayeur, 2001). Les niveaux de mercure dans les poissons prédateurs des réservoirs hydroélectriques du nord dépassent systématiquement les niveaux naturels et les niveaux sécuritaires suggérés pour la consommation humaine. Par exemple, les niveaux de mercure mesurés dans les brochets et les dorés dans le système de réservoirs du complexe La Grande, au Québec, ont atteint des niveaux six fois plus élevés que les niveaux naturels et six fois plus élevés que le niveau sécuritaire pour la consommation humaine (Roebuck, 1999; Hayeur, 2001). Il est possible que les niveaux de mercure dans l'eau et les microorganismes diminuent de 10 à 15

Des questions sérieuses se soulèvent aussi quant à la nécessité d'engager de telles dépenses et une destruction à si grande échelle pour ériger le barrage du site C et quant à la possibilité d'avoir recours à de nouvelles technologies pour rendre les barrages en place plus efficaces et ainsi répondre aux besoins croissants en électricité. Le réservoir du site C serait 20 fois plus petit que celui du barrage W.A.C. Bennett; pourtant, les progrès technologiques réalisés au cours des dernières décennies permettraient au nouveau barrage de générer 33 % de la puissance générée par le plus vieux barrage. La technologie rendant un tel rendement possible pourrait-elle être appliquée pour mettre à niveau de plus vieux barrages afin d'en accroître la capacité de production de façon marquée au lieu de servir à la construction d'un nouveau barrage?



Les inondations en aval des barrages ne touchent pas seulement l'habitat de la faune locale, mais peuvent aussi augmenter les niveaux de mercure dans l'eau et de gaz à effet de serre se dégageant du sol.

PHOTO : GARTH LENZ



Les lignes de transport sont responsables d'un des impacts environnementaux de l'hydroélectricité les moins connus et discutés.

PHOTO : GARTH LENZ

ans après la construction d'un réservoir de barrage, mais les niveaux qu'on trouve dans les poissons prédateurs demeurent habituellement élevés pendant une période de 20 à 30 ans (Rosenberg et coll., 1995; Rosenberg et coll., 1997; Schetagne et Verdon, 1999; Schetagne et coll., 2000).

Étant donné qu'on accorde de plus en plus d'importance à l'hydroélectricité comme « énergie verte », plusieurs sont surpris d'apprendre que les producteurs d'hydroélectricité sont des émetteurs nets de gaz à effet de serre (St. Louis et coll., 2000). Les émissions en continu les plus importantes des projets hydroélectriques sont le méthane et le dioxyde de carbone rejetés par les sols organiques et les tourbières inondés par les barrages (St. Louis et coll., 2000; Tremblay et coll., 2004). La quantité de gaz à effet de serre émise annuellement par un réservoir donné dépendra de plusieurs facteurs, dont le contenu en carbone de la zone inondée, la profondeur, la température et les propriétés chimiques de l'eau du réservoir ainsi que l'âge du réservoir (Rosenberg et coll., 1997; St. Louis et coll., 2000). Il a été estimé que certains projets hydroélectriques dans les régions tropicales émettent plus de gaz à effet de serre que si la même quantité d'électricité avait été générée à partir de combustibles fossiles (Fearnside, 2004; Fearnside, 2005). Dans les régions nordiques froides, les projets hydroélectriques émettent beaucoup moins de gaz à effet de serre que ceux dans les régions tropicales et encore moins que les sources d'énergie conventionnelles. Cependant, il reste encore à comptabiliser les niveaux des émissions de dioxyde de carbone et de méthane des surfaces et des évacuateurs de crues des réservoirs ainsi qu'en aval des barrages afin de les comparer aux niveaux présents dans les écosystèmes naturels avant le développement du projet hydroélectrique (Duchemin et coll., 2006; Tremblay et coll., 2004).

Enfin, la construction de barrages peut avoir des incidences majeures en aval, en épuisant les débits de nutriments et de sédiments dans les deltas fluviaux, les estuaires et les écosystèmes marins et

nuisant ainsi à la production des pêcheries (Rosenberg et coll., 1997; Sklar et Browder, 1998; Loneragan et Bunn, 1999; Bunn et Arthington, 2002; Kimmerer, 2002; Le Pape et coll., 2003). Par exemple, dans le golfe du Saint-Laurent, la quantité de nutriments qui se déversent dans le réseau chaque printemps a diminué de 20 à 30 % en raison des barrages qui retiennent l'écoulement printanier (Rosenberg et coll., 1997).

Les décisions écologiques en matière d'installation de lignes de transport

A recent decision by Newfoundland La récente décision prise par Terre-Neuve de ne pas installer de lignes de transport dans le parc national du Canada du Gros Morne (un site du patrimoine mondial de l'UNESCO depuis 1987) et une décision au Manitoba d'éviter d'installer des lignes de transport dans la forêt boréale vierge représentent deux cas où l'installation des lignes a été planifiée pour contourner des zones importantes sur les plans écologique et culturel.

Au Manitoba, l'installation d'une nouvelle ligne de transport BiPole III est prévue pour transporter l'électricité du nord vers les marchés du sud. Le gouvernement du Manitoba a décidé de l'installer dans une région déjà fragmentée du côté ouest du lac Winnipeg plutôt que de fragmenter les forêts vierges et les tourbières à teneur élevée en carbone qui se trouvent à l'est du lac. Bien que le tracé ouest soit plus long, les impacts potentiels sur les écosystèmes à l'est du lac auraient été plus graves, puisqu'on y trouve certains des derniers grands blocs continus de forêt vierge sur la planète, s'étendant du côté est du lac Winnipeg au nord-est de l'Ontario.

De plus, le gouvernement craignait que l'installation de lignes de transport à l'est du lac nuise à l'approbation de la proposition d'ajout du site Pimachiowin Aki à la Liste du patrimoine mondial de l'UNESCO—une initiative de Premières nations qui cherchent à protéger leurs terres traditionnelles et leurs cultures.



Les changements climatiques devraient affecter davantage les forêts boréales que les forêts à plus basse latitude comme les forêts tropicales.

PHOTO : GARTH LENZ

Changements climatiques et menaces pour les ressources en eau douce de la région boréale

La richesse des ressources en eau de la forêt boréale du Canada est le résultat d'années d'accumulation d'eau douce dans les tourbières, les combles à neige, les glaciers, le pergélisol et l'eau souterraine. Dans une grande partie de la forêt, l'eau des chutes annuelles de pluie et de neige (en tenant compte de la perte d'eau par l'évaporation et l'évapotranspiration) représentait historiquement un volume à peine plus élevé que le volume d'eau qui finit par s'écouler dans les océans (Schindler et Lee, 2010; Schindler, 2009). Ainsi, durant les années plus sèches et plus chaudes, la quantité d'eau perdue est supérieure à la quantité d'eau réapprovisionnée. La « banque » d'eau de cette forêt est donc très sensible aux changements provoqués par les perturbations industrielles et le réchauffement climatique (Schindler et Smol, 2006; Schindler et Lee, 2010).

La hausse des températures mondiales attribuable aux changements climatiques,

prévue d'atteindre 2,5 °C (hausse mondiale moyenne) d'ici 2100, s'accroît aux latitudes plus élevées, notamment dans les régions nordiques de la planète (GIEC, 1995). Les régions continentales de la forêt boréale du Canada qui sont plus au nord pourraient se réchauffer deux fois plus que la moyenne mondiale à une latitude de 50° N et jusqu'à trois fois et demie plus que la moyenne mondiale à une latitude de 80° N, d'ici 2100 (Etkin et coll., 1998). D'importants impacts du réchauffement climatique des cent dernières années sur la forêt boréale canadienne et les écosystèmes arctiques ont déjà été bien documentés (Serreze et coll., 2000; Hinzman et coll., 2005).

Par exemple, des études menées dans la forêt boréale et les écozones arctiques de l'Alaska indiquent que cette région a subi des effets du réchauffement climatique; les périodes de végétation sont plus longues et le pergélisol dégèle (Serreze et coll., 2000; Hinzman et coll., 2005; McGuire et coll., 2009). Les étangs de cuvette isolée ont diminué de jusqu'à 31 % dans la région étudiée et jusqu'à la moitié de ces étangs sont en voie de disparaître (Riordan, 2006). Des tendances similaires s'observent en Russie, où la disparition de lacs sur de vastes étendues s'explique probablement par le dégel du pergélisol (Smith et coll., 2005).



VISION POUR LA CONSERVATION DE LA FORÊT BORÉALE

La Vision pour la conservation de la forêt boréale réclame la conservation d'au moins la moitié de la forêt boréale du Canada par l'aménagement d'un réseau d'aires protégées interconnectées et l'application de pratiques d'aménagement écosystémique à la fine pointe dans le reste du territoire.

Elle a été élaborée par le Conseil principal de la forêt boréale, un partenariat inhabituel de groupes proactifs voués à la conservation, d'industries d'extraction de ressources et de Premières nations, qui ont décidé de s'unir pour faire la promotion de la conservation et de l'exploitation durable de la forêt boréale du Canada. Les membres du Conseil, convoqués par l'Initiative boréale canadienne, reconnaissent l'importance que tous ceux qui dépendent de la forêt s'unissent pour planifier son avenir sur les plans écologique, culturel et économique. La Vision repose sur les meilleurs principes disponibles en matière de biologie de conservation et d'aménagement du territoire et a reçu l'appui de 1500 chercheurs internationaux, 25

Premières nations du Canada, des groupes internationaux voués à la conservation et de grandes sociétés affichant un chiffre d'affaires annuel de plus de 30 milliards de dollars.

Des progrès considérables ont été réalisés vers l'atteinte des objectifs établis dans la Vision. Voici quelques récentes mesures de protection du territoire importantes :

- Ontario : En juillet 2008, le premier ministre Dalton McGuinty a annoncé un engagement majeur de protéger 225 000 km² de forêt boréale dans le nord de la province.
- Québec : En mars 2009, le premier ministre Jean Charest a pris l'engagement de protéger au moins 50 % de la forêt boréale du Nord du Québec. Ainsi, un territoire de plus de 645 000 km² sera protégé.
- Territoires du Nord-Ouest : Depuis 2007, on a annoncé la protection de plus de 120 000 km² de territoire. Plus récemment, en avril 2010, un territoire de 33 000 km² a été mis en réserve pour la création d'un nouveau parc national autour du bras Est du Grand lac des Esclaves, le 10^e plus grand lac de la planète.

Ces mesures de protection du territoire entre autres représentent un atout considérable pour l'avenir de la forêt boréale du Canada, mais il reste encore beaucoup à faire pour assurer l'équilibre entre la conservation, le développement durable et les droits autochtones dans la région.

Les terres humides et les cours d'eau figurent parmi les écosystèmes qui seront les plus touchés par le réchauffement climatique (Schindler et coll., 1996; Poff et coll., 2002). Déjà, les études indiquent que les lacs et les rivières de la forêt boréale du Canada réagissent aux changements climatiques : les périodes de couverture de glace sont moins longues et les variations interannuelles s'accroissent (Schindler et coll., 1990, 1996; Wrona et coll., 2005; Schindler et Smol, 2006; White et coll., 2007). Ces changements peuvent avoir des effets complexes et parfois imprévisibles sur les écosystèmes (Schindler et coll., 1996; Schindler et Smol, 2006; Schindler, 2009).

Dans les régions recevant moins de précipitations, le niveau de l'eau dans les lacs et les étangs qui s'assèchent peut baisser à un point tel que leur émissaire disparaît, après quoi ils commencent à accumuler des sels et à afficher une eutrophisation plus manifeste (Schindler, 2009), ce qui peut éventuellement mener à la disparition généralisée d'organismes aquatiques. La baisse du débit des rivières et des ruisseaux nuit à la migration des nutriments vers les lacs et les estuaires maritimes, ce qui a des répercussions sur les réseaux alimentaires et réduit la capacité de migration et de dispersion des poissons et d'autres espèces aquatiques (Schindler et Smol, 2006). De tels débits réduits peuvent aussi nuire à l'apport de matières organiques dans les lacs, matières qui jouent le rôle d'un « écran solaire » naturel en empêchant une partie du rayonnement solaire de pénétrer la zone active sur le plan de la photosynthèse pour ainsi la protéger contre les rayons UV nocifs (Reist et coll., 2006; Schindler, 2009). Les changements climatiques peuvent avoir des impacts complexes sur l'acidité des lacs et des ruisseaux (Schindler, 2009).

On prédit que les changements climatiques auront pour conséquence d'augmenter les débits des réseaux fluviaux de la forêt boréale du Canada durant l'hiver et de les réduire durant le printemps et l'été (Woo et coll., 2008). Les débits de pointe auront lieu à des moments différents au cours de l'année, ce qui causera de graves problèmes pour les espèces adaptées à la

fraie en eaux profondes durant certaines saisons (Reist et coll., 2006; Schindler et Smol, 2006). Au fil de l'histoire, des milliers de lacs et d'étangs de cuvette isolée dans les deltas de la forêt boréale du Canada, dont le delta des rivières de la Paix et Athabasca et le delta du Mackenzie, ont été réapprovisionnés en eau et en nutriments à la suite d'inondations printanières. Ces zones sont de moins en moins inondées, et rien n'indique que cette tendance se renversera (Schindler et Smol, 2006; Schindler, 2009).

Les changements climatiques hausseront les niveaux de divers contaminants dans les cours d'eau de la forêt boréale du Canada ainsi que dans les poissons et les autres organismes qui y vivent. Divers polluants industriels atmosphériques rejetés dans les régions plus chaudes du sud peuvent se condenser dans les régions froides du nord et former de la neige, de la glace et de l'eau. Étant donné que le réchauffement climatique accélère et intensifie la fonte des glaciers et des combles à neige, ces polluants finissent par s'écouler dans des lacs, des étangs et des rivières où ils peuvent être bioamplifiés à des niveaux nocifs ou létaux pour certains organismes (Schindler et Smol, 2006; Tarnocai, 2009). Une hausse des niveaux de mercure est probable en raison du méthylmercure rejeté par le dégel des tourbières et du dépôt atmosphérique de mercure par l'action des feux de forêt, qui seraient logiquement plus nombreux dans un contexte de réchauffement climatique (Reist et coll., 2006; Schindler, 2009; Tarnocai, 2009).

Un des effets les plus évidents du réchauffement climatique sera la perte d'habitat pour des espèces qui dépendent des lacs, des rivières et des terres humides. Plusieurs poissons et d'autres organismes aquatiques sont très sensibles à la température de l'eau. La hausse des températures de l'air attribuable au réchauffement climatique aura pour effet de réchauffer l'eau et il est possible que des plans d'eau deviennent trop chauds pour assurer la survie de certaines espèces ou encore que l'eau plus froide se trouve à des profondeurs de plus en plus grandes. Ensuite, la composition des



L'intensification du réchauffement de la planète pourrait entraîner le rejet de grandes quantités de gaz à effet de serre des terres humides.

PHOTO : JEFF WELLS

espèces dans les cours d'eau et les terres humides changera puisque certaines espèces disparaîtront ou leurs populations déclineront alors que d'autres qui sont adaptées aux conditions plus chaudes du sud verront leurs populations augmenter et coloniseront de nouvelles régions plus au nord (Reist et coll., 2006; Schindler et Smol, 2006; Rahel et coll., 2008; Prowse et coll., 2009a,b). Le grand brochet et l'omble chevalier sont deux espèces dont l'aire de distribution et l'abondance devraient fortement diminuer si le réchauffement climatique se poursuit au rythme actuel (Reist et coll., 2006a,b), tandis que les salmonidés (truite, saumon, ménomini) qui habitent les plans d'eau de la forêt boréale du Canada sont parmi les espèces de poisson qui tolèrent le moins bien une hausse de température de l'eau (Eaton et Scheller, 1996).

Il est aussi anticipé que les tourbières de la forêt boréale canadienne subissent des impacts majeurs selon l'actuel scénario d'intensification du réchauffement climatique (McGuire et coll., 2009).

Les prévisions indiquent que quelque 667 000 km² (67 millions d'hectares) de tourbières au Canada subiraient des impacts graves ou extrêmement graves, sur la base des scénarios actuels de changements climatiques, et la quasi-totalité des tourbières les plus fragiles sur la planète se trouvent dans la région boréale (Tarnocai, 2009). Cette région comprend les basses terres de la baie d'Hudson et de la baie James ainsi que la majorité du bassin du Mackenzie (Tarnocai, 2009). Pour les nombreuses espèces végétales et animales qui dépendent des tourbières pour leur habitat, ces impacts réduiront à coup sûr la quantité et la qualité d'habitat disponible, ce qui nuira probablement à l'aire de distribution et l'abondance de ces espèces. En l'absence de mesures efficaces pour ralentir les changements climatiques et maintenir ces systèmes dans leur état vierge, selon certains modèles, des quantités massives de carbone et de méthane pourraient se dégager des tourbières—intensifiant du coup le réchauffement climatique (McGuire et coll., 2009; Tarnocai, 2009; Schindler

et Lee, 2010). Cependant, beaucoup d'incertitude entoure les divers paramètres de ces modèles (Zhuang et coll., 2006; McGuire et coll., 2009).

À l'échelle nord-américaine, des espèces migrent vers le nord en réponse au réchauffement climatique. En même temps, il est devenu de plus en plus évident que ce sont les grands écosystèmes intacts et sains qui sont les plus susceptibles de pouvoir absorber les effets des changements climatiques et de permettre aux espèces de se déplacer sur le territoire tout en s'adaptant à un monde de plus en plus chaud. Les lacs, rivières et terres humides sont intrinsèquement isolés les uns des autres par les caractéristiques géographiques ayant mené à leur création (c.-à-d., les montagnes, les crêtes et les vallées). En plus des impacts humains comme ceux résultant des routes, des barrages et de la perte et la détérioration d'habitat, il peut s'avérer de plus en plus difficile—voire impossible—pour plusieurs organismes aquatiques de se déplacer naturellement entre les cours d'eau ou les terres humides. Il s'agit d'un mécanisme pourtant essentiel permettant aux espèces de migrer vers d'autres aires de distribution dans un monde où le climat évolue. Ce sont les grandes voies d'eau et terres humides intactes, non fragmentées et pures de la forêt boréale du Canada qui assurent les conditions les plus propices à l'adaptation des espèces aux changements climatiques et à la résilience écosystémique à grande échelle à la menace du réchauffement climatique.

Protection de la dernière grande forêt bleue de la planète

Dans la forêt boréale du Canada, relativement peu d'aires protégées ont été créées spécifiquement dans l'optique de préserver l'ensemble des écoservices, fonctions de la biodiversité et utilisations traditionnelles des systèmes aquatiques. La conservation de forêts et de tourbières à très grande échelle représente une des solutions les plus efficaces pour protéger les systèmes aquatiques, en prévenant ou ralentissant ainsi l'altération anthropique de l'hydrologie attribuable aux activités industrielles d'aménagement du territoire et en prévenant ou ralentissant la propagation d'espèces invasives et de polluants. Idéalement, à l'échelle territoriale, l'objectif devrait être de protéger des bassins hydrologiques entiers—depuis leurs eaux de tête jusqu'à l'embouchure du bassin. Les bassins protégés en totalité demeurent rares, mais des précédents existent. Par exemple, en 2006, la Russie a désigné les 2 000 km² (200 000 hectares) du bassin de la rivière Kol aire protégée, précisément parce qu'il s'agit d'un écosystème important pour le saumon migrateur et d'autres espèces de poisson (Augerot et Foley, 2005).

La Vision pour la conservation de la forêt boréale, dont il a été question plus tôt dans cet ouvrage, a pour but de mettre en œuvre de telles protections à grande échelle dans la forêt boréale du Canada (Conseil principal de la forêt boréale, 2003). La Vision pour la conservation de la forêt boréale établit ce qui doit être fait pour créer un réseau d'aires protégées couvrant au moins la moitié de la forêt boréale du Canada tout en mettant en œuvre des pratiques de développement durable des plus avant-gardistes sur le reste du territoire (Conseil principal de la forêt boréale, 2003). Cette vision dépend de l'interdépendance des efforts de planification—à de très grandes échelles—de la conservation des écosystèmes terrestres et dulcicoles qui englobent des bassins hydrologiques et corridors riverains entiers et peuvent s'étendre sur des milliers de kilomètres.

Nouvelles occasions de planification respectueuse des ressources en eau

Dans le cadre de la planification de l'aménagement du territoire et des ressources en eau douce qui est en cours dans plusieurs parties de la région boréale canadienne, il y a lieu de tenir compte du plein éventail d'écoservices que fournissent les terres humides et les cours d'eau. Des mesures de protection des bassins hydrologiques par une réglementation préventive et des pratiques d'intendance adaptées doivent être encouragées à plus grande échelle.

Le processus d'aménagement du territoire de la Première nation des Tlingits de la rivière Taku est maintenant en cours en Colombie-Britannique. Ce processus vise principalement à protéger la qualité de l'eau. Le projet de plan d'aménagement du territoire des Dénés du Sahtu vise des objectifs similaires, particulièrement la protection de la qualité de l'eau, des sites culturels et des populations de poissons dans la région générale du bassin du Grand lac de l'Ours dans les Territoires du Nord-Ouest. Pour les Dénés, protéger le bassin de la rivière Nahanni dans son entièreté était un objectif de première importance dans l'aménagement du territoire.

Au Canada, le gouvernement fédéral est à l'œuvre très activement dans les lacs et les bassins hydrographiques du sud—pensons notamment aux Grands Lacs et au fleuve Saint-Laurent—, mais il a néanmoins laissé languir des initiatives visant d'importants bassins nordiques comme le bassin du Mackenzie. Le Conseil du bassin du fleuve Mackenzie créé en vertu de l'Entente-cadre sur les eaux transfrontalières du bassin du Mackenzie en 1997 n'a jamais bénéficié des ressources ou des autorisations dont il a besoin pour exécuter son mandat. Il est urgent de renouveler les engagements entre tous les paliers de gouvernement pour tenir compte des effets de l'exploitation des sables bitumineux et d'autres projets d'exploitation sur la



La protection de l'eau est un objectif clé du plan d'aménagement et d'utilisation des terres de la Première nation des Tlingits de la rivière Taku.

PHOTO : DAVID NUNUK

qualité de l'eau, l'intégrité écologique et la subsistance des communautés et des sites naturels de renommée mondiale qui se trouvent en aval. C'est notamment le cas du delta des rivières de la Paix et Athabasca et du parc national du Canada Wood Buffalo. La récente stratégie de gérance des eaux des Territoires du Nord-Ouest jette d'excellentes bases pour relever ces défis et pourrait servir à élaborer une approche régionale.

Quant au Plan d'action des Grands Lacs du Canada, une plus grande attention doit être portée à l'importante contribution du débit entrant des bassins hydrologiques de la forêt boréale du Canada qui se jette dans les lacs Supérieur et Huron. C'est en assurant un équilibre entre le développement et la conservation des bassins des Grands Lacs dans la forêt boréale du Canada que les débits d'eau non contaminée et les apports équilibrés en sédiments, en azote et en phosphore aux écosystèmes lacustres sensibles que sont ces bassins pourront être maintenus à long terme.

PARC PROVINCIAL DE LA VOIE NAVIGABLE DE LA RIVIÈRE EAGLE

En février 2010, le gouvernement de Terre-Neuve-et-Labrador a annoncé le projet de créer un parc provincial de 3000 km² pour protéger la voie navigable dans le bassin versant de la rivière Eagle, l'importante population de saumon atlantique qu'on y trouve ainsi que l'habitat environnant intact. Avec l'appui des populations autochtones, des collectivités locales et de l'industrie touristique, ce parc assurera la pérennité des utilisations traditionnelles de l'endroit tout en interdisant les développements qui mineraient les caractéristiques naturelles et culturelles de la région.

Sommaire des recommandations politiques



Sommaire des recommandations politiques

Conformément aux modalités de la Vision pour la conservation de la forêt boréale, les gouvernements fédéral, provinciaux, territoriaux et autochtones doivent prioriser les partenariats afin de protéger des écosystèmes fluviaux, lacustres et palustres tout entiers contre les activités industrielles, dont le développement hydroélectrique. Les politiques et plans de gestion publics en matière d'aménagement du territoire doivent soustraire au moins 50 pour cent de la forêt boréale du Canada à l'activité industrielle et imposer des pratiques de développement durable à la fine pointe sur le reste du territoire.

De plus, les mesures stratégiques suivantes assureront l'application de la Vision pour la conservation de la forêt boréale aux cours d'eau de la forêt boréale canadienne :

Réformer la législation sur les mines

—Les lois et les règlements sur les mines doivent être modernisés dans l'ensemble des provinces et des territoires du Canada où se trouve la forêt boréale afin d'y rendre obligatoire la consultation des Autochtones, d'améliorer la protection de l'habitat et de resserrer les normes en matière de qualité de l'eau à tous les stades de l'activité minière, depuis l'exploration jusqu'à la restauration. Il doit être interdit aux mines de déverser leurs déchets dans les lacs et les ruisseaux. De nouvelles règles devraient aller au-delà des codes de meilleure pratique en exigeant des mesures de protection contre la pollution et la destruction d'habitat et obliger les exploitants à négocier des ententes sur les avantages avec les collectivités autochtones touchées. En Ontario, la Loi sur les mines impose une consultation et un examen réglementaire dès les premiers stades du processus de développement minier et devrait servir de modèle.



Un affluent du fleuve Mackenzie dans les Territoires du Nord-Ouest.

PHOTO : IRENE OWSLEY

Réformer la politique en matière d'énergie hydroélectrique

—Les gouvernements ne doivent approuver de nouvelles installations hydroélectriques à moins que les promoteurs ne puissent faire la démonstration d'une participation constructive et du consentement des populations autochtones touchées de même que des impacts minimaux sur les écosystèmes affectés, au terme d'un examen environnemental poussé. Toutes les installations existantes et planifiées doivent être dotées d'échelles à poissons à la fine pointe technologique pour ne pas entraver l'accès des poissons migrateurs à leurs frayères. Les lignes de transport doivent être conçues de manière à minimiser de nouvelles perturbations et en empruntant des corridors existants dans la mesure du possible. De nouveaux bassins versants doivent être protégés pour compenser les pertes d'habitat d'eau douce et de biodiversité déjà attribuables au développement hydroélectrique.

Protéger les terres humides à teneur élevée en carbone—Le gouvernement du Canada devrait imiter celui du Manitoba en se dotant d'une stratégie nationale d'intendance des tourbières et en adoptant de nouvelles politiques harmonisées avec les politiques fédérales américaines (zéro perte nette de terres humides). Les gouvernements fédéral et provinciaux doivent travailler avec des collectivités autochtones pour mettre en œuvre des projets de conservation du carbone et reconnaître et respecter les droits autochtones en matière de conservation du carbone. Une portion des recettes dérivées des mécanismes réglementaires de tarification du carbone devrait être allouée à la conservation de la forêt boréale et à la protection des tourbières.

Protéger le bassin du Mackenzie et mettre en œuvre l'Entente sur le bassin du Mackenzie—L'Entente sur le bassin du Mackenzie regroupe les politiques d'aménagement du territoire

de plusieurs provinces et territoires pour protéger le vaste bassin hydrologique du fleuve Mackenzie, mais sa mise en œuvre intégrale tarde toujours. Tous les gouvernements signataires doivent respecter l'engagement de protéger le bassin du Mackenzie qu'ils ont pris en signant, en 1997, l'Entente-cadre sur les eaux transfrontalières du bassin du Mackenzie. La mise en place d'un réseau d'aires protégées progresse dans les Territoires du Nord-Ouest, mais ce réseau doit être complété pour soutenir des valeurs fauniques et culturelles. De plus, à l'instar des Territoires du Nord-Ouest, une nouvelle stratégie de gestion de l'eau prévoyant une participation autochtone doit être élaborée pour protéger la qualité et le débit des eaux des effets de l'exploitation des sables bitumineux et d'autres développements industriels sur des écosystèmes aquatiques comme le delta Paix-Athabasca.



Un ours grizzly se prépare à déjeuner dans la forêt boréale.

PHOTO : ROBERT PLOTZ

ANNEXE I : Bassin du Mackenzie

Le bassin du Mackenzie couvre 20 % du territoire canadien. On y trouve la plus grande rivière qui circule vers le nord en Amérique du Nord, dont le débit en eau douce rejetée dans l'océan Arctique est le quatrième en importance (Benke et Cushing, 2005). Depuis les cours supérieurs de plus de dix rivières majeures dans le bassin du Mackenzie jusqu'au vaste delta du Mackenzie qui joint la mer de Beaufort, le réseau fluvial du Mackenzie s'étend sur une distance de 4 200 kilomètres et draine une superficie de 1 787 000 km² dans cinq des treize provinces et territoires du Canada.



Le fleuve Mackenzie dans les Territoires du Nord-Ouest.

PHOTO : IRENE OWSLEY

Plusieurs grandes rivières (par exemple, Peel, Liard, Nahanni Sud, Yellowknife, des Esclaves, Athabasca, de la Paix, Hay et Smokey) convergent pour former le fleuve Mackenzie, l'artère vital du bassin du Mackenzie. La rivière Athabasca draine le delta des rivières de la Paix et Athabasca. Elle finit par converger avec la rivière de la Paix pour former la rivière des Esclaves avant de se déverser dans le delta de la rivière des Esclaves et le Grand lac des Esclaves. Les principales branches du fleuve Mackenzie prennent naissance dans l'émissaire du Grand lac des Esclaves. Au bout de la rivière, après avoir traversé les Territoires du Nord-Ouest d'un bout à l'autre, se forme le delta du Mackenzie, le deuxième plus grand delta dans l'Arctique et le dixième au monde. Il couvre une superficie d'environ 13 135 km² (Emmerton et coll., 2007).

Le bassin du Mackenzie présente certains des paysages les plus saisissants de l'Ouest canadien, comme la réserve de parc national du Canada Nahanni récemment agrandie et la région du Sahtu. Ces territoires intacts sont habités par d'importantes populations fauniques de caribous des bois et des toundras, d'originaux, de mouflons de Dall, de grizzlis, d'ours noirs, de loups, de lynx et de carcajous. On y dénombre aussi au moins 52 espèces de poissons (Auld et Kershaw, 2005; Benke et Cushing, 2005). Les importantes espèces de poissons pour le commerce et la subsistance incluent le saumon kéta, la truite grise, l'omble chevalier, le grand corégone, le doré jaune et le brochet. Plusieurs de ces espèces migrent entre les cours supérieurs des rivières du bassin du Mackenzie et l'océan Arctique. Il est donc essentiel de maintenir l'écoulement libre de l'eau dans la

région pour assurer la survie de ces populations de poissons migrateurs. Des inconnus individuels étiquetés dans la rivière Liard dans le nord de la Colombie-Britannique ont été trouvés 1 800 kilomètres en aval, dans le delta du Mackenzie, tout près de la mer de Beaufort. Selon les données recueillies, l'inconnu est le poisson qui migre sur les plus longues distances entre des plans d'eau douce et d'eau salée au Canada (Stephenson et coll., 2004).

En plus du riche delta du Mackenzie estuarien, le bassin abrite deux deltas d'eau douce d'une importance capitale : le delta des rivières de la Paix et Athabasca et le delta de la rivière des Esclaves. Ces deltas chevauchent des voies migratoires qui définissent les corridors de vol nord-sud empruntés par des millions de gibiers d'eau, d'oiseaux aquatiques, de grues et d'oiseaux chanteurs migrateurs.

Le delta des rivières de la Paix et Athabasca : un trésor international menacé

Dans le bassin du Mackenzie, dans la partie ouest de la forêt boréale du Canada, se trouve le delta des rivières de la Paix et Athabasca (figure 13)—reconnu par la Convention de Ramsar (1982) pour sa contribution à la conservation de la diversité biologique mondiale et au maintien de la vie humaine grâce à ses fonctions écologiques et hydrologiques (www.ramsar.org). La majeure partie de ce delta se trouve dans le parc national du Canada Wood Buffalo et l'ensemble du parc national a été désigné site du patrimoine mondial de l'UNESCO. Cependant, le reste du delta ne bénéficie d'aucune protection à l'extérieur du parc national. Les régions à l'extérieur du parc national sont gérées par la Première nation Athabasca Chipewyan, qui y tient des campements l'été pour la chasse, la pêche, le trappage d'animaux et la récolte des ressources végétales du delta. Le delta représente un habitat de nidification et d'escale d'une importance nationale et internationale pour des millions d'oiseaux migrateurs. De grandes populations d'espèces de poissons d'importance commerciale fraient dans le delta et migrent entre les lacs du delta et de grandes rivières (Prowse et Conly, 2000), notamment la truite grise, le grand corégone, l'ombre arctique, le grand brochet et le cisco à mâchoires égales (une espèce menacée). Les rivières de la Paix, Athabasca et Birch alimentent le delta en eau douce pour assurer la productivité des ressources qui assurent la subsistance des Autochtones depuis des millénaires.

Malgré les grandes aires protégées qu'on trouve dans le delta, des menaces à l'extérieur des réserves protégées, mais à l'intérieur du bassin du fleuve Mackenzie planent sur le système complexe de ce delta. Le grand barrage hydroélectrique Bennett, construit sur la rivière de la Paix à la fin des années 1960, et le réchauffement climatique ont eu pour effet de réduire les débits printaniers qui alimentent le delta ainsi que la formation d'embâcles qui—jadis—régénéraient ses lacs et ses terres humides. Alors que les impacts des changements climatiques continuent de rendre les conditions plus sèches, un nouveau projet de grand barrage hydroélectrique, le Site C, risque de perturber encore davantage l'hydrologie et les débits nécessaires pour réapprovisionner en eau des terres humides et étangs critiques dans le delta. Les pressions industrielles exercées sur les ressources en eau douce de la rivière Athabasca s'intensifient rapidement compte tenu de l'accélération de l'exploitation des sables bitumineux dans le bassin hydrologique de la rivière. À l'heure actuelle, entre trois et six barils d'eau sont requis pour produire un seul baril de pétrole (Griffiths et coll., 2006). Si le développement industriel se poursuit au rythme actuel, d'ici 2020, la consommation future de l'eau représentera un pourcentage élevé du débit de la rivière Athabasca durant la période critique de l'hiver où les débits sont naturellement faibles (Griffiths et coll., 2006). La perte et la fragmentation d'habitat attribuables à l'exploitation à ciel ouvert et à la pollution de l'eau et de l'air résultant du traitement du bitume et des fuites de polluants des bassins de résidus ont pour effet de dégrader encore plus les ressources en eau douce du bassin du Mackenzie (Soderbergh et coll., 2007). Les Autochtones qui dépendent de l'eau saine et des abondantes

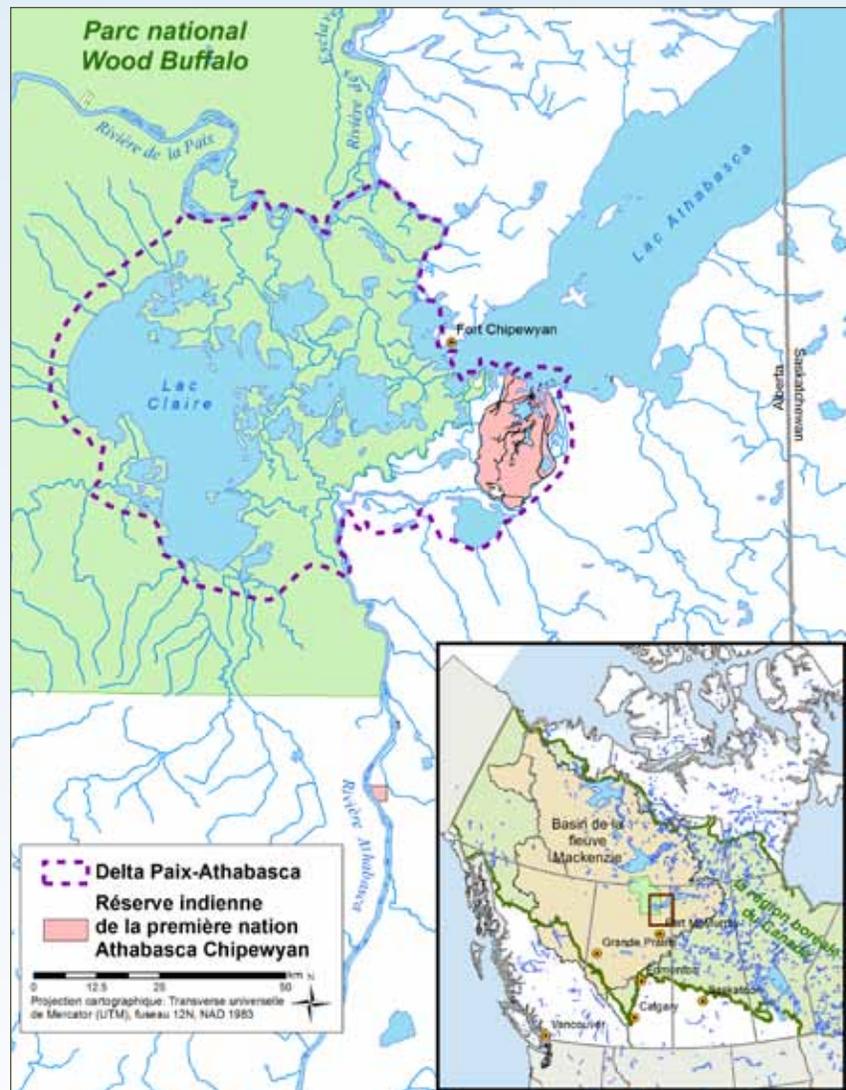


Figure 13. Le delta des rivières de la Paix et Athabasca, en Alberta, et les environs.

populations de poissons et d'animaux sauvages dans le delta subissent de plus en plus les effets de la détérioration de la qualité de l'eau douce provenant de sources en amont de leurs collectivités (Schindler, 1998). Pour protéger les ressources en eau du Canada, il sera nécessaire de conserver les bassins hydrologiques à grande échelle et d'adopter des pratiques durables à l'extérieur des aires protégées tout en maintenant les interdépendances entre les plans d'eau et les bassins hydrologiques.

Pleins feux sur la protection du bassin du Mackenzie

Bien que la conservation des bassins hydrologiques soit un concept relativement nouveau, ce concept a néanmoins des précédents. De récentes stratégies de conservation visant à protéger les vastes ressources en eau de la forêt boréale du Canada incluent l'achèvement de la stratégie de gestion des eaux des Territoires du Nord-Ouest. Les extraordinaires ressources en eau et paysages des Territoires du Nord-Ouest, où se trouve la majeure partie du bassin du Mackenzie, représentent un emplacement de choix pour présenter les progrès réalisés par le Canada à la recherche de solutions à des

enjeux hydrologiques et développementaux complexes. L'agrandissement de la réserve de parc national du Canada Nahanni dans les Territoires du Nord-Ouest est un exemple avant-gardiste du soutien que peuvent apporter les gouvernements fédéral et territorial à la Première nation Dehcho qui souhaite protéger une plus grande proportion du bassin hydrologique, notamment l'approvisionnement d'eau pour sa collectivité en aval.

La stratégie de gérance des eaux des Territoires du Nord-Ouest et le bassin du Mackenzie

Au cours des dernières années, le gouvernement des Territoires du Nord-Ouest a travaillé sur un projet de stratégie de gérance des eaux en consultation avec des Premières nations, des chercheurs, des experts en eau, des parties intéressées ainsi que le gouvernement du Canada. Au cœur de cette stratégie est l'engagement de gérer les bassins hydrologiques de façon interterritoriale en travaillant étroitement avec les gouvernements des provinces, des autres territoires et des Autochtones. Des rencontres des gardiens d'eau ont été tenues dans des collectivités autochtones pour élaborer les lignes directrices de cette stratégie. Le respecté Rosenberg International Forum on Water Policy a passé en revue la stratégie de gérance des eaux des Territoires du Nord-Ouest à Yellowknife, Territoires du Nord-Ouest (Rosenberg International Forum on Water Policy, 2009).

Une incitation majeure pour cette stratégie est le fait que plusieurs collectivités dans le plus grand bassin hydrologique du territoire, notamment le bassin du Mackenzie, se trouvent en aval de grands sites industriels d'extraction de sables bitumineux, et il est urgent d'assurer une gestion interterritoriale du bassin pour maintenir à la fois la qualité et la quantité des ressources en eau (Grant et coll., 2010). Signée en 1997 par les gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux, l'Entente-cadre sur les eaux transfrontalières du bassin du Mackenzie vise à protéger les ressources en eau. Cependant, à ce jour, une seule entente bilatérale a été conclue entre les Territoires du Nord-Ouest et le Yukon. Les Territoires du Nord-Ouest et l'Alberta doivent entamer des négociations en 2010. La mise en œuvre de cette entente est lente et, à l'extérieur des Territoires du Nord-Ouest, les appuis politiques et gouvernementaux sont faibles et nuisent au progrès. Des compétences clés, dont l'Alberta et le gouvernement fédéral, doivent réitérer leur engagement au processus et consacrer les ressources nécessaires pour permettre à cette entente de produire de véritables résultats. Nombre de scientifiques, d'organisations non gouvernementales et d'autres intervenants demandent au gouvernement fédéral d'élargir sa vision au-delà de la gestion de l'eau et d'accoucher d'une véritable stratégie nationale de l'eau. Un excellent point de départ serait de renouveler l'Entente-cadre sur les eaux transfrontalières du bassin du Mackenzie dans l'optique de relever les défis du 21^e siècle.

ANNEXE II : Un équilibre est-il possible entre l'énergie hydroélectrique et les aires protégées au Québec?

La province de Québec génère plus d'électricité de ses installations hydroélectriques que toute autre province canadienne et la quasi-totalité des nations de la planète. Pour ce faire, le Québec a construit plus de 300 grands barrages. Au total, 13 des 16 plus grandes rivières du Québec ont été endiguées, le cours d'au moins quatre rivières a été détourné et un minimum de 13 000 km² de terres ont été inondés pour créer des réservoirs. Enfin, plus de 30 000 kilomètres de lignes de haute tension et plus de 100 000 kilomètres de lignes de moyenne ou basse tension parcourent la province pour distribuer l'électricité produite par les barrages.

Pratiquement toute l'électricité consommée par les ménages et les entreprises du Québec est générée par les installations hydroélectriques de la province. Une partie de l'électricité générée est exportée vers d'autres provinces canadiennes (jusqu'à concurrence de 30 % de l'électricité consommée dans le reste du Canada) et le nord-est des États-Unis, par exemple, où le quart de l'électricité consommée par le Vermont et des pourcentages élevés de l'électricité consommée dans d'autres États proviennent du Québec.

Les investissements massifs du Québec dans ses installations hydroélectriques ont permis à la province d'assurer pratiquement son autonomie énergétique (au moins, en matière d'électricité) et de devenir un des plus importants producteurs et exportateurs d'électricité dans le monde. L'hydroélectricité devient une option de plus en plus intéressante parce que sa production ne requiert aucun combustible fossile. Les émissions de gaz à effet de serre des réservoirs demeurent problématiques, mais—du moins dans les régions nordiques—l'hydroélectricité génère considérablement moins d'émissions de gaz à effet de serre par mégawatt d'énergie produit que des centrales conventionnelles qui brûlent des combustibles fossiles (Tremblay et coll., 2004).

Les impacts sur l'environnement et les Autochtones

Malheureusement, les installations hydroélectriques—surtout les méga-installations—ont souvent eu dans le passé des impacts catastrophiques sur la biodiversité, les débits et cycles écosystémiques et les collectivités autochtones (McCutcheon, 1991; Richardson, 1991; Niezen, 1993; Rosenberg et coll., 1995; Rosenberg et coll., 1997; Bunn et Arthington, 2002; Poff et coll., 2007; Berkes et coll., 2007; Desbieans, 2007; Loo, 2007). Souvent, ces



Un homme et une femme de la Nation des Cris, au Québec, déchargent des poteaux de tipi de leur embarcation.

PHOTO : NATASHA MOINE

impacts n'ont pas été bien comptabilisés ou ils ont été minimisés pour atténuer la controverse suscitée par les projets proposés.

Les milliers de kilomètres carrés d'habitat terrestre inondés par les installations hydroélectriques du Québec soutenaient jadis des millions d'oiseaux nicheurs, de petits mammifères et d'invertébrés. De grands barrages peuvent empêcher la migration des poissons et éliminer de vastes régions d'habitat utilisées pour élever les petits. Souvent, il en résulte la disparition de populations de poissons génétiquement distincts (MacCrimmon et Gots, 1979; Parrish et coll., 1998; Freeman et coll., 2003; Dudley et Platania, 2007). Pour assurer que l'électricité est produite durant les périodes de pointe et emmagasinée par périodes de faible débit, les installations hydroélectriques gèrent étroitement les apports d'eau. En conséquence, les périodes de fort débit et de faible débit des rivières ont radicalement changé et ont affecté de nombreuses espèces de poissons et d'autres organismes aquatiques dont les cycles naturels avaient évolué en synchronisme avec l'écoulement de l'eau et les débits de pointe naturels (Nillson et Berggren, 2002; Marty et coll., 2008).

Aussi, les barrages diminuent ou ralentissent le déplacement des nutriments et de l'eau douce des voies navigables intérieures vers les émissaires qui se déversent dans les mers et océans, où ils jouent un rôle de premier ordre en alimentant la productivité des écosystèmes qui soutient les pêcheries commerciales et les mammifères marins (Poff et coll., 1997; Bunn et Arthington, 2002; Poff et coll., 2007). Puisque les débits d'eau douce influencent la dynamique des courants océaniques sur de longues distances, un changement de débit peut avoir des impacts imprévus sur le climat mondial. Par exemple, les moments de l'année où les glaces se forment dans les baies James et d'Hudson ainsi que le long de la côte du Labrador de même que l'étendue de ces glaces dépendent étroitement des débits d'eau douce des rivières de la forêt boréale du Canada. La glace marine est essentielle pour nombre d'espèces dans les écosystèmes marins et exerce une influence importante sur le climat (Dery et coll., 2005; Stewart et Lockhart, 2005; NTK, 2008; Sherman et Hempel, 2008).

Pour les collectivités autochtones du Québec, les impacts des installations hydroélectriques sont à la fois directs et personnels. D'anciens cimetières et sites sacrés ont été inondés sous des réservoirs et l'augmentation bien documentée de la contamination des poissons par le mercure après la mise en eau des barrages a mis en péril ou détruit des ressources alimentaires. Des territoires de chasse utilisés par des familles autochtones pendant des milliers d'années ont disparu ou ont été fragmentés et les écosystèmes ont changé au point de nuire aux populations de poissons et de mammifères traditionnellement pêchées et chassées par les Autochtones. Enfin, beaucoup d'endroits où ces activités de pêche et de chasse avaient lieu n'existent simplement plus (McCutcheon, 1991; Richardson, 1991; Niezen, 1993; Berkes et coll., 2007; Desbieans, 2007; Loo, 2007).

Le projet du complexe La Grande d'Hydro Québec à la baie James

Le projet hydroélectrique le plus connu pour l'étendue et l'ampleur de ses impacts négatifs sur les plans sociétal et environnemental est la série de barrages, de réservoirs et de détournements dans la baie James (portant le nom officiel du complexe La Grande d'Hydro-Québec). À l'instar d'autres grandes installations hydroélectriques dans le monde, le projet de la baie James a exigé la réinstallation d'une collectivité locale, soit la collectivité crie de Fort George et les 1 500 personnes y résidant. La collectivité a été déplacée de son emplacement sur une île à l'embouchure de la rivière La Grande à un endroit sur la terre ferme à plusieurs kilomètres en amont (McCutcheon, 1991). La collectivité a été secouée par moult perturbations sociales après sa réinstallation que plusieurs attribuent, du moins en partie, à la relocalisation de la collectivité et à d'autres changements découlant du projet hydroélectrique (Berkes, 1988; McCutcheon, 1991; Richardson, 1991; Rosenberg et coll., 1995; Rosenberg et coll., 1997; Hornig, 1999). Le projet a modifié le volume et les régimes de variation du débit d'eau douce et cela a rendu l'état des glaces moins prévisible. En conséquence, le

degré de dangerosité des déplacements sur la glace—une pratique autochtone depuis des millénaires—a augmenté (McCutcheon, 1991; Berkes et coll., 2007). La chasse et la pêche représentent aussi des activités essentielles à l'économie et à la subsistance des collectivités criées. Donc, les changements à l'accès, aux déplacements, à la disponibilité et à l'abondance des poissons, des oiseaux et des mammifères ont des impacts très importants sur la santé et le bien-être de ces collectivités. Le projet a inondé des milliers de kilomètres carrés de terrains criés, dont des lieux sacrés et des territoires de chasse familiaux (Hayeur, 2001). Ces inondations ont non seulement compliqué l'accès aux terres, mais aussi réduit l'habitat faunique disponible. La contamination par le mercure a rendu le poisson—un aliment de base des Cris—dans une grande partie de la région dangereux pour la consommation humaine pendant au moins 20 à 30 ans (Verdon et coll., 1991; Langlois et coll., 1995; Doyon et coll., 1998; Schetagne et Verdon, 1999; Schetagne et coll., 2000; Hayeur, 2001). La construction de routes dans la région a ouvert les terrains criés aux chasseurs sportifs et aux pêcheurs à la ligne, qui font concurrence aux Cris pour le gibier, ainsi qu'aux prospecteurs miniers et à d'autres intéressés par l'exploitation des terres criées à des fins industrielles (Berkes, 1988; Rosenberg et coll., 1995; Rosenberg et coll., 1997).

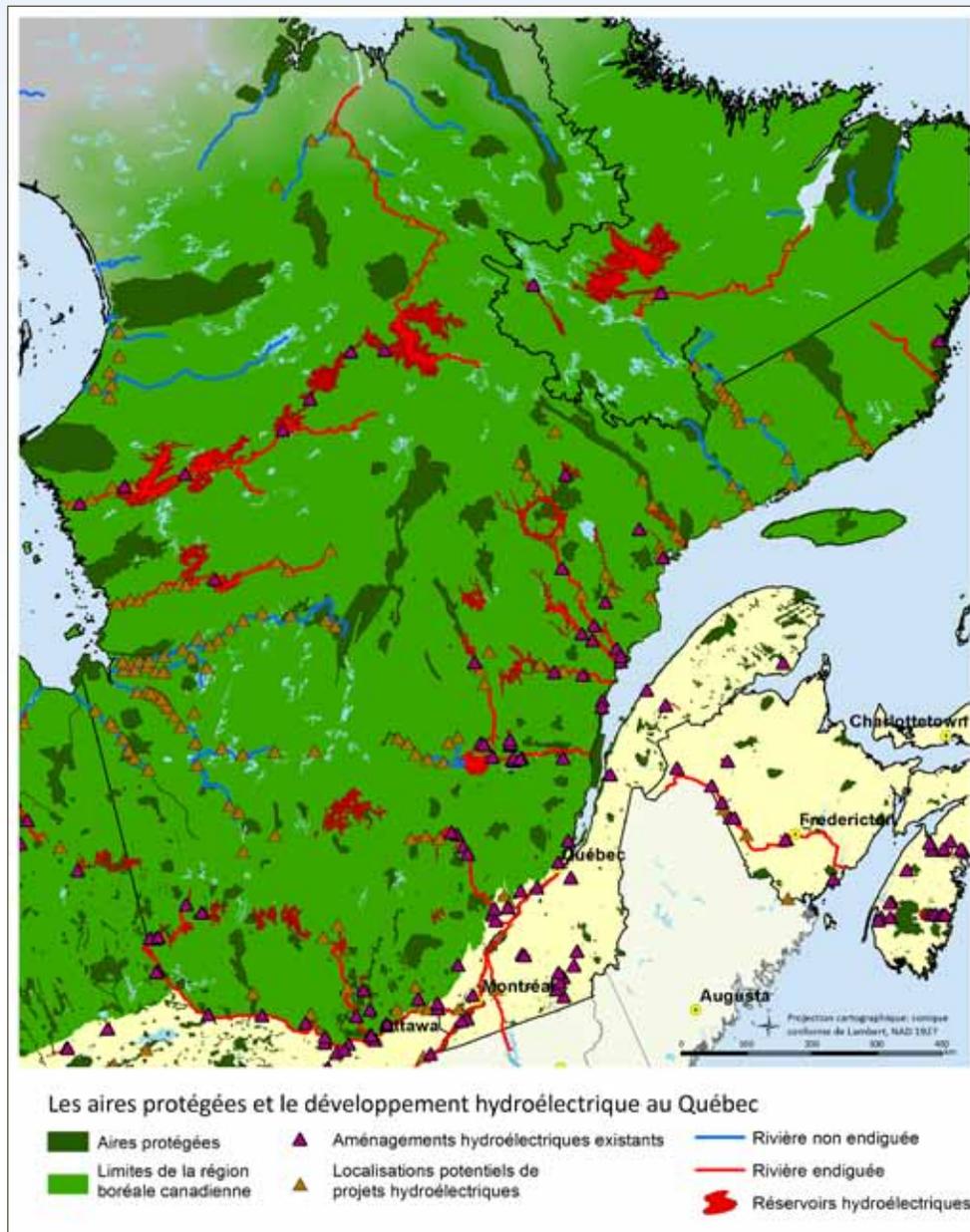


Figure 14. Installations hydroélectriques, retenues d'eau et aires protégées au Québec.



C'est au Québec qu'on trouve certains des lacs et des réseaux fluviaux les plus intacts sur la planète.

PHOTO : GARTH LENZ

Les derniers lacs et les dernières rivières intacts au Québec

Malgré tous ces impacts négatifs, c'est au Québec qu'on trouve certains des cours d'eau et des terres humides les plus magnifiques et intacts sur la planète (figure 12). Deux de ses rivières non endiguées—soit la rivière George, longue de 560 kilomètres et se déversant dans la baie d'Ungava, et la rivière Moisie, longue de 400 kilomètres et se déversant dans le golfe du Saint-Laurent—se trouvent dans des aires protégées temporaires où la majorité des activités de développement industriel, dont la construction de barrages, sera interdite. Un certain nombre de rivières non endiguées traversent des bassins hydrologiques intacts et non fragmentés dans la région de la Côte-Nord du golfe du Saint-Laurent, mais plusieurs de celles-ci font face à des menaces imminentes. De ce nombre, mentionnons la rivière Romaine (500 kilomètres), la rivière Natashquan (400 kilomètres) et la rivière Petit-Mécatina (550 kilomètres). Dans la région de la baie James, les rivières à écoulement libre incluent la rivière Nottaway (770 kilomètres), la rivière Harricana (530 kilomètres partagés entre le Québec et l'Ontario) et la rivière Broadback (450 kilomètres) qui traversent toutes les tourbières à teneur élevée en carbone des basses-terres de la baie James du côté du Québec. Les rivières à écoulement libre qui traversent la forêt boréale du Nord du Québec pour se déverser dans la baie d'Hudson incluent la Grande rivière de la Baleine (420 kilomètres, dont le débit a déjà été partiellement détourné pour alimenter le complexe La Grande) et la Petite rivière de la Baleine (380 kilomètres). Parmi les derniers grands lacs dans la forêt boréale du Québec n'ayant pas été retenus derrière des barrages figurent le lac Mistassini (le plus grand lac naturel au Québec, s'étendant sur 2 000 km²), le lac à l'Eau-Claire (1 200 km²), le lac Bienville (1 000 km²) et le lac Minto (700 km²).

Les plans d'Hydro-Québec pour l'avenir

Ajoutant à cette empreinte déjà très étendue, d'autres projets sont en cours ou à l'étude sur de nombreuses autres rivières du Québec. Dans le cadre de son Plan Nord, le gouvernement du Québec envisage d'accroître la capacité de production d'énergie de la province de 4

500 mégawatts d'ici 2035. En 2009, les travaux ont débuté dans le cadre d'un projet de construction visant à ériger quatre barrages sur la rivière Romaine (Hydro-Québec, 2010a). Un autre projet de construction a été lancé en 2009 sur la rivière Rupert, la célèbre voie de transport historiquement empruntée par les Cris et une destination récréative jadis populaire auprès des amateurs de canotage sauvage (Hodgins et Hoyle, 1997). La moitié du débit de la rivière Rupert sera détournée pour alimenter le complexe La Grande (Hydro-Québec, 2010b). Au moins huit grandes structures seront érigées en aval du détournement pour tenter de maintenir les niveaux et les débits d'eau dans le reste de la rivière. D'autres détournements et installations sont actuellement en train d'être construits sur la rivière Eastmain afin d'augmenter la capacité de production du complexe La Grande (Hydro-Québec, 2010b). Un examen de site est en cours en vue de construire d'autres barrages sur les rivières Magpie (un barrage au fil de l'eau se trouve déjà près de l'embouchure), Manicouagan et Sainte-Marguerite. De plus, une série de barrages est à l'étude pour la rivière Petit-Mécatina, dont l'écoulement est toujours libre (Hydro-Québec, 2009).

Aussi, plus de 60 sites ont été répertoriés comme lieux pouvant accueillir de nouvelles installations hydroélectriques. Le plan stratégique récemment déposé par Hydro-Québec propose la génération de 3 000 mégawatts d'électricité supplémentaires dans la région du Nord du Québec d'ici 2032 (Hydro-Québec, 2009). Aucun site précis n'a encore été déterminé, mais la Convention de la Baie James et du Nord québécois signée en 1975 et l'entente Sanarrutik conclue en 2002 avec les Inuits du Nunavik permettent l'évaluation de nouveaux projets hydroélectriques sur la Grande rivière de la Baleine ainsi que les rivières Nottoway, Broadback, aux Mélézes, aux Feuilles, Nastapoka, Caniapiscau et Rupert.

La vision de calibre mondial du Québec en matière de conservation

Au cours des huit dernières années, des aires protégées totalisant 87 576 km² se sont ajoutées aux 48 061 km² déjà en place, portant ainsi le total à 135 637 km²—soit tout juste plus de 8 % du territoire de la province (Brassard et coll., 2009). Le gouvernement du Québec s'est depuis engagé à faire passer à 12 % son réseau d'aires protégées d'ici 2015. Pour sa part, le réseau d'aires protégées situé sur le territoire du Plan Nord s'étend présentement sur 9,4 % de sa superficie. La vision du gouvernement du Québec, enchâssée dans le Plan Nord, comprend aussi la promesse de vouer à la protection la moitié de la superficie du Nord du Québec.

La Loi sur la conservation du patrimoine naturel, promulguée par le gouvernement du Québec en 2002, établit un cadre juridique pour la désignation par la province de réserves aquatiques, de réserves de biodiversité et de réserves écologiques où l'aménagement du territoire à des fins industrielles est généralement interdit. Depuis 2002, une réserve aquatique, cinq réserves de biodiversité et 70 réserves écologiques ont été officiellement désignées. À l'heure actuelle, on compte huit réserves aquatiques proposées, 78 réserves de biodiversité proposées et six réserves écologiques proposées où toute activité industrielle est interdite pendant que les propositions sont à l'étude. Le Québec compte aussi 24 parcs nationaux (provinciaux) qui, avec l'ajout du parc marin du Saguenay-Saint-Laurent, couvrent une superficie totale de 12 000 km² et au moins huit régions sont proposées ou à l'étude en vue de les désigner parcs nationaux du Québec. D'autres territoires ont été mis en réserve par le gouvernement du Québec dans l'intention d'y interdire les activités industrielles et de créer de nouvelles aires protégées. Pensons notamment au projet d'aire protégée de 8 000 km² qui couvre la majeure partie du cours de la rivière George se déversant au nord dans la baie d'Ungava, au Nunavik, près de la frontière du Labrador.

Les aires protégées potentielles dans le bassin hydrographique de la baie James et la baie d'Hudson

Plusieurs des aires protégées proposées sont d'une importance particulière pour les cours d'eau et les terres humides du Québec. Par exemple, de concert avec l'Administration régionale de Kativik et en partenariat avec la Corporation Makivik et des collectivités inuites et criées locales, le gouvernement du Québec a proposé de créer le parc national Tursujuq de

15 000 km², lequel engloberait le golfe de Richmond et le lac à l'Eau-Claire, le deuxième plus grand lac naturel du Québec. (Malheureusement, le parc national ne s'étend pas aux lacs des Loups Marins habités par une population enclavée de phoque, à la rivière Nastapoka, et sa population enclavée desauton atlantique, ou à son sanctuaire de bélugas.) Une aire de 8 750 km² a été proposée pour la création d'un nouveau parc national au nord du complexe hydroélectrique La Grande, à la jonction des baies James et d'Hudson. Ce parc engloberait le lac Burton et plusieurs petites rivières à écoulement libre. Le projet de réserve de biodiversité Paakumshumwaau-Maatuskaa couvrirait une superficie de 4 200 km² et s'étendrait des rives de la baie James vers l'intérieur du territoire sur une distance d'environ 100 kilomètres. Ainsi, la majeure partie des bassins hydrologiques de deux petites rivières non endiguées serait protégée. Un groupe indépendant a aussi proposé la création de l'aire marine de conservation Tawich de 19 000 km² au large du projet de réserve de biodiversité provinciale Paakumshumwaau-Maatuskaa. Le projet de réserve de biodiversité de la péninsule de Ministikawatin (894 km²) s'étend le long du rivage à l'extrémité sud de la baie James et longe la frontière de l'Ontario. Au moins les deux tiers de la réserve proposée sont couverts de grandes tourbières riches en carbone.

La majorité de la rivière Harricana, dont l'embouchure est située à l'extrémité sud de la baie James, a été proposée pour en faire une réserve aquatique adjacente à la réserve de biodiversité des collines de Muskuuchii de 800 km². Environ 80 kilomètres des 248 kilomètres de la branche principale non endiguée de la rivière Pontax et la majorité de son affluent, la rivière Machisakahikanistikw longue de 100 kilomètres, sont compris dans le projet de réserve



Le projet de parc national Albanel-Témiscamie-Otish au Québec.

PHOTO : GARTH LENZ

de biodiversité Waskaganish de 1 000 km². Ces deux rivières se déversent dans la baie James, juste au nord de la rivière Rupert.

Les aires protégées potentielles dans la région de la Côte-Nord au Québec

Dans la région de la Côte-Nord, plusieurs propositions d'aires protégées sont à l'étude. La rivière Moisie, à l'exception des 37 derniers kilomètres, serait protégée par la création de la réserve aquatique de la rivière Moisie où le développement hydroélectrique et d'autres types de développement industriel seraient interdits. Le projet de parc national Natashquan-Aguanus-Kenamu est aussi à l'étude; ce parc de 16 000 km² engloberait partiellement les eaux de tête des bassins versants des rivières Natashquan et Petit-Mécatina. On propose également de faire de la vallée supérieure de la rivière Natashquan une réserve de biodiversité provinciale. Un territoire de 3 670 km² de rivage près de l'embouchure de la rivière Petit-Mécatina est à l'étude, tout comme le projet de parc national de Harrington Harbour et une réserve de biodiversité potentielle de 1 200 km².

Une question d'équilibre

De toute évidence, la forêt boréale du Québec regorge d'options de conservation de calibre mondial pour assurer l'avenir de quelques-uns des derniers grands cours d'eau et zones humides sur la planète. Pour saisir ces occasions, il sera nécessaire de procéder à une étude poussée des impacts du développement hydroélectrique sur les écoservices et la biodiversité.

Cette étude de cas examine seulement les impacts directs du développement industriel sur les écosystèmes aquatiques. Elle n'aborde pas le contexte plus général des impacts des émissions de gaz à effet de serre et des combustibles fossiles sur le réchauffement climatique. Si ces facteurs ne sont pas abordés rapidement, ils auront aussi des impacts dévastateurs sur les mêmes écosystèmes aquatiques.

Ces autres impacts et leurs répercussions sur les décisions politiques sont extrêmement complexes et doivent être examinés dans un cadre plus général. Bien qu'il ne fasse aucun doute qu'il n'est pas viable de continuer d'alimenter nos sociétés aux combustibles fossiles, cela ne signifie pas pour autant que les sources d'énergie de remplacement ou d'énergie renouvelable sont totalement sans coûts.

Afin de prendre les décisions les plus éclairées possibles, nous devons développer une compréhension du plus grand nombre de répercussions et de complexités de ces enjeux possible. Nous devons aussi comprendre que tous les choix que nous faisons—à l'exception de ceux touchant la conservation d'énergie et la promotion de l'efficacité énergétique—nous obligent à accepter de faire des compromis difficiles. Ce n'est qu'en prenant toute cette information en considération que nous réussirons à optimiser les avantages sociaux, économiques et environnementaux tout en minimisant les coûts.

Bibliographie



Bibliographie

Aagaard, K. et E.C. Carmack. 1989. « The role of sea ice and other freshwater in the Arctic circulation » dans *Journal of Geophysical Research* 94. p. 14485-14498.

Abraham, K.F. et C.J. Keddy. 2005. « The Hudson Bay Lowland » (p. 118-148) dans Fraser, L.H. et P.A. Keddy (éd). *The world's largest wetlands*. Cambridge, R.-U. Cambridge University Press.

Alberta Environment. 2007. Current and future water use in Alberta. Chapter 11: Athabasca River Basin. www.assembly.ab.ca/lao/library/egovdocs/2007/alen/164708.pdf.

Allen, J.D. et coll. 2005. « Overfishing of inland waters » dans *Bioscience* 55. p. 1041-1051.

Anielski, M. et S.J. Wilson. 2009. *Counting Canada's natural capital: Assessing the real value of Canada's boreal ecosystems*. Institut Pembina et Initiative boréale canadienne. Ottawa, Ontario.

Association canadienne des prospecteurs et entrepreneurs. 2010. A framework for responsible exploration. <http://www.pdac.ca/e3plus/french/index.aspx> (site consulté en juin 2010).

Association minière du Canada. 2009. *Rapport d'étape : Vers le développement minier durable*. www.mining.ca/www/media_lib/TSM_Publications/2009_Annual_Report/2009_MAC_TSM_French.pdf

Augerot, X. et D.N. Foley. 2005. *Atlas of Pacific Salmon*. Berkeley, Californie. University of California Press.

Aznar, J.C. et A. Desrochers. 2008. « Building for the future: Abandoned beaver ponds promote bird diversity » dans *Écoscience* 15. p. 250-257.

Baldocchi, D. et coll. 2000. « Climate and vegetation controls on boreal zone energy exchange » dans *Global Change Biology* 6 (Suppl. 1). p. 69-83.

Battin, T.J. et coll. 2009. « The boundless carbon cycle » dans *Nature Geoscience* 2. p. 598-600.

Bell, F.G. et L.J. Donnelly. 2006. *Mining and its impact on the environment*. London, R.-U. Taylor & Francis Group.

Bendell-Young, L.I. et coll. 2000. « Ecological characteristics of wetlands receiving an industrial effluent » dans *Ecological Applications* 10. p. 310-332.

Benke, A.C. et C.E. Cushing. 2005. *Rivers of North America*. New York, New York. Elsevier Press.

Berkes, F. 1998. « The intrinsic difficulty of predicting impacts: Lessons from the James Bay Hydro Project » dans *Environmental Impact Assessment Review* 8. p. 201-220.

Berkes, F., M.K. Berkes et H. Fast. 2007. « Collaborative integrated management in Canada's North: The role of local and traditional knowledge and community-based monitoring » dans *Coastal Management* 35. p. 143-162.

Bernhardt, E.S. et coll. 2005. « Synthesizing U.S. river restoration efforts » dans *Science* 308. p. 636-637.

Berry, D.K. 1994. *Alberta's bull trout management and recovery plan*. Alberta Environmental Protection, Fish and Wildlife Services, Fisheries Management Division. Edmonton, Alberta.

Bishop, K. et coll. 2009. « The effects of forestry on Hg bioaccumulation in nemoral/boreal waters and recommendations for good silvicultural practice » dans *Ambio* 38(7). p. 373-380.

Blancher, P. 2003. *Importance of Canada's boreal forest to landbirds*. Initiative boréale canadienne et Boreal Songbird Initiative. Ottawa, Ontario et Seattle.

Blancher, P. et J.V. Wells. 2005. « The boreal forest region: North America's bird nursery » dans *American birds: The 105th Christmas bird count*. www.audubon.org/BIRD/CBC/105thSummary.html.

Bodaly, R.A., R.E. Hecky et R.J.P. Fudge. 1984. « Increases in fish mercury levels in lakes flooded by the Churchill River Diversion, Northern Manitoba » dans *Journal canadien des sciences halieutiques et aquatiques* 41. p. 682-691.

Bonan, G.B. 2008. « Forests and climate change: Forcings, feedback and climate benefits of forests » dans *Science* 320. p. 1444-1449.

Bonan, G.B., D. Pollard et S.L. Thompson. 1992. « Effects of boreal forest vegetation on global climate » dans *Nature* 359. p. 716-718.

- Bowers, N., R. Bowers et K. Kaufman. 2004. *Mammals of North America*. Boston, Massachusetts. Houghton Mifflin.
- Bradshaw, C.J.A., I.G. Warkentin et N.S. Sodhi. 2009. « Urgent preservation of boreal carbon stocks and biodiversity » dans *Trends in Ecology and Evolution* 24. p. 541-548. 62
- Brassard, F. et coll. 2009. Portait du réseau d'aires protégées au Québec Période 2002-2009. Développement durable, Environnement et Parcs. Québec, Québec.
- Brouard, D., J.F. Doyon et R. Schetagne. 1994. « Amplification of mercury concentration in lake whitefish (*Coregonus clupeaformis*) downstream from the La Grande 2 reservoir, James Bay, Quebec » dans Watras, C.J. et J.W. Huckabee (éd.). *Mercury Pollution: Integration and Synthesis*. Boca Raton, Floride. Lewis Publishers. p. 369-380.
- Brown, L.E., D.M. Hannah et A.M. Milner. 2007. « Vulnerability of alpine stream biodiversity to shrinking glaciers and snowpacks » dans *Global Change Biology* 13. p. 958-966.
- Browne, D.R. 2007. *Freshwater fish in Ontario's boreal: Status, conservation and potential impacts of development*. Deuxième rapport sur la conservation de WCS Canada. www.wcscanada.org/publications.
- Bryant, D., D. Nielsen et L. Tangley. 1997. *The last frontier forests: Ecosystems and economies on the edge*. World Resources Institute. Washington D.C.
- Bunn, S.E. et A.H. Arthington. 2002. « Basic principles and ecological consequences of altered flow regimes for aquatic biodiversity » dans *Environmental Management* 30(1).
- Bureau du vérificateur général du Canada of Audit General of Canada. 2009. *Protection de l'habitat du poisson*. http://www.oag-bvg.gc.ca/internet/Francais/parl_cesd_200905_01_f_32511.html#hd5l (site consulté en août 2010).
- Butterworth, E. et coll. 2002. *Peace-Athabasca Delta waterbird inventory program: 1998-2001 final report*. Canards illimités Canada. Edmonton, Alberta.
- Bytnerowicz, A. et coll. 2010. « Spatial and temporal distribution of ambient nitric acid and ammonia in the Athabasca Oil Sands Region, Alberta » dans *Journal of Limnology* 69 (Suppl. 1). p. 11-21. (DOI : 10.3274/JL10-69-S1-03.)
- Cannings, S. et coll. 2005. *Our home and native land: Canadian species of global conservation concern*. NatureServe Canada. Ottawa, Ontario.
- Cannings, S.G. et R.A. Cannings. 1994. « The Odonata of the Northern Cordilleran peatlands of North America » dans *Memoirs of the Entomological Society of Canada* 126(169). p. 89-110.
- Capinera, J.L., R.D. Scott et T.J. Walker. 2004. *Field guide to grasshoppers, katydids and crickets of the United States*. Ithaca, New York. Cornell University Press.
- Cardillo, M. et coll. 2006. « Latent extinction risk and the future battlegrounds of mammal conservation » dans *Proceedings of the National Academy of Sciences* 103. p. 4157-4161.
- Carlson, M. et coll. 2010. « Maintaining the role of Canada's forests and peatlands in climate regulation » dans *Forestry Chronicle* 86(4). p. 1-10.
- Carlson, M., J. Wells et D. Roberts. 2009. *Le Carbone oublié : Conserver les capacités de la forêt boréale canadienne d'atténuer les impacts et de s'adapter aux changements climatiques*. Boreal Songbird Initiative et Initiative boréale canadienne. Seattle, Washington et Ottawa, Ontario. 33 pages.
- Carmack, E.C. et R.W. MacDonald. 2002. « Oceanography of the Canadian Shelf of the Beaufort Sea: A setting for marine life » dans *Arctic* 56(Suppl. 1). p. 29-45.
- Carpenter, S.R. et coll. 1992. « Global change and freshwater ecosystems » dans *Annual Review of Ecology and Systematics* 23. p. 119-139.
- Chiple, R.M. et coll. 2003. *The American Bird Conservancy guide to the 500 most important bird areas in the United States*. New York, New York. Random House.

Cobb, D. et coll. 2008. « Beaufort Sea Large Ocean Management Area: Ecosystem overview and assessment report » dans *Rapports techniques canadiens des sciences halieutiques et aquatiques 2780*. Pêches et océans Canada.

Cobb, D.G., S. Eddy et O. Baniyas. 2001. « Examining the health of the Hudson Bay Ecosystem. Proceedings of the Western Hudson Bay Workshop, Winnipeg, Manitoba, October 25-26, 2000 » dans *Canadian Manuscript Report of Fisheries and Aquatic Sciences 2589*. p. xvii + 37 p.

Conseil principal de la forêt boréale. 2003. *Vision pour la conservation de la forêt boréale*. Initiative boréale canadienne. Ottawa, Ontario. http://www.borealcanada.ca/documents/CBI_Framework_FWeb_0509.pdf.

Convention de Ramsar sur les zones humides. 1971. *Ramsar Convention Secretariat, Ramsar, Iran, 1971*. www.ramsar.wetlands.org.

Croke, J.C. et P.B. Hairsine. 2006. « Sediment delivery in managed forests: A review » dans *Environmental Reviews 14*. p. 59-87.

Cross, D. et L. Everest. 1997. « Fish habitat attributes of reference and managed watersheds, with special reference to the location of bull trout (*Salvelinus confluentus*) spawning sites in the upper Spokane River ecosystem, northern Idaho » (p. 381-386) dans Mackay, W.C., M.K. Bewin et M. Monita (éd.). *Friends of the Bull Trout Conference Proceedings*. Bull Trout Task Force (Alberta). Trout Unlimited Canada. Calgary, Alberta.

Culp, J.M., T.D. Prowse et E.A. Luiker. 2005. « Mackenzie River Basin » (p. 805-852) dans Benke, A.C. et C.E. Cushing (éd.). *Rivers of North America*. London, Ontario. Elsevier Academic Press.

Cumulative Environmental Management Association (CEMA). 2008. *Terrestrial ecosystem management framework for the Regional Municipality of Wood Buffalo*. Préparé par le CEMA Sustainable Ecosystem Working Group. Fort McMurray, Alberta. <http://cemaonline.ca/terrestrial-ecosystem-management-framework.html>.

Cyr, D. et coll. 2009. « Forest management is driving the eastern North American boreal forest outside its natural range of variability » dans *Frontiers in Ecology and the Environment 7*. p. 519-524.

Dai, A. et K.E. Trenberth. 2002. « Estimates of freshwater discharge from continents: Latitudinal and seasonal variations » dans *Journal of Hydrometeorology 3*. p. 660-683.

Dai, A., T. Qian et K.E. Trenberth. 2009. « Changes in continental freshwater discharge from 1948 to 2004 » dans *Journal of Climate 23*. p. 2773-2792.

De Boer, A.M. et D. Nof. 2004. « The exhaust valve of the North Atlantic » dans *Journal of Climate 17*. p. 417-422.

Dery, S.J. et coll. 2005. « Characteristics and trends of river discharge into Hudson, James and Ungava bays, 1964-2000 » dans *Journal of Climate 18*. p. 2540-2557.

Desbiens, C. 2007. « Water all around, you cannot even drink » dans *The scaling of water in James Bay/Eeyou Istchee. Area 39*. p. 259-267.

Dickson, D.L. et H.G. Gilchrist. 2002. « Status of marine birds of the southeastern Beaufort Sea » dans *Arctic 55(Supp. 1)*. p. 46-58.

Dickson, R. et coll. 2007. *Current estimates of freshwater flux through Arctic and sub-Arctic seas. Progress in Oceanography* (sous presse).

Dise, N.B. 2009. « Peatland response to global change » dans *Science 326*. p. 810-811.

Donovan, T.M. et coll. 1995a. « Modelling the effects of habitat fragmentation on source and sink demography of neotropical migrant birds » dans *Conservation Biology 9*. p. 1396-1407.

Doyon, J.F. et coll. 1998. « Comparison of normal and dwarf populations of lake whitefish (*Coregonus clupeaformis*) with reference to hydroelectric reservoirs in northern Quebec » dans *Advances in Limnology 50*. p. 97-108.

Doyon, J.F., R. Schetagne et R. Verdon. 1998. « Different mercury bioaccumulation rates between sympatric populations of dwarf and normal lake whitefish (*Coregonus clupeaformis*) in the La Grande complex watershed, James Bay, Quebec » dans *Biogeochemistry 40*. p. 203-216.

- Duchemin, E. et coll. 2006. « First assessment of methane and carbon dioxide emissions from shallow and deep zones of boreal reservoirs upon ice break-up » dans *Lakes & Reservoirs Research and Management* 11(1). p. 9-19.
- Dudgeon, D. et coll. 2005. « Freshwater biodiversity: Importance, threats, status and conservation challenges » dans *Biological Review* 81. p. 163-182.
- Dudley, R.K. et S.P. Platania. 2007. « Flow regulation and fragmentation imperil pelagic-spawning riverine fishes » dans *Ecological Applications* 17. p. 2074-2086.
- Dunkle, D.W. 2000. *Dragonflies through binoculars: A field guide to dragonflies of North America*. New York, New York. Oxford University Press.
- Dunton, K.H., T. Weingartner et E.C. Carmack. 2006. « The nearshore western Beaufort Sea ecosystem: Circulation and importance of terrestrial carbon in Arctic coastal food webs » dans *Progress in Oceanography* 71. p. 362-378.
- Dyer, S. et coll. 2008. *Catching up: Conservation and biodiversity offsets in Alberta's boreal forest*. Initiative boréale canadienne. Ottawa, Ontario.
- Dynesius, M. et C. Nilsson. 1994. « Fragmentation and flow regulation of river systems in the northern third of the world » dans *Science* 256. p. 753-762.
- Eaton, J.G. et R.M. Scheller. 1996. « Effects of climate warming on fish thermal habitat in streams of the United States » dans *Limnology and Oceanography* 41. p. 1109-1115.
- Emmerton, C.A., L.F.W. Lesack et P. Marsh. 2007. « Lake abundance, potential water storage and habitat distribution in the Mackenzie River Delta, western Canadian Arctic » dans *Water Resources Research* 43, W05419. (DOI : 10.1029/2006WR005139.)
- Environnement Canada. 2003. *Plan de conservation des oiseaux de rivage de l'Ontario*. Service canadien de la faune. Downsview, Ontario. www.on.ec.gc.ca/wildlife/plans/shorebirdplan-f.html.
- Environnement Canada. 2005. *Descriptions narratives des écozones et des écorégions terrestres du Canada*. Ottawa, Ontario. www.ec.gc.ca/soer-ree/English/Framework/Nardesc/default.cfm (site consulté en novembre 2008).
- Environnement Canada. 2008a. *Écosystèmes aquatiques : eau souterraine*. Ottawa, Ontario. www.ec.gc.ca/Water/en/nature/grdwtr/e_gdwtr.htm (site consulté en mai 2009).
- Environnement Canada. 2008b. *Examen scientifique aux fins de la désignation de l'habitat essentiel de la population boréale du caribou des bois (Rangifer tarandus caribou) au Canada*. Ottawa, Ontario. 72 pages plus 180 pages d'annexes.
- Environnement Canada. 2008c. *Prendre le virage : Modélisation détaillée des émissions et des répercussions économiques*. www.ec.gc.ca/doc/virage-corner/2008-03/571/tm_toc_fra.htm (site consulté le 29 juillet 2010).
- Environnement Canada. 2009a. *Quatrième rapport national du Canada à la Convention sur la diversité biologique des Nations Unies*. Ottawa, Ontario.
- Environnement Canada. 2009b. *Terres humides*. Ottawa, Ontario. <http://www.ec.gc.ca/default.asp?lang=Fr&n=540B1882-1> (site consulté en mai 2009).
- Environnement Canada. 2010a. *Hydroélectricité*. www.canadainternational.gc.ca/can-am/bilat_can/energy-energie.aspx?lang=fra#Hydroelectric (site consulté en août 2010).
- Environnement Canada. 2010b. *Barrages et dérivations : Nombre de grands barrages au Canada*. www.ec.gc.ca/eauwater/default.asp?lang=En&n=9D404A01-1 (site consulté en août 2010).
- Erskine, A.J. 1977. *Birds in boreal Canada: Communities, densities and adaptations*. Service canadien de la faune, série de rapports n° 41. Ministre de l'Approvisionnement et des Services. Ottawa, Ontario.
- Etkin, D., G. Paoli et D. Riseborough. 1998. *Climate change impacts of permafrost engineering design*. Environnement Canada. Toronto, Ontario.

Eugster, W. et coll. 2000. « Land-atmosphere energy exchange in Arctic tundra and boreal forest: Available data and feedbacks to climate » dans *Global Change Biology 6 (Suppl. 1)*. p. 84-115.

Évaluation des écosystèmes pour le millénaire. 2005. *Ecosystems and human well-being: Synthesis*. Washington D.C. Island Press.

Faaborg, J. et coll. « Habitat fragmentation in the temperate zone » (p. 357-380) dans Martin, T.E. Martin et D.M. Finch (éd.). *Ecology and Management of Neotropical Migratory Birds*. Oxford, R.-U. Oxford University Press.

Fahrig, L. 2003. « Effects of habitat fragmentation on biodiversity » dans *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics 34*. p. 487-515.

Fairless, D.M., S.J. Herman et P.J. Rhem. 1994. *Characteristics of bull trout (Salvelinus confluentus) spawning sites in five tributaries of the Upper Clearwater River, Alberta*. Fish and Wildlife Services, Alberta Environmental Protection. Rocky Mountain House, Alberta.

Fearnside, P.M. 2004. « Greenhouse gas emissions from hydroelectric dams: Controversies provide a springboard for rethinking a supposedly clean energy source » dans *Climatic Change 66*. p. 1-8.

Fearnside, P.M. 2005. « Do hydroelectric dams mitigate global warming? The case of Brazil's Curua-Una Dam » dans *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change 10*. p. 675-691.

Fédération du saumon atlantique. 2010. *Atlantic salmon in North America. Maps of fate of North America Atlantic salmon rivers*. www.asf.ca/docs/uploads/%20rivers/introduction.html.

Forum international Rosenberg sur les politiques de l'eau. 2009. *Report of the Rosenberg International Forum on Water Policy to the Government of the Northwest Territories*. University de la Californie-Berkeley.

Freeman, M.C. et coll. 2003. « Ecosystem-level consequences of migratory faunal depletion caused by dams » dans *American Fisheries Society Symposium 35*. p. 255-266.

Garcia, E. et R. Carignan. 2005. « Mercury concentrations in fish from forest harvesting and fire-impacted Canadian boreal lakes compared using stable isotopes of nitrogen » dans *Environmental Toxicology and Chemistry 24*. p. 685-693.

Gardarsson, A. et coll. 2004. « Population fluctuations of chironomid and simuliid Diptera at Myvatn in 1977-1996 » dans *Aquatic Ecology 38(2)*. p. 209-217.

Gauthier, J. et Y. Aubry. 1996. *Les Oiseaux nicheurs du Québec*. Société québécoise de protection des oiseaux et Service canadien de la faune (région du Québec), Environnement Canada. Montréal, Québec.

Gentes, M.L. et coll. 2006. « Effects of oil sands tailings compounds and harsh weather on mortality rates, growth and detoxification efforts in nestling tree swallows (*Tachycineta bicolor*) » dans *Environmental Pollution 142(1)*. p. 24-33.

Gentes, M.L. et coll. 2007. « Tree swallows (*Tachycineta bicolor*) nesting on wetlands impacted by oil sands mining are highly parasitized by the bird blow fly *Protocalliphora spp* » dans *Journal of Wildlife Diseases 43*. p. 167-178.

Ghassemi, F. et I. White. 2007. *Inter-basin water transfer: Case studies from Australia, United States, Canada, China and India*. Cambridge, R.-U. Cambridge University Press.

Gorham, E. 1991. « Northern peatlands: Role in the carbon cycle and probable responses to climatic warming » dans *Ecological Applications 1(2)*. p. 182-195.

Goudie, A. 2006. *The human impact on the natural environment, 3rd ed.* Cambridge, Massachusetts. Blackwell.

Gouvernement de l'Alberta. 2009. *Terms of reference for developing the Lower Athabasca land use plan*. Edmonton, Alberta.

Gouvernement de l'Ontario. 2009a. *Modification de la Loi sur les mines. C. 33, annexe 23, art. 1*. www.e-laws.gov.on.ca/html/statutes/english/elaws_statutes_90m14_e.htm (site consulté en juin 2010).

Gouvernement de l'Ontario. 2009b. (Communiqué de presse) « Le gouvernement McGuinty s'apprête à recueillir des commentaires sur les règlements ». <http://news.ontario.ca/mndmf/fr/2009/12/une-nouvelle-etape-de-consultation-sur-la-loi-sur-les-mines-debute.html> (site consulté en juin 2010).

- Grant, J. et coll. 2010. *Northern lifeblood: Empowering northern leaders to protect the Mackenzie River Basin from oil sands risks*. Institut Pembina. Drayton Valley, Alberta. 75 pages.
- Greathouse, E.A. et coll. 2006. « Indirect upstream effects of dams: Consequences of migratory consumer extirpation in Puerto Rico » dans *Ecological Applications* 16. p. 339-352.
- Gresh, T.U., J. Lichatowich et P. Schoonmaker. 2000. « An estimation of historic and current levels of salmon production in the northeast Pacific ecosystem: Evidence of a nutrient deficit in the freshwater systems of the Pacific Northwest » dans *Fisheries* 25. p. 15-21.
- Griffiths, M., A. Taylor et D. Woynilowicz. 2006. *Troubled waters, troubling trends: Technology and policy options to reduce water use in oil and oil sands development in Alberta*. Institut Pembina. Alberta.
- Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). 1995. *Seconde évaluation du Changement de climat 1995. Rapport de synthèse et résumés à l'intention des décideurs*. OMM, Programme des Nations Unies pour l'environnement. Genève, Suisse.
- Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2000. *Utilisation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie*. R.T. Watson et coll. (éd.). Cambridge, R.-U. Cambridge University Press.
- Gurney, K.E. et coll. 2005. « Impact of oil-sands-based wetlands on the growth of mallard (*Anas platyrhynchos*) ducklings » dans *Environmental Toxicology and Chemistry* 24(2). p. 457-463.
- Hall, B.D. et coll. 2005. « Impacts of reservoir creation on the biogeochemical cycling of methyl mercury and total mercury in boreal upland forests » dans *Ecosystems* 8. p. 248-266.
- Hammond, H. 2009. *Maintaining whole systems on Earth's Crown: Ecosystem-based conservation planning for the boreal forest*. Silva Forest Foundation. Slovan Park, C.-B.
- Hayeur, G. 2001. *Synthèse des connaissances environnementales acquises en milieu nordique de 1970 à 2000*. Hydro-Québec. Montréal, Québec.
- Hebert, P.D.N. (éd.). 2002. *Canada's aquatic environments (Internet)*. CyberNatural Software. Université de Guelph. www.aquatic.uoguelph.ca.
- Hennan, E.G. 1974. *Peace Athabasca Delta: Breeding and fall staging census results, 1974*. Canards illimités.
- Hinzman, L.D. et coll. 2005. « Evidence and implications of recent climate change in northern Alaska and other arctic regions » dans *Climate Change* 72. p. 251-298.
- Hobson, K.A. et E.M. Bayne. 2000. « Effects of forest fragmentation by agriculture on avian communities in the southern boreal mixed woods of western Canada » dans *Wilson Bulletin* 112. p. 373-387.
- Hodgins, B.W. et G. Hoyle. 1997. *Canoeing north into the unknown: A record of river travel, 1874-1974*. Natural Heritage. Toronto, Ontario. 278 pages.
- Hood, G.A. et S.E. Bayley. 2008. « Beaver (*Castor canadensis*) mitigate the effects of climate on the area of open water in boreal wetlands in western Canada » dans *Biological Conservation* 141. p. 556-557.
- Hornig, J.F. (éd.). 1999. *Social and environmental impacts of the James Bay hydroelectric project*. Montréal, Québec. McGill-Queen's University Press.
- Hummel, M. et J.C. Ray. 2008. *Caribou and the north: A shared future*. Toronto, Ontario. Dundurn Press.
- Humphries, P. et K.O. Winemiller. 2009. « Historical impacts on river fauna, shifting baselines and challenges for restoration » dans *Bioscience* 59. p. 673-684.
- Hydro One. 2010. www.hydroone.com/OurCompany/Pages/OurSubsidiaries.aspx (site consulté le 11 juin 2010).
- Hydro-Québec 2010a. *Projet de la Romaine*. www.hydroquebec.com/romaine/index.html (site consulté le 29 juillet 2010).
- Hydro-Québec. 2009. *Hydro Québec : Plan stratégique 2009-2013*. www.hydroquebec.com (site consulté le 11 juin 2010).
- Hydro-Québec. 2010b. *Projet de l'Eastmain-1-A/Sarcelle/Rupert*. www.hydroquebec.com/rupert/fr/index.html (site consulté le 29 juillet 2010).

- Initiative boréale canadienne. 2005. *L'enjeu boreal : Assurer l'avenir de la région boréale du Canada*. Initiative boréale canadienne. Ottawa, Ontario.
- Initiative boréale canadienne. 2008. *Mineral exploration conflicts in Canada's boreal forest*. Initiative boréale canadienne. Ottawa, Ontario.
- International Game Fish Association. 2010. *World record fish*. www.igfa.org/records/World-Records-Fish-List.aspx?LC=ATR (site consulté le 8 juin 2010).
- Johnson, P.T.J., J.D. Olden et M.J. Vander Zanden. 2008. « Dam invaders: Impoundments facilitate biological invasions into freshwaters » dans *Frontiers in Ecology and the Environment* 6. p. 357-363.
- Kallick, S. 2010. *World-class forest protection*. Huffington Post. www.huffingtonpost.com/steven-kallick/worldclass-forest-protec_b_587798.html.
- Karst, A. 2010. *Importance of Canada's boreal forest from an ethnobotanical perspective*. Boreal Songbird Initiative, Initiative boréale canadienne, Fondation David Suzuki. Seattle, Washington, Ottawa, Ontario et Vancouver, C.-B.
- Kelly, E.N. et coll. 2009. « Oil sands development contributes polycyclic aromatic compounds to the Athabasca River and its tributaries » dans *Proceedings of the National Academy of Sciences*. (DOI : 10.1073/pnas.0912050106.)
- Kelly, M. 1988. *Mining and the freshwater environment*. New York, New York. Elsevier.
- Kemp, A., L. Bernatchez et J.J. Dodson. 1989. « A revision of coregonine fish distribution and abundance in eastern James Bay » dans *Environmental Biology of Fishes* 26. p. 247-255.
- Kimmerer, W.J. 2002. « Effects of freshwater flow on abundance of estuarine organisms: Physical effects or trophic linkages? » dans *Marine Ecology Progress Series* 243. p. 39-55.
- Lafleur, P.M. 2008. « Connecting atmosphere and wetland: Energy and water vapour exchange » dans *Geography Compass* 2/4. p. 1027-1057.
- Langlois, C., R. Langis et M. Pérusse. 1995. « Mercury contamination in northwest Quebec environment and wildlife » dans *Water, Air and Soil Pollution* 80. p. 1021-1024.
- Le Pape, O. et coll. 2003. « Relationship between interannual variations of the river plume and the extent of nursery grounds for the common sole (*Solea solea*) in Vilaine Bay. Effects on recruitment variability » dans *Journal of Sea Research* 50. p. 177-185.
- Lee, P. et coll. 2003. *Canada's large intact forest landscapes*. Global Forest Watch Canada et World Resources Institute. Edmonton, Alberta, et Washington D.C.
- Lee, P.D. et coll. 2006. *Canada's large intact forest landscapes*. Global Forest Watch Canada. Edmonton, Alberta.
- Leprieur, F. et coll. 2008. « Fish invasions in the world's river systems: When natural processes are blurred by human activities » dans *Public Library of Science Biology* 6(2). e28 (DOI : 10.1371/journal.pbio.0060028.)
- Lindenmayer, D.B. et J.F. Franklin. 2002. *Conserving forest biodiversity: A comprehensive multiscaled approach*. Washington D.C. Island Press.
- Loeng, H. et coll. 2005. « Marine systems » (p. 453-538) dans *Arctic Climate Impacts Assessment*. Cambridge, R.-U. Cambridge University Press.
- Loneragan, N.R. et S.E. Bunn. 1999. « River flows and estuarine ecosystems: Implications for coastal fisheries from a review and a case study of the Logan River, southeast Queensland » dans *Australian Journal of Ecology* 24. p. 431-440.
- Loo, T. 2007. « Disturbing the peace: Environmental change and the scales of justice on a northern river » dans *Environmental History* 12. p. 895-919.
- Lottemoser, B. 2003. *Mine wastes: Characterization, treatment and environmental impacts*. New York, New York. Springer.
- Louchouart, P. et coll. 1993. « Geochemistry of mercury in two hydroelectric reservoirs in Quebec, Canada » dans *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 50. p. 269-281.

- MacCrimmon, H.R. et B.L. Gots. 1979. « World distribution of Atlantic salmon (*Salmo salar*) » dans *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 36. p. 422-457.
- Marty, J., K. Smokorowski et M. Power. 2008. *The influence of fluctuating ramping rates on the food web of boreal rivers. River Research and Applications*. (DOI : 10.1002/rra.1194.)
- McAllister, D.E. 2000. « Biodiversity in Canadian fresh and marine waters » (p. 81-106) dans Bocking, S. (éd.). *Biodiversity in Canada: Ecology, ideas and action*. Peterborough, Ontario. Broadview Press.
- McCart, P. 1997. « Bull trout in Alberta: A review » (p. 191-208) dans Mackay, W.C., M.K. Bewin et M. Monita (éd.). *Friends of the Bull Trout Conference Proceedings*. Bull Trout Task Force, Trout Unlimited Canada. Calgary, Alberta.
- McCutcheon, S. 1991. *Electric rivers: The story of the James Bay Project*. Montréal, Québec. Black Rose Books.
- McGuire, A.D. et coll. 2009. « Sensitivity of the carbon cycle in the Arctic to climate change » dans *Ecological Monographs* 79. p. 523-555.
- Meincke, J., B. Rudels et H.J. Friedrich. 1997. « The Arctic Ocean-Nordic Seas thermohaline system—ICES » dans *Journal of Marine Science* 54. p. 283-299.
- Minns, C.K. et coll. 2008. « A preliminary national analysis of some key characteristics of Canadian lakes » dans *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 65. p. 1763-1778.
- Mittermeir, R.A. et coll. 2003. « Wilderness and biodiversity conservation » *Proceedings of the National Academy of Sciences* 100. p. 10309-10313.
- Morin, R., J.J. Dodson et G. Power. 1982. « Life-history variations of anadromous cisco (*Coregonus artedii*), lake whitefish (*C. clupeaformis*) and round whitefish (*Prosopium cylindraceum*) populations of eastern James Bay-Hudson Bay » dans *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 39. p. 958-967.
- Morrison, K.A. et N. Therien. 1995. « Changes in mercury levels in lake whitefish (*Coregonus clupeaformis*) and northern pike (*Esox lucius*) in the LG-2 reservoir since flooding » dans *Water, Air and Soil Pollution* 80. p. 819-828.
- Munk Centre and Environmental and Research Studies Centre. 2007. *Running out of steam: Oil sands development and water use in the Athabasca River watershed*. Université de Toronto, Université de l'Alberta.
- Musick, J.A. et coll. 2000. « Marine, estuarine and diadromous fish stocks at risk of extinction in North America (exclusive of Pacific salmonids) » dans *Fisheries* 25. p. 6-30.
- Myers, R.A., S.A. Akenhead et K. Drinkwater. « 1990: The influence of Hudson Bay runoff and ice-melt on the salinity of the inner Newfoundland Shelf » dans *Atmosphere-Ocean* 28(2). p. 241-256.
- Naiman, R.J. et coll. 2006. *Freshwater biodiversity: Challenges for freshwater biodiversity research. DIVERSITAS Report No. 5*. www.divertas-international.org/cross_freshwater.html.
- Naiman, R.J. et H. Decamps. 1997. « The ecology of interfaces: Riparian zone » dans *Annual Review of Ecology and Systematics* 28. p. 621-658.
- Naiman, R.J., C.A. Johnston et J.C. Kelley. 1988. « Alteration of North American streams by beaver » dans *Bioscience* 38. p. 753-762.
- Naiman, R.J., J.M. Melillo et J.E. Hobbie. 1986. « Ecosystem alteration of boreal forest streams by beaver (*Castor canadensis*) » dans *Ecology* 67. p. 1254-1269.
- National Research Council. 1992. *Restoration of aquatic ecosystems: Science, technology and public policy*. Washington D.C. National Academy Press.
- Nehlsen, W., J.E. Williams et J.A. Lichatowich. 1991. « Pacific salmon at the crossroads: Stocks at risk from California, Oregon, Idaho and Washington » dans *Fisheries* 16. p. 4-21.
- Neville, H. et coll. 2009. « Influences of wildfire, habitat size and connectivity on trout in headwater streams revealed by patterns of genetic diversity » dans *Transactions of the American Fisheries Society* 138. p. 1314-1327.
- Niezen, R. 1993. « Power and dignity: The social consequences of hydro-electric development for the James Bay Cree » dans *Canadian Review of Sociology and Anthropology* 30. p. 510-529.

- Nikiforuk, A. 2008. *Tar sands: Dirty oil and the future of a continent*. Vancouver, C.-B. Greystone Books.
- Nilsson C. et K. Berggren. 2000. « Alterations of riparian ecosystems caused by river regulation » dans *BioScience* 50. p. 783-792.
- Nilsson, C. et coll. 2005. « Fragmentation and flow regulation of the world's large river systems » dans *Science* 308. p. 405-408.
- Nilsson, C. et M. Dynesius. 1994. « Ecological effects of river regulation on mammals and birds: A review » dans *Regulated Rivers: Research and Management* 9. p. 45-53.
- Northwatch et Mines Alerte Canada. 2008. *The boreal below: Mining issues and activities in Canada's boreal forest*. Ottawa, Ontario. www.web.ca/~nwatch/ (site consulté en août 2010).
- Notzke, C. 1994. *Aboriginal peoples and natural resources in Canada*. North York, Ontario. Captus University Press et Centre for Aboriginal Management, Education and Training.
- Nunavuummi Tasiujarjuamiuguatigiit Katutjiqatigiingit (NTK)/Nunavut Hudson Bay Inter-Agency Working Group. 2008. « A life vest for Hudson Bay's drifting stewardship » dans *Arctic* 61 (Suppl. 1). p. 35-47.
- Oceans North. 2010. *Beaufort Sea*. www.oceansnorth.org/beaufort-sea (site consulté en juin 2010).
- Opler, P.A. et V. Malikul. 1992. *A field guide to eastern butterflies*. Boston, Massachusetts. Houghton Mifflin.
- Page, L.M. et B.M. Burr. 1991. *A field guide to freshwater fishes of North America north of Mexico*. Boston, Massachusetts. Houghton Mifflin.
- Palmer, M.A. et coll. 2008. « Climate change and the world's river basins: Anticipating management options » dans *Frontiers In Ecology And The Environment* 6(2). p. 81-89.
- Parrish, D.L. et coll. 1998. « Why aren't there more Atlantic salmon? » dans *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 55(Suppl. 1). p. 281-287.
- Pêches et Océans Canada. 2005. *Le golfe du Saint-Laurent, Un écosystème unique*. Ottawa, Ontario. 60 pages.
- Pew Environment Group. 2010. *Canadian forest industry and environmental groups sign world's largest conservation agreement applying to area twice the size of Germany*. www.pewtrusts.org/news_room_detail.aspx?id=58950.
- Pielke, R.A. 2001. « Influence of the spatial distribution of vegetation and soils on the prediction of cumulus convective rainfall » dans *Review of Geophysics* 39. p. 151-177.
- Pielke, R.A. et coll. 1998. « Interactions between the atmosphere and terrestrial ecosystems: influence on weather and climate » dans *Global Change Biology* 4. p. 461-475.
- Pielke, R.A. et coll. 2007. « An overview of regional land-use and land-cover impacts on rainfall » dans *Tellus* 59B. p. 587-601.
- Pielke, R.A. et P.L. Vidale. 1995. « The boreal forest and the polar front » dans *Journal of Geophysical Research* 100. p. 755-758.
- Pienitz, R., J.P. Smol et D.R.S. Lean. 1997. « Physical and chemical limnology of 59 lakes located between the southern Yukon and the Tuktoyaktuk Peninsula, Northwest Territories (Canada) » dans *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 54. p. 330-346.
- Pimm, S.L., N. Roulet et A. Weaver. 2009. « Boreal forests' carbon stores need better management » dans *Nature* 462. p. 276.
- Poff, N.L. et coll. 2007. « Homogenization of regional river dynamics by dams and global biodiversity implications » dans *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104. p. 5732-5737.
- Poff, N.L. et D.D. Hart. 2002. « How dams vary and why it matters for the emerging science of dam removal » dans *Bioscience* 52. p. 659-668.

- Poff, N.L., M.M. Brinson et J.W. Day, 2002. *Aquatic ecosystems and global climate change*. Pew Center on Global Climate Change. Arlington, Virginie.
- Pollet, I. et L.I. Bendell-Young. 2001. « Amphibians as indicators of wetland quality as applied to wetlands based on oil-sands effluent » dans *Environmental Toxicology & Chemistry* 19. p. 2589-2597.
- Post, J.R. et coll. 2002. « Canada's recreational fisheries: The invisible collapse? » dans *Fisheries* 27. p. 6-17.
- Price, J.S. et coll. 2005. « Advances in Canadian wetland hydrology, 1999-2003 » dans *Hydrological Processes* 19. p. 201-214.
- Prowse, T. et coll. 2009a. « Climate impacts on northern Canada: Regional background » dans *Ambio* 38(5). p. 248-256.
- Prowse, T. et coll. 2009b. « Implications of climate change for northern Canada: Freshwater, marine and terrestrial ecosystems » dans *Ambio* 38(5). p. 282-289.
- Rahel, F.J., B. Rierwagen et Y. Taniguchi. 2008. « Managing aquatic species of conservation concern in the face of climate change and invasive species » dans *Conservation Biology* 22. p. 551-561.
- Rawlins, M.A. et coll. 2009. « Tracing freshwater anomalies through the air-land-ocean system: A case study from the Mackenzie River Basin and the Beaufort Gyre » dans *Atmosphere-Ocean* 47. p. 79-97.
- Reeves, R.R. et coll. 2002. *Guide to marine mammals of the world*. New York, New York. Alfred A. Knopf.
- Reist, J.D. et coll. 2006. « Climate change impacts on Arctic freshwater ecosystems and fisheries » dans *Ambio* 35(7). p. 370-380.
- Reist, J.D. et W.A. Bond. 1988. « Life history characteristics of migratory coregonids of the lower Mackenzie River, Northwest Territories, Canada » dans *Finnish Fisheries Research* 9. p. 133-144.
- Ressources naturelles Canada. 2009a. *L'atlas du Canada : Les terres humides*. http://atlas.nrcan.gc.ca/site/francais/learningresources/theme_modules/wetlands/index.html/document_view (site consulté en juillet 2009).
- Ressources naturelles Canada. 2009b. *L'État des forêts au Canada : Rapport annuel 2009*. <http://warehouse.pfc.forestry.ca/HQ/30071.pdf> (site consulté en juin 2010).
- Richardson, B. 1991. *Strangers devour our land*. White River Junction, Vermont. Chelsea Green Publishing Co. 376 pages.
- Riordan, B. et D. Verbyla. 2006. « Shrinking ponds in sub-Arctic Alaska based on 1950-2002 remotely sensed images » dans *Journal of Geophysical Research* 11, G04002. (DOI : 10.1029/2005JG000150.)
- Ripley, T., G. Scrimgeour et M. S. Boyce. 2005. « Bull trout (*Salvelinus confluentus*) occurrence and abundance influenced by cumulative industrial developments in a Canadian boreal forest watershed » dans *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 62. p. 2431-2442.
- Roebuck, B.D. 1999. « Elevated mercury in fish as a result of the James Bay hydroelectric development: Perception and reality » (p. 73-92) dans Hornig, J.F. (éd.). *Social and environmental impacts of the James Bay hydroelectric project*. Montréal, Québec. McGill-Queen's University Press.
- Rosenberg, D.M. et coll. 1997. « Large-scale impacts of hydroelectric development » dans *Environmental Reviews* 5. p. 27-54.
- Rosenberg, D.M., R.A. Bodaly et P.J. Usher. 1995. « Environmental and social impacts of large-scale hydroelectric development: Who is listening? » dans *Global Environmental Change* 5. p. 127-148.
- Roy, D. et D. Messier. 1989. « A review of the effects of water transfers in the La Grande hydroelectric complex (Quebec, Canada) » dans *Regulated Rivers* 4. p. 299-316.
- Sanderson, E.W. et coll. 2002. « The human footprint and the last of the wild » dans *BioScience* 52. p. 891-904.
- Schetagne, R. et R. Verdon. 1999. « Post-impoundment evolution of fish mercury levels at the La Grande complex, Quebec, Canada, from 1978 to 1996 » (p. 235-258) dans Lucotte, M. et coll. (éd.). *Mercury in the biogeochemical cycle: Natural environments and hydroelectric reservoirs of northern Quebec*. *Environmental science series*. Berlin. Springer.

- Schetagne, R., J.F. Doyon et J.J. Fournier. 2000. « Export of mercury downstream from reservoirs » dans *Science of the Total Environment* 260. p. 135-145.
- Scheuhammer, A.M. 1987. « The chronic toxicity of aluminum, cadmium, mercury and lead in birds: A review » dans *Environmental Pollution* 46. p. 265-295.
- Schindler, D. et P. Lee. 2010. « Comprehensive conservation planning to protect biodiversity and ecosystem services in Canadian boreal regions under a warming climate and increasing exploitation » dans *Biological Conservation* 143. p. 1571-1586.
- Schindler, D.W. 1998a. « A dim future for boreal waters and landscapes » dans *BioScience* 48. p. 157-164.
- Schindler, D.W. 1998b. « Sustaining aquatic ecosystems in boreal regions » dans *Conservation Ecology* 2. p. 18.
- Schindler, D.W. 2005. *Boreal fresh waters*. Ressources naturelles Canada. Ottawa, Ontario.
- Schindler, D.W. 2009. « Lakes as sentinels and integrators for the effects of climate change on watersheds, airsheds and landscapes » dans *Limnology and Oceanography* 54. p. 2349-2358.
- Schindler, D.W. et coll. 1990. « Effects of climatic warming on lakes of the central boreal forest » dans *Science* 250. p. 967-970.
- Schindler, D.W. et coll. 1996. « The effects of climatic warming on the properties of boreal lakes and streams at the Experimental Lakes Area, northwestern Ontario » dans *Limnology and Oceanography* 41(5). p. 1004-1017.
- Schindler, D.W. et J.P. Smol. 2006. « Cumulative effects of climate warming and other human activities on freshwaters of Arctic and Subarctic North America » dans *Ambio* 35(4). p. 160-168.
- Schindler, D.W. et W.F. Donahue. 2006. « An impending water crisis in Canada's western prairie provinces » dans *Proceedings of the National Academy of Sciences* 103. p. 7210-7216.
- Schuur, E.A.G. et coll. 2008. « Vulnerability of permafrost carbon to climate change: Implications for the global carbon cycle » dans *Bioscience* 58(8). p. 701-714.
- Scott, W.B. et E.J. Crossman. 1973. *Poissons d'eau douce du Canada, bulletin 184*. Conseil de recherches sur les pêcheries du Canada. Ottawa, Ontario.
- Serreze, M.C. et coll. 2000. « Observational evidence of recent change in the northern high latitude environment » dans *Climatic Change* 46. p. 159-207.
- Sherman, K. et G. Hempel (éd.). 2008. *The UNEP large marine ecosystem report: A perspective on changing conditions in LMEs of the world's regional seas. UNEP Regional Seas Report and Studies No. 182*. Programme des Nations Unies pour l'environnement. Nairobi, Kenya.
- Shiklomanov, I.A. et J.C. Rodda. 2003. *World water resources at the beginning of the twenty-first century*. Cambridge, R.-U. Cambridge University Press.
- Sklar, F.H. et J.A. Browder. 1998. « Coastal environmental impacts brought about by alterations to freshwater flow in the Gulf of Mexico » dans *Environmental Management* 22. p. 547-562.
- Smith, L.C. et coll. 2005. « Disappearing Arctic Lakes » dans *Science* 308. p. 1429.
- Smith, R.J. et coll. 2004. « Spatial foraging differences in American redstarts along the shoreline of northern Lake Heron during springtime » dans *Wilson Journal of Ornithology* 116(1). p. 48-55.
- Sobek, S. et coll. 2009. « Organic carbon burial efficiency in lake sediments controlled by oxygen exposure time and sediment source » dans *Limnology and Oceanography* 54. p. 2243-2254.
- Soderbergh, B., F. Robelius et K. Aleklett. 2007. « A crash program scenario for the Canadian oil sands industry » dans *Energy Policy* 35. p. 1931-1947.
- Sørensen, R. et coll. 2009. « Forest harvest increases runoff most during low flows in two boreal streams » dans *Ambio* 38(7). p. 357-363.
- Spitzer, K. et H.V. Danks. 2006. « Insect biodiversity of boreal peat bogs » dans *Annual Review of Entomology* 51. p. 137-161.

- Spracklen, D.V., B. Bonn et K.S. Carslaw. 2008. « Boreal forests, aerosols and the impacts on clouds and climate » dans *Philosophical Transactions of the Royal Society* 366. p. 4613-4626. (DOI : 10.1098/rsta.2008.0201.)
- St. Louis, V.L. et coll. 2000. « Reservoir surface as sources of greenhouse gases to the atmosphere: A global estimate » dans *Bioscience* 50. p. 766-775.
- St. Louis, V.L., C.A. Kelly, E. Duchemin, J.W.M. Rudd et D.M. Rosenberg. 2000. « Reservoir surfaces as sources of greenhouse gases to the atmosphere: a global estimate » dans *BioScience* 50. p. 766-775.
- Steedman, R.J. et coll. 2003. (p. 59-81) dans Gunn, J.M., R.J. Steedman et R.A. Ryder (éd.). *Boreal shield watersheds: Lake trout ecosystems in a changing environment*. Boca Raton, Floride. Lewis Publishers.
- Stephens, S.A. et coll. 2003. « Effects of habitat fragmentation on avian nesting success: A review of the evidence at multiple spatial scales » dans *Biological Conservation* 115. p. 101-110.
- Stephenson, S.A., J.A. Burrows et J.A. Babaluk. 2005. « Long-distance migration by inconnu (*Stenodus leucichthys*) in the Mackenzie River system » dans *Arctic* 58. p. 21-25.
- Stewart, D.B. et W.L. Lockhart. 2005. « An overview of the Hudson Bay marine ecosystem » dans *Canadian Technical Report Fisheries and Aquatic Sciences* 2586. p. vi + 487 pages.
- Sullivan, M.G. 2003. « Active management of walleye fisheries in Alberta: Dilemmas of managing recovering fisheries » dans *North American Journal of Fisheries Management* 23. p. 1343-1358.
- Sun, J. et coll. 1997. « Lake-induced atmospheric circulations during BOREAS » dans *Journal of Geophysical Research* 102(D24):29. p. 155-129, 166.
- Sun, L., J.M. Webb et W.P. McCafferty. 2002. « *Cercobrachys cree*: A new species (Ephemeroptera: caenidae) from western North America » dans *Entomological News* 113. p. 80-86.
- Tarnocai, C. 1998. « The amount of organic carbon in various soil orders and ecological provinces in Canada » dans Lal, R. et coll. (éd.). *Soil processes and the carbon cycle*. Boca Raton, Floride. CRC Press.
- Tarnocai, C. 2006. « The effect of climate change on carbon in Canadian peatlands » dans *Global and Planetary Change* 53. p. 222-232.
- Tarnocai, C. 2009. « The impact of climate change on Canadian peatlands » dans *Canadian Water Resources Journal* 34. p. 453-466.
- Tarnocai, C. et coll. 2009. « Soil organic carbon pools in the northern circumpolar permafrost region » dans *Global Biogeochemical Cycles* 23, GB2023. (DOI : 10.1029/2008GB003327.)
- Taylor, C.A. et coll. 1996. « Conservation status of crayfishes of the United States and Canada » dans *Fisheries* 21. p. 25-38.
- Taylor, C.M. et coll. 1998. « Snow breezes in the boreal forest » dans *Journal of Geophysical Research* 103. p. 23,087-23.
- Thomas, R.G. 2002. *An updated provisional bird inventory for the Peace Athabasca Delta, Northeastern Alberta*. Rapport final à BC Hydro, Burnaby, Colombie-Britannique.
- Thompson, D.R. 1996. « Mercury in birds and terrestrial mammals. Environmental contaminants in wildlife: Interpreting tissue concentrations » dans Beyer, W.N., G.H. Heinz et A.W. Redmon-Norwood (éd.). *SETA C Spec. Publ.* Lewis Publishers, Boca Raton, Floride.
- Timoney, K. et P. Lee. 2009. « Does the Alberta Tar Sands industry pollute? The scientific evidence » dans *Open Conservation Biology Journal* 2009 (3).
- Tranvik, L.J. et coll. 2009. « Lakes and reservoirs as regulators of carbon cycling and climate » dans *Limnology and Oceanography* 54. p. 2298-2314.
- Tremblay, A. et coll. 2005. « GHG emissions from boreal reservoirs and natural aquatic ecosystems » (p. 209-231) dans Tremblay, A. et coll. (éd.). *Greenhouse gas emissions: Fluxes and processes, hydroelectric reservoirs and natural environments*. Berlin/Heidelberg: Springer Verlag.
- Tremblay, A., M. Lambert et L. Gagnon. 2004. « Do hydroelectric reservoirs emit greenhouse gases? » dans *Environmental Management* 33 (Supplement 1). p. S509-S517.

- U.S. Energy Information Administration. 2010. *Crude oil and total petroleum imports for top 15 countries*. www.eia.doe.gov/pub/oil_gas/petroleum/data_publications/company_level_imports/current/import.html (site consulté le 10 juin 2010).
- U.S. Fish and Wildlife Service. 2006. *A forest under siege: Threats to the boreal forest*. www.fws.gov/birds/documents/conservationFinal.pdf (site consulté en juin 2010).
- Valentini, R. et coll. 2000. « Carbon and water exchanges of two contrasting central Siberia landscape types, regenerating forest and bog » dans *Functional Ecology* 14. p. 87-96.
- Verdon R. et coll. 1991. « Mercury evolution (1978-1988) in fishes of the La Grande Hydroelectric Complex, Quebec, Canada » dans *Water, Air and Soil Pollution* 56. p. 405-417.
- Vincent, W.F. et J.J. Dodson. 1999. « The St. Lawrence River, Canada-USA: The need for an ecosystem-level understanding of large rivers » dans *Japanese Journal of Limnology* 60. p. 29-50.
- Vorosmarty, C.J. et D. Sahagian. 2000. « Anthropogenic disturbance of the terrestrial water cycle » dans *Bioscience* 50. p. 753-765.
- Walters, J.R. 1998. « The ecological basis of avian sensitivity to habitat fragmentation » dans Marzluff, J.M. et R. Sallabanks (éd.). *Avian conservation: Research and management*. Washington D.C. Island Press.
- Warner, B.G. et T. Asada. 2006. « Biological diversity of peatlands in Canada » dans *Aquatic Science* 68. p. 240-253.
- Wells, J.V. 2007. *Birder's Conservation Handbook*. Princeton. Princeton University Press.
- White, D. et coll. 2007. « The Arctic freshwater system: Changes and impacts » dans *Journal of Geophysical Research* 112, G04S54. (DOI : 10.1029/2006JG000353.)
- Williams, J.D. et coll. 1993. « Conservation status of freshwater mussels of the United States and Canada » dans *Fisheries* 18. p. 6-22.
- Willson, M.F., S.M. Gende et B.H. Marston. 1998. « Fishes and the forest: Expanding perspectives on fish-wildlife interactions » dans *BioScience* 48. p. 455-462.
- Woo, M. et coll. 2008. « Streamflow hydrology in the boreal region under the influences of climate and human interference » dans *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 363. p. 2249-2258.
- Woodgate, R., K. Aagaard et T. Weingartner. 2006. « Interannual changes in the Bering Strait fluxes of volume, heat and freshwater between 1991 and 2004 » dans *Geophysical Research Letters* 33, L15609. (DOI : 10.1029/2006GL026931.)
- Woyntonowicz, D., C. Severson-Baker et M. Reynolds. 2005. *Oil sands fever: The environmental implications of Canada's oil sands rush*. Institut Pembina. Drayton Valley, Alberta.
- Wright, J.P., C.G. Jones et A.S. Flecker. 2002. « An ecosystem engineer, the beaver, increases species richness at the landscape scale » dans *Oecologia* 132. p. 96-101.
- Wrona, F.J. et coll. 2005. « Freshwater ecosystems and fisheries » dans *Arctic Climate Impact Assessment*. Londres. Cambridge University Press.
- WWF. 1999. *Ecoregion-based conservation in the Bering Sea: Identifying important areas for biodiversity conservation*. WWF. Washington D.C.
- Zedler, J.B. et S. Kercher. 2005. « Wetland resources: Status, trends, ecosystem services and restorability » dans *Annual Review of Environmental Resources* 30. p. 39-74.
- Zhuang, Q. et coll. 2006. « CO₂ and CH₄ exchanges between land ecosystems and the atmosphere in northern high latitudes over the 21st century » dans *Geophysical Research Letters* 33, L17403. (DOI : 10.1029/2006GL026972.)
- Zimpfer, N.L. et coll. Juillet 2009. *Trends in duck breeding populations, 1955-2009*. USFWS Administrative Report. www.fws.gov/migratorybirds/NewReportsPublications/PopulationStatus/Trends/Trend%20Report%202009.pdf.

