

CHAPITRE 3

Nord du Canada

**Auteurs principaux :**

Chris Furgal¹ et Terry D. Prowse²

Collaborateurs :

Barry Bonsal (*Environnement Canada*), Rebecca Chouinard (*Affaires indiennes et du Nord Canada*), Cindy Dickson (*Council of Yukon First Nations*), Tom Edwards (*University of Waterloo*), Laura Eerkes-Medrano (*University of Victoria*), Francis Jackson (*Affaires indiennes et du Nord Canada*), Humfrey Melling (*Pêches et Océans Canada*), Dave Milburn (*expert-conseil*), Scot Nickels (*Inuit Tapiriit Kanatami*), Mark Nuttall (*University of Alberta*), Aynslie Ogden (*Yukon Department of Energy, Mines and Resources*), Daniel Peters (*Environnement Canada*), James D. Reist (*Pêches et Océans Canada*), Sharon Smith (*Ressources naturelles Canada*), Michael Westlake (*Northern Climate ExChange*), Fred Wrona (*Environnement Canada et University of Victoria*)

Notation bibliographique recommandée :

Furgal, C. et T.D. Prowse. « Nord du Canada », dans *Vivre avec les changements climatiques au Canada : édition 2007*, D.S. Lemmen, F.J. Warren, J. Lacroix et E. Bush (éditeurs), Gouvernement du Canada, Ottawa (Ontario), 2008, pp. 57-118.

¹ Department of Indigenous Studies et Department of Environment and Resource Studies, Trent University, Peterborough (Ontario).

² Environnement Canada et University of British Columbia, Victoria (Colombie-Britannique).

TABLE DES MATIÈRES

1 INTRODUCTION	61
2 APERÇU DE LA RÉGION	62
2.1 Géographie physique	62
2.2 Situation et tendances socio-économiques, sanitaires et démographiques	64
2.3 Conditions climatiques passées et futures	67
2.3.1 Conditions climatiques passées.....	67
2.3.2 Conditions climatiques à venir.....	68
3 RÉPERCUSSIONS DE L'ÉVOLUTION DU CLIMAT SUR L'ENVIRONNEMENT ARCTIQUE.....	74
3.1 Glace de mer	74
3.2 Couverture nivale.....	74
3.3 Glaciers et inlandsis	75
3.4 Pergélisol	75
3.5 Glace de lacs et de cours d'eau	77
3.6 Apport d'eau douce.....	77
3.7 Élévation du niveau de la mer et stabilité du littoral	77
3.8 Zones de végétation terrestre et biodiversité	78
3.9 Écosystèmes dulcicoles.....	78
4 RÉPERCUSSIONS SUR LE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUE ET SUR L'ADAPTATION DE SECTEURS CLÉS.....	79
4.1 Aménagements hydroélectriques.....	79
4.2 Pétrole et gaz naturel.....	79
4.3 Mines	80
4.4 Infrastructures	80
4.5 Transports	82
4.5.1 Trafic maritime	82
4.5.2 Transport en eau douce	85
4.5.3 Routes d'hiver	86
4.6 Foresterie	87
4.7 Pêches.....	93
4.8 Espèces sauvages, biodiversité et zones protégées	96
4.9 Tourisme.....	99
5 COLLECTIVITÉS, SANTÉ ET BIEN-ÊTRE	99
5.1 Effets directs sur la santé et le bien-être	100
5.2 Effets indirects sur la santé et le bien-être.....	101
5.3 Capacité d'adaptation.....	105
6 CONCLUSIONS	110
7 REMERCIEMENTS	111
RÉFÉRENCES	112

PRINCIPALES CONCLUSIONS

Le climat de l'Arctique évolue à un rythme sans précédent depuis 50 ans. Au cours du dernier demi-siècle, l'Arctique canadien a été, comme d'autres régions circumpolaires, le théâtre d'importantes hausses de la température et des précipitations. Dans la dernière décennie, des hausses dans la température de l'air ont fait que le Nord canadien a vécu, dans l'ensemble, un grand nombre des années les plus chaudes de son histoire, et c'est dans l'Arctique de l'Ouest qu'on a constaté les plus fortes hausses de température. Tous les modèles de circulation générale permettent de prédire que les températures et les précipitations continueront de monter dans tout l'Arctique canadien et que c'est aux latitudes les plus élevées que se produiront les changements de température les plus importants. On continuera donc d'observer des modifications importantes de l'environnement physique, surtout dans la cryosphère (neige, glaciers, pergélisol et glace de rivière, de lac et de mer).

De plus en plus d'indices permettent de conclure que le changement climatique a déjà des incidences sur les systèmes écologiques, économiques et humains des régions nordiques et que des citoyens, des collectivités et des organismes ont mis en œuvre des mesures pour tenter d'en réduire les impacts nuisibles. À cause des niveaux actuels de sensibilité et d'exposition aux transformations liées au climat et des limites de la capacité d'adaptation, certains systèmes et populations nordiques sont plus vulnérables aux effets du changement climatique. Les principales conclusions sont les suivantes :

- **Les changements d'origine climatique dans la cryosphère (pergélisol, glace de mer, glace de lac et neige) ont des incidences importantes sur la conception et l'entretien des infrastructures.**

Une grande partie des infrastructures du Nord dépend de la cryosphère, qui fournit, par exemple, des surfaces stables aux édifices et aux pipelines, confine les déchets, stabilise les rivages et permet l'accès aux collectivités éloignées en hiver. Le réchauffement et le dégel du pergélisol nécessiteront peut-être de prendre des mesures correctives ou d'apporter des modifications aux infrastructures existantes. Les lacs et les bassins de rétention, qui dépendent de l'étanchéité du pergélisol pour retenir les matières dangereuses pour l'environnement, sont cause de préoccupations toutes particulières. La conception des principaux projets du Nord, qu'il s'agisse de structures de rétention des résidus, de pipelines, de routes ou de grands bâtiments, tient déjà compte du changement climatique. À plus long terme, les transports de mer et d'eau douce pourront se fier de moins en moins aux routes de glace et devront adopter des systèmes de transport terrestres ou en eau libre. Les régions et les collectivités côtières deviendront davantage vulnérables à l'érosion en raison de la disparition de la glace de mer, conjuguée à une augmentation des conditions de tempêtes et à l'élévation du niveau des mers. Il faudra également modifier les infrastructures et les stratégies d'utilisation des centrales électriques à cause de l'évolution du régime de débit des rivières.

- **Au rythme du climat en évolution, la biodiversité et les aires de répartition de plusieurs espèces seront touchées par des changements, entraînant des répercussions sur la disponibilité, l'accessibilité et la qualité des ressources dont dépendent les populations humaines.** Cette situation aura des effets sur la protection et la gestion des espèces sauvages, des pêches et des forêts. On observe déjà une migration des espèces vers le nord et une concurrence accrue des espèces envahissantes. Ces phénomènes continueront de transformer les communautés terrestres et aquatiques. La modification des conditions environnementales entraînera probablement l'apparition de nouvelles zoonoses et la redistribution de certaines maladies existantes, ce qui aura un effet sur des ressources économiques essentielles et sur certaines populations humaines. À cause de changements survenant dans l'habitat essentiel que représente la glace de mer, on continuera probablement d'observer une perturbation de populations fauniques, telles que l'ours blanc, à la limite sud de leur aire de répartition. Quand ces perturbations toucheront des espèces d'importance économique ou culturelle, elles auront un impact significatif sur les habitants et les économies de la région. La gestion des ressources naturelles devra assurer une adaptation proactive généralisée à ces changements.

- **La plus grande facilité de navigation dans les eaux de l'Arctique et l'expansion des réseaux de transport terrestre ou en eau douce rendront le Nord canadien moins « lointain », ce qui favorisera la croissance de plusieurs secteurs économiques, mais entraînera aussi de nombreux défis en matière de culture, de sécurité et d'environnement.** Le retrait de la glace de mer, particulièrement dans la baie d'Hudson et la mer de Beaufort, et l'allongement de la saison estivale de navigation causé par le réchauffement élargiront les perspectives de trafic maritime et de passage par les eaux de l'Arctique canadien. Des mesures d'adaptation telles que l'augmentation des activités de surveillance et de maintien de l'ordre seront probablement nécessaires. La perte de glaces de mer et d'eau douce risque d'entraîner aussi le développement de ports maritimes et de réseaux routiers utilisables en toutes saisons et permettant d'atteindre l'intérieur du continent et des îles arctiques, surtout afin d'accéder à des ressources naturelles dont l'exploitation n'était pas rentable jusqu'à maintenant. Les collectivités nordiques pourraient ressentir fortement les incidences socio-économiques et culturelles de la croissance des activités économiques, dont celles associées à l'accroissement de la circulation maritime et à l'accès amélioré découlant de l'ouverture du passage du Nord-Ouest.
- **Bien qu'il soit plus difficile, dans un climat en évolution, de maintenir et de protéger les aspects traditionnels de la vie et de l'économie de subsistance dans nombre des collectivités autochtones de l'Arctique, cette situation est également susceptible d'ouvrir de nouvelles perspectives.** Les résidents autochtones, jeunes et vieux, et surtout ceux, dans les collectivités les plus éloignées, qui conservent un mode de vie traditionnel reposant sur une économie de subsistance, sont les plus vulnérables aux effets du changement climatique dans le Nord. L'érosion de leur capacité d'adaptation causée par les transformations sociales, culturelles, politiques et économiques déjà constatées dans bien des collectivités rendra plus difficile leur adaptation aux nouvelles conditions du milieu. Il se peut cependant que l'amélioration des perspectives économiques soit bénéfique à ces populations. Il est donc difficile de prévoir quels seront, au bout du compte, les effets de ces changements sur la vulnérabilité des personnes et des institutions.

1

INTRODUCTION

Des indices fournis par de nombreux chercheurs et résidents du Nord canadien démontrent que le climat de cette région connaît déjà des changement (p. ex., Ouranos, 2004; Huntington *et al.*, 2005; McBean *et al.*, 2005; Overpeck *et al.*, 2005; Bonsal et Prowse, 2006). Au cours des 50 dernières années, l'ouest et le centre de l'Arctique canadien se sont réchauffés d'environ 2 °C à 3 °C (Zhang *et al.*, 2000), alors que l'est de l'Arctique canadien s'est refroidi d'environ 1 °C à 1,5 °C (Zhang *et al.*, 2000), bien qu'on signale un réchauffement pour les 15 dernières années. Les témoignages de chasseurs et d'ainés autochtones de la région indiquent que cette dernière subit, depuis quelques décennies, un réchauffement significatif, ce qui confirme les constatations des chercheurs (p. ex., Huntington *et al.*, 2005; Nickels *et al.*, 2006).

Ces changements d'ordre climatique ont entraîné une réduction importante de la superficie et de l'épaisseur des glaces dans certaines régions de l'Arctique, le dégel et la déstabilisation du pergélisol, une augmentation de l'érosion des côtes et des modifications de la répartition et du comportement migratoire de la faune arctique (Arctic Climate Impact Assessment, 2004, 2005). Les projections des modèles climatiques semblent indiquer que cette évolution récente est appelée à se poursuivre (Kattsov *et al.*, 2005; Bonsal et Prowse, 2006), ce qui aura une multitude d'effets sur les populations humaines et animales, et sur le développement futur de la région (Arctic Climate Impact Assessment, 2004, 2005; Ford *et al.*, 2006b; Furgal et Seguin, 2006).



FIGURE 1 : Limites territoriales et collectivités du Nord canadien, superposées à une carte des zones de pergélisol (*tiré de Heginbottom et al., 1995; Furgal et al., 2003*).

Un certain nombre d'évaluations scientifiques récentes ont examiné les transformations du climat et des conditions socio-économiques, environnementales et politiques, et leurs incidences sur les régions arctiques (p. ex., Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, 2001a, b, 2007a, b; Arctic Monitoring and Assessment Program, 2002; Arctic Climate Impact Assessment, 2004, 2005; Einarsson *et al.*, 2004; Chapin *et al.*, 2005). Ces travaux fournissent une base solide pour évaluer les effets du changement climatique sur les services que fournit le milieu arctique aux populations et aux économies locales, régionales et nationale et la vulnérabilité des systèmes humains au changement. Le présent chapitre est basé sur ces travaux et adopte certains aspects d'une approche de l'évaluation du climat fondée sur la vulnérabilité, en ayant surtout recours à un examen de l'exposition et de la capacité d'adaptation actuelle et future (*voir* le chapitre 2). Il rend ainsi possible une meilleure compréhension des effets du climat et des processus d'adaptation dans les régions nordiques du pays.

Dans le présent chapitre, l'expression « Nord du Canada » désigne les trois territoires canadiens (Yukon, Territoires du Nord-Ouest et Nunavut) situés au nord du 60^e parallèle. Bien que ces territoires aient en commun de nombreuses caractéristiques biogéographiques, chacun possède des caractéristiques environnementales, socio-économiques, culturelles et politiques qui lui sont propres. Ensemble, ils forment un vaste territoire qui couvre près de 60 p. 100 de la masse terrestre canadienne, comprend de nombreuses zones écologiques et regroupe près de 100 collectivités de langues et de cultures différentes (*voir* la

figure 1). Les sections 1 et 2 du présent chapitre présentent un aperçu du changement climatique dans l'Arctique canadien, examinent les conditions passées et actuelles, et font état des projections climatiques pour le Nord. La section 3 concerne les impacts prévus de ce changement sur les éléments les plus importants du milieu naturel de l'Arctique, dont un grand nombre sont essentiels à la vie des collectivités nordiques. La section 4 traite des effets du changement climatique sur les services régionaux et nationaux, et se concentre sur l'identification des éléments vulnérables des différents secteurs et systèmes. La section 5 fait état des répercussions sur les collectivités nordiques, petites et grandes, et présente des témoignages de populations à risque, comme les groupes autochtones de l'Arctique. Finalement, la section 6 présente les principales conclusions.

Dans le présent chapitre, on évalue les impacts actuels et possibles du changement climatique dans le Nord du Canada à l'aide d'un certain nombre de sources et de méthodes (*voir également* le chapitre 2). Pour les sujets abordés dans les trois premières sections, on s'appuie surtout sur l'examen et l'évaluation de la documentation scientifique publiée. Dans certains cas, les auteurs ont eu recours à des rapports gouvernementaux et à d'autres sources de documentation dite « grise ». Pour plusieurs des sujets abordés dans les sections 4 et 5, les recherches scientifiques dans l'Arctique sont soit en cours de réalisation, soit à leurs débuts. Ces sections reposent donc plus fortement sur la documentation dite « grise », sur des observations locales, sur le savoir traditionnel et sur l'expertise des membres de l'équipe d'évaluation.

2 APERÇU DE LA RÉGION

2.1 GÉOGRAPHIE PHYSIQUE

Physiographie

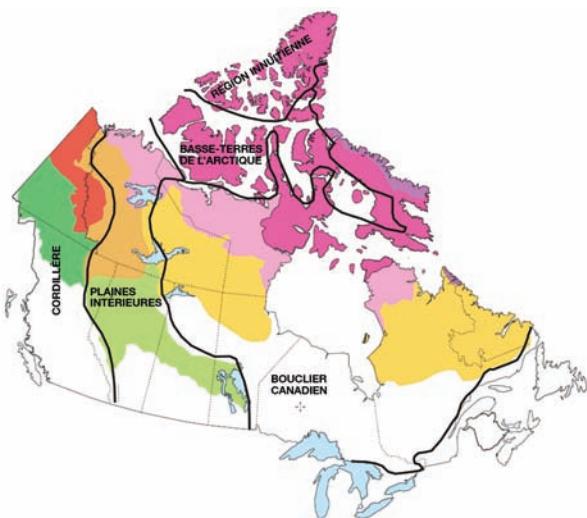
Le Nord du Canada comprend cinq grandes régions physiographiques : le Bouclier canadien, les plaines intérieures, les basses-terres de l'Arctique, la Cordillère et la région Innuitienne (*voir* la figure 2; Fulton, 1989). Le Bouclier canadien domine l'est et le centre de la partie continentale de l'Arctique et la partie est de l'archipel Arctique. Cette région vallonnée abrite un réseau étendu de lacs et de rivières, et une forte proportion de socle exposé. La région montagneuse de l'île de Baffin est, pour sa part, caractérisée par la présence de glaciers et de champs de glace. Les plaines intérieures, qui se trouvent à l'ouest du Bouclier canadien, consistent en une série de plateaux peu élevés et de vastes terres humides. Les basses-terres de l'Arctique, qui forment une partie de l'archipel Arctique, sont situées entre le Bouclier canadien et la région Innuitienne. Leur partie ouest est formée de terres basses recouvertes de moraines glaciaires et leur partie est, de hautes terres caractérisées par des plateaux et des collines rocheuses. La Cordillère, une région au terrain complexe, est située immédiatement à l'ouest des plaines intérieures. Elle est formée de

montagnes abruptes séparées par d'étroites vallées, des plateaux et des plaines. Les monts Saint-Élie, sur la côte du Pacifique du Yukon, abritent de vastes champs de glace et quelques-uns des sommets les plus élevés d'Amérique du Nord (Prowse, 1990; French et Slaymaker, 1993). La région Innuitienne comprend les îles de la Reine-Élisabeth, qui sont la région la plus septentrionale et la plus isolée du pays.

Les caractéristiques physiographiques et les différences de climat, de végétation et de constitution de la faune entre les régions permettent de diviser le Nord en huit écorégions (Furgal *et al.*, 2003). Celles-ci sont indiquées et décrites à la figure 2.

Climat

Le Nord du Canada est marqué par des hivers longs et froids, et par des étés courts et frais. Les précipitations y sont peu abondantes et se manifestent pendant les mois les plus chauds. Les températures annuelles moyennes (de 1971 à 2000) ont varié entre environ -1 °C et -5 °C dans les régions les plus méridionales de l'Arctique canadien, et ont atteint presque -18 °C dans les îles de l'Extrême-Arctique. Les températures hivernales moyennes ont été d'environ -37 °C au nord et de -18 °C au sud, et les températures estivales



Écozone	Topographie	Climat	Végétation	Spécies sauvages
Cordillère arctique	D'immenses champs de glace et de glaciers couronnant des montagnes escarpées	Très froid et aride	Très rare en raison des glaces et des neiges éternelles	Ours blanc, morsne, phoques, narval, baleines
Haut-Arctique	À l'ouest, plaines de basses terres couvertes de moraines; à l'est, le terrain s'élève en plateaux et collines rocheuses	Très sec et très froid	Principalement des herbes et des lichens	Caribou, bœuf musqué, loup, lièvre arctique, lemming
Bas-Arctique	Plaines ondulées de basses terres et de hautes terres	Hivers longs et froids, étés courts et frais	Arbustes nains de plus en plus petits en allant vers le Nord	Orignal, bœuf musqué, loup, renard arctique, grizzli, ours blanc, caribou
Taïga des plaines	Vastes terres basses et plateaux entaillés par d'importants cours d'eau	Semi-aride et froid	Bouleau glanduleux, thé du Labrador, saules, mousses	Orignal, caribou des bois, loup, ours noir, marotte
Taïga du Bouclier	Relief vallonné parsemé de terres hautes, de terres humides et d'innombrables lacs	Climat continental subarctique, précipitations faibles	Forêts claires et toundra arctique	Caribou, orignal, loup, lièvre d'Amérique, ours noir, grizzli
Taïga de la Cordillère	Relief montagneux prononcé formé de crêtes vives et de vallées étroites	Hivers secs et froids, étés courts et frais	Arbustes, mousses, lichens, bouleau glanduleux, saules	Mouflon de Dall, caribou, lynx, carcajou
Plaines boréales	Plaines plates ou légèrement ondulées	Climat humide aux hivers froids et aux étés modérément chauds	Épinette, mélèze laricin, pin gris, bouleau blanc, sapin baumier, peuplier	Caribou des bois, cerf-mulet, coyote, nyctale de Tengmalm
Cordillère boréale	Chaines de montagnes aux pics élevés et aux vastes plateaux	Hivers longs, secs et froids, étés courts et chauds	Épinette, sapin subalpin, peuplier faux-tremble, bouleau blanc	Caribou des bois, mouton de Dall, chèvre de montagne, marotte, lagopède

FIGURE 2 : Régions physiographiques (*tiré de Fulton, 1989*) et écorégions du Nord canadien (*Furgal et al., 2003*).

moyennes ont fluctué entre +6 °C et +16 °C (Environnement Canada, 2006). On constate une grande variabilité entre les saisons, les années et les décennies (Bonsal *et al.*, 2001a).

Le nord du Canada reçoit relativement peu de précipitations, surtout aux latitudes les plus élevées. Les précipitations annuelles varient d'habitude entre 100 mm et 200 mm dans les îles de l'Extrême-Arctique, et atteignent près de 450 mm dans le sud des Territoires du Nord-Ouest. On constate des précipitations plus abondantes sur la côte est de l'île de Baffin (600 mm/an) et au Yukon, où les quantités annuelles atteignent de 400 à 500 mm dans le sud-est et plus de 1 000 mm dans l'extrême sud-ouest (Phillips, 1990).

L'évaporation annuelle moyenne varie entre 250 mm et 400 mm environ à 60° Nord à moins de 100 mm dans la partie centrale de l'archipel Arctique (den Hartog et Ferguson, 1978). C'est en été que l'évaporation est la plus forte, surtout dans les zones de basses terres caractérisées par la présence de nombreux lacs et marais. Sur certains plans d'eau vastes et profonds, comme le Grand lac des Esclaves, la chaleur emmagasinée pendant les mois d'été continue de produire une évaporation considérable pendant l'automne (Oswald et Rouse, 2004). La transpiration diminue au nord des terres humides et des zones boisées parce que la végétation y est moins dense et qu'il y a plus de mousses et de lichens. Toutefois, l'importance relative de l'évapotranspiration dans le bilan hydrique général tend à augmenter lorsqu'on se déplace vers le nord, puisqu'on y constate une décroissance plus rapide des précipitations. La sublimation de la neige et de la glace est aussi à la source d'une perte d'humidité vers l'atmosphère (Pomeroy *et al.*, 1998).

Pergélisol

On appelle « pergélisol » tous les matériaux du sol qui restent à une température inférieure à 0 °C pendant deux étés consécutifs. Le pergélisol couvre environ la moitié de la masse terrestre canadienne (*voir la figure 1*). Dans les régions les plus septentrionales, le pergélisol est permanent et son épaisseur peut atteindre plusieurs centaines de mètres (Heginbottom *et al.*, 1995; Smith *et al.*, 2001a). Au sud, sa répartition devient discontinue et irrégulière, et son épaisseur, à la limite méridionale de son aire de répartition, n'est plus que de quelques mètres. On trouve aussi du pergélisol sous-marin au large de certaines parties de l'Arctique canadien.

La présence du pergélisol et de la glace dans le sol qui l'accompagne exerce une forte influence sur les propriétés et le comportement des matériaux du sol, sur les processus du paysage et sur l'hydrologie de surface et de subsurface, en plus de régir en grande partie l'aménagement des terres et le développement foncier. Comme le pergélisol réduit l'infiltration de l'eau, il a causé la formation de vastes terres humides et de tourbières dans les basses-terres (p. ex., Brown *et al.*, 2004; Mackenzie River Basin Board, 2004). La fonte différentielle du pergélisol riche en glace entraîne une topographie bosselée ou thermo karstique. Dans les régions de pergélisol, le comportement du ruissellement dépend de la profondeur du mollisol (couche active), dont la durée d'existence n'est parfois que de deux mois.

Eau

Le territoire situé au nord du 60° parallèle contient 18 p. 100 de l'eau douce du Canada. On la retrouve surtout dans des lacs (le Grand lac de l'Ours et le Grand lac des Esclaves, par exemple) du bouclier continental des Territoires du Nord-Ouest et du Nunavut (Prowse, 1990). Ce pourcentage ne tient pas compte des vastes étendues de glace (glaciers) qui couvrent plus de 150 000 km² des îles de l'Extrême-Arctique et 15 000 km² des terres continentales. L'Arctique compte aussi 20 p. 100 des terres humides du Canada (Hebert, 2002). Dans le Nord, le ruissellement dépend pour beaucoup de la fonte de la neige et de l'ablation des glaciers (Woo, 1993).

De façon saisonnière, la glace d'eau douce recouvre tous les lacs et cours d'eau du Nord du Canada; sur les lacs situés aux latitudes les plus élevées, son épaisseur moyenne dépasse 2 m. Les rivières gardent leur couverture de glace moins longtemps que les lacs parce

qu'elles sont les dernières à geler à la fin de l'année et les premières à voir la glace se briser au printemps. Dans l'Extrême-Arctique, il arrive que des lacs ne se débarrassent pas complètement de leur glace et que la glace pluriannuelle se forme à certains endroits à cause de la brièveté de la saison de la fonte. On trouve également des dépôts de glace pluriannuelle dans l'Extrême-Arctique, là où l'écoulement de l'eau souterraine a contribué à la formation d'une couche de glace extrêmement épaisse.

Les cours d'eau du Nord sont une source importante d'eau douce pour l'océan Arctique; ils contribuent ainsi à la circulation thermohaline des océans, un élément régulateur du climat mondial (Carmack, 2000). Le système hydrologique dominant du Nord canadien est celui du Mackenzie, qui est le plus grand bassin fluvial du Canada (1 805 200 km²). Le fleuve Yukon draine à peu près les trois quarts du Yukon en s'écoulant vers l'Alaska, en direction nord-ouest (Prowse, 1990).

Milieu marin

Les mers septentrionales canadiennes sont l'océan Arctique, la mer de Beaufort, la baie d'Hudson, le bassin Foxe, la baie de Baffin et les différents chenaux et détroits qui séparent les îles de l'archipel Arctique. La caractéristique la plus frappante de ces eaux est leur couverture saisonnière ou pluriannuelle d'une glace qui atteint souvent une épaisseur de plusieurs mètres. Le centre de l'océan Arctique est couvert d'une banquise permanente. Des zones d'eau libre se forment à la fin de l'été sur la côte ouest de l'île Banks et dans la mer de Beaufort. Plus au sud, la baie d'Hudson gèle avant la fin de décembre et commence à se dégager en juillet. En général, la répartition et l'épaisseur de la glace varient fortement. Les polynies (eaux libres en hiver) de la mer de Beaufort, de l'archipel Arctique et du nord de la baie de Baffin ont une grande importance écologique (Barry, 1993).

L'océan Arctique est relié à l'océan Atlantique par la mer du Groenland et la mer de Norvège, ainsi que par de nombreux chenaux passant à travers l'archipel Arctique vers l'île de Baffin et la mer du Labrador. Le tourbillon de Beaufort, qui entraîne la circulation et le mouvement de sens horaire des glaces du bassin Canada de l'océan Arctique, exerce une influence dominante sur la circulation de ce dernier ainsi que sur la couverture de glace. La glace de mer, à l'exception de la glace de rive le long des côtes, est constamment en mouvement. Le mouvement des eaux marines et la

présence de vastes couvertures de glace ont une grande influence sur le climat de la masse terrestre septentrionale du Canada (Serreze et Barry, 2005).

2.2 SITUATION ET TENDANCES SOCIO-ÉCONOMIQUES, SANITAIRES ET DÉMOGRAPHIQUES

Population

Un peu plus de 100 000 personnes vivent dans le Nord du Canada, et près des deux tiers des collectivités nordiques sont situées le long des côtes. La majorité des collectivités de l'Arctique (à l'intérieur des terres et sur les côtes) comptent moins de 500 résidents, et ces petites collectivités ne représentent ensemble que 11 p. 100 de la population nordique totale (Bogoyavlenskiy et Siggner, 2004). Seules Whitehorse, Yellowknife et Iqaluit, les trois capitales territoriales, ont plus de 5 000 habitants. Alors que Whitehorse (23 511 habitants en 2005) compte environ 73 p. 100 de la population totale du Yukon, plus des deux tiers des résidents du Nunavut vivent dans des collectivités de moins de 1 000 personnes.

La région a subi d'importantes transformations démographiques, sociales, économiques et politiques au cours des dernières décennies et sa croissance a surtout été associée à l'augmentation de la population non autochtone provenant de l'exploitation des ressources et à la croissance de l'administration publique (Bogoyavlenskiy et Siggner, 2004; Chapin *et al.*, 2005). Depuis la fondation des collectivités dans la région, la croissance s'est surtout concentrée dans les trois principaux centres urbains (Einarsson *et al.*, 2004). On prévoit que, d'ici 25 ans, elle se fera surtout dans les Territoires du Nord-Ouest (*voir le tableau 1*), entre autres à cause du développement industriel associé au pipeline de la vallée du Mackenzie et aux nouvelles exploitations minières.

L'âge moyen des résidents du Nord est moins élevé que celui de l'ensemble de la population canadienne (*voir le tableau 2*). Plus de 50 p. 100 des résidents du Nunavut ont moins de 15 ans. D'après les projections sur 25 ans, la population du Nord du Canada restera jeune, mais la proportion des personnes de plus de 65 ans augmentera, ce qui contribuera à une augmentation du rapport de dépendance dans tous les territoires (*voir le tableau 2*).

TABLEAU 1 : Population (en milliers) constatée (2005) et projetée (2031) dans les territoires nordiques du Canada selon un scénario de croissance modérée de la population (Statistique Canada, 2005b).

	Population en 2005 (en milliers)	Population projetée en 2031 ¹ (en milliers)	Taux de croissance annuelle moyen (taux par millier)
Canada	32 270,5	39 024,4	7,3
Nunavut	30,0	33,3	4,0
Territoires du Nord-Ouest	43,0	54,4	9,1
Yukon	31,0	34,0	3,6

¹ Le scénario de croissance de la population prévoit une croissance moyenne, un taux de migration moyen et un niveau moyen de fertilité, d'espérance de vie, d'immigration et de migration interprovinciale, (*voir Statistique Canada, 2005b*).

TABLEAU 2 : Âge médian et rapports de dépendance de la population constatés (2005) et projetés (2031) dans les territoires nordiques du Canada selon un scénario de croissance modérée de la population (Statistique Canada, 2005b)¹.

Indicateur	Canada constaté (projeté)	Yukon constaté (projeté)	Territoires du Nord-Ouest constaté (projeté)	Nunavut constaté (projeté)
Âge médian	38,8 (44,3)	37,6 (40,7)	30,8 (35,7)	23,0 (24,5)
Pourcentage des 0 à 14 ans	24,9 (23,5)	23,9 (25,0)	33,7 (31,3)	54,3 (50,9)
Pourcentage des 65 ans et plus	19,0 (37,7)	9,8 (30,8)	6,9 (23,5)	4,4 (9,1)
Total des rapports de dépendance	43,9 (61,3)	33,6 (55,8)	40,6 (54,8)	58,7 (60,0)

¹ Le scénario de croissance de la population prévoit une croissance moyenne, un taux de migration moyen et un niveau moyen de fertilité, d'espérance de vie, d'immigration et de migration interprovinciale (voir Statistique Canada, 2005b).

Les Autochtones, qui représentent un peu plus de la moitié des résidents du Nord, appartiennent à plusieurs groupes culturels et linguistiques, allant des 14 Premières nations du Yukon, à l'est, aux Inuits du Nunavut, à l'est. Nombre de ces groupes sont présents dans la région depuis des milliers d'années. Les résidents non autochtones représentent 15 p. 100 de la population du Nunavut et 78 p. 100 de celle du Yukon (voir le tableau 3; Statistique Canada, 2001). Les Autochtones sont majoritaires dans la plupart des petites collectivités, qui sont des lieux où les modes de vie traditionnels demeurent des traits marquants de la vie quotidienne.

État de santé

Divers indicateurs montrent que les Canadiens du Nord sont en moins bonne santé que la moyenne des citoyens du pays (voir le tableau 4; Statistique Canada, 2001). Tous les territoires ont une espérance de vie inférieure et un taux de mortalité infantile plus élevé que les moyennes nationales; ces écarts sont particulièrement prononcés au Nunavut (voir le tableau 4). Selon de nombreux indicateurs, la santé des Autochtones du Nord est considérablement moins bonne que celle des non-Autochtones de la région et que de la moyenne des Canadiens. Les taux de mortalité par suicide, par

cancer du poumon, par noyade et par blessures accidentelles du cours d'accidents de la route sont plus élevés dans le Nord que dans le reste du pays (voir le tableau 5; Statistique Canada, 2001). Le nombre élevé de morts accidentelles et de blessures est probablement associé, en partie, au fait que les résidents du Nord sont plus exposés en raison des longues périodes de temps qu'ils passent à l'extérieur et du fait qu'ils dépendent fortement des différents moyens de transport pour leurs activités de chasse, de pêche et de cueillette, qui assurent une partie importante de leur subsistance et de leur revenu.

Statut socio-économique

Les économies de nombreuses collectivités nordiques sont un mélange d'activités traditionnelles liées aux ressources renouvelables terrestres ou d'activités de subsistance et d'activités formelles génératrices de revenus. On estime que l'économie du Nunavut représente entre 40 et 60 millions de dollars par année, dont 30 millions pour des activités économiques liées à l'alimentation (Conference Board du Canada, 2005). Il est toutefois difficile d'évaluer la valeur réelle de ces activités, puisqu'elles contribuent de manière significative au tissu social des collectivités et assurent plus que des avantages monétaires. L'économie traditionnelle est également importante dans d'autres régions du Nord (Duhaime *et al.*, 2004). Par exemple, plus de 70 p. 100 des adultes autochtones du Nord déclarent avoir récolté des ressources naturelles par la chasse et la pêche, et plus de 96 p. 100 de ces personnes déclarent l'avoir fait pour assurer leur subsistance (Statistique Canada, 2001).

Les activités génératrices de revenus sont souvent liées à l'extraction de ressources non renouvelables ou à l'administration publique, qui est la principale activité économique de nombreuses régions (22 p. 100 du produit intérieur brut du Yukon, par exemple). L'extraction à grande échelle de minéraux et d'hydrocarbures constitue un élément important de l'économie de certaines régions (Duhaime *et al.*, 2004). Bien qu'une fraction seulement de ces revenus restent dans la région où se font les activités d'extraction, ces dernières ont néanmoins des retombées importantes en termes de salaires et contribuent à une augmentation significative du revenu moyen. Il existe donc des disparités sociales et économiques importantes entre les régions du Nord et à l'intérieur de chacune d'elles (voir le tableau 6).

TABLEAU 3 : Caractéristiques de la population des territoires nordiques du Canada (Statistique Canada, 2001).

Indicateur	Canada	Yukon	Territoires du Nord-Ouest	Nunavut
Densité de la population (par km ²)	3,33	0,06	0,03	0,01
Pourcentage de la population urbaine ¹	79,6	58,7	58,3	32,4
Pourcentage de la population autochtone ²	3,4	22,9	50,5	85,2

¹ Sont incluses dans les régions urbaines les zones bâties continues ayant une concentration de population de 1 000 personnes ou plus et une densité de population de 400 personnes ou plus au kilomètre carré, selon le dernier recensement; les régions rurales ont une concentration ou une densité inférieure à ces seuils.

² Sont incluses dans la population autochtone les personnes ayant déclaré appartenir à au moins un groupe autochtone (p. ex. Indien de l'Amérique du Nord, Métis ou Inuit) et/ou déclaré être un Indien visé par un traité ou un Indien inscrit aux termes de la Loi sur les Indiens et/ou déclaré être membre d'une bande indienne ou d'une Première nation.

TABLEAU 4 : Indicateurs de la santé au Canada et dans les territoires nordiques du Canada (Statistique Canada, 2002).

Indicateur	Canada	Yukon	Territoires du Nord-Ouest	Nunavut
Dépenses publiques en santé par habitant (\$)	2535	4063	5862	7049
Espérance de vie à la naissance (hommes, 2002)	75,4	73,9	73,2	67,2
Espérance de vie à la naissance (femmes, 2002)	81,2	80,3	79,6	69,6
Espérance de vie à 65 ans (hommes, 2002)	17,1	15,6	14,5	16,3
Espérance de vie à 65 ans (femmes, 2002)	20,6	19,5	19,2	11,4
Taux de mortalité infantile (pour 1 000 naissances vivantes, 2 500 grammes ou plus, 2001)	4,4	8,7	4,9	15,6
Taux de faible poids à la naissance (p. 100 des nouveau-nés de moins de 2 500 grammes)	5,5	4,7	4,7	7,6
Années potentielles de vie perdues par suite de blessures accidentelles (pour 100 000 personnes)	628	1066	1878	2128
État de santé autodéclaré (p. 100 des personnes de 12 ans ou plus qui se déclarent en très bonne santé ou en excellente santé) ¹	59,6	54	54	51
Activité physique (p. 100 des personnes de 12 ans ou plus qui déclarent être actives ou modérément actives physiquement) ¹	42,6	57,9	38,4	42,9

¹. Personnes de 12 ans ou plus qui déclarent un niveau d'activité physique, d'après leurs réponses à des questions sur la fréquence, la durée et l'intensité de leurs activités physiques durant leurs loisirs.

TABLEAU 5 : Indicateurs de mortalité (pour 100 000 habitants) au Canada et dans les territoires nordiques du Canada (Statistique Canada, 2006).

Indicateur	Canada	Yukon	Territoires du Nord-Ouest	Nunavut
Maladies cardiovasculaires majeures	233,2	111,3	118,5	78,9
Infarctus aigu du myocarde	58,9	6,5	35,5	10,3
Morts causées par une crise cardiaque	52,1	37,1	28	3,7
Cancer pulmonaire	48,2	73,2	61	209,5
Accidents, blessures accidentelles	28,6	65,5	59,2	30,9
Accidents de transport (véhicule à moteur, autres modes de transport terrestre, aérien, par eau ou non précisé)	9,9	19,6	16,6	27,5
Noyade accidentelle	0,8	9,8	7,1	<0,5
Lésions autoinfligées (suicide)	11,9	19,6	23,7	106,4

C'est dans les trois territoires qu'on retrouve les taux les plus élevés d'insécurité alimentaire au Canada. La proportion de foyers monoparentaux dirigés par des femmes y est également nettement plus élevée qu'ailleurs (*voir* le tableau 6; Statistique Canada, 2001, 2005a). Un achat d'épicerie normal peut également y coûter trois fois plus cher que dans le sud du Canada (*voir* le tableau 7; Statistique Canada, 2005a). Dans les collectivités non desservies par des routes (p. ex., Nunavut, Nunavik et Nunatsiavut et quelques régions et collectivités plus petites des Territoires du Nord-Ouest et du Yukon), l'accès aux produits alimentaires dépend de l'approvisionnement par voie aérienne ou maritime, ce qui en fait considérablement monter le prix. Des données de 2001 indiquent que 68 p. 100 des ménages du Nunavut, 49 p. 100 de ceux des

Territoires du Nord-Ouest et 30 p. 100 de ceux du Yukon ont manqué, au moins une fois dans l'année, des ressources nécessaires à l'achat de toute la nourriture dont ils avaient besoin.

Même si la santé de certains résidents du Nord est menacée par des problèmes physiques, économiques et administratifs, Chapin *et al.* (2005) ont fait remarquer que la cause la plus préoccupante du déclin du bien-être des Autochtones des régions circumpolaires est la détérioration des liens culturels qui les rattachent aussi bien aux activités de subsistance qu'à celles liées au milieu naturel. La perte du lien avec la terre causée par les changements de mode de vie, la perte de la langue et la prépondérance des systèmes d'éducation non autochtones a des incidences variées et persistantes sur la santé et le bien-être de ces populations.

TABLEAU 6 : Sélection d'indicateurs sociaux et économiques au Canada et dans les territoires nordiques du Canada (Statistique Canada, 2001, 2002).

Indicateur	Canada	Yukon	T.N.-O.	Nunavut
Soutien social élevé ¹	-	78,0	74,5	58,1
Sentiment d'appartenance à la communauté locale (très fort ou plutôt fort)	62,3	69,3	72,3	80,9
Proportion des familles de recensement qui sont monoparentales et dont le chef est une femme	15,7	19,8	21,0	25,7
Revenu personnel moyen (\$) (en 2000)	29 769	31 917	35 012	26 924
Proportion du revenu total sous forme de transferts gouvernementaux (p. 100) (2000)	11,6	8,6	7,3	12,9
Pourcentage de chômeurs chroniques (population active de 15 ans et plus) ²	3,7	6,0	4,8	11,2
Pourcentage des personnes de 25 à 29 ans qui détiennent un diplôme d'études secondaires	85,3	85,4	77,5	64,7

¹ Niveau de la perception du soutien social déclaré par les personnes de 12 ans ou plus, d'après leurs réponses à huit questions sur le fait de pouvoir se confier à quelqu'un sur qui elles peuvent compter en cas de crise, lorsqu'elles ont besoin de conseils ou souhaitent partager leurs inquiétudes et leurs préoccupations.

² Travailleurs et travailleuses de 15 ans ou plus qui n'ont occupé aucun emploi durant l'année courante ou précédente.

TABLEAU 7 : Coût (\$) du Panier de provisions nordique¹ en 2006² pour des localités nordiques et méridionales choisies (Affaires indiennes et du Nord Canada, 2007).

Localité	Périssables	Non périssables	Total du panier de provisions
Nunavut			
Iqaluit (2005)	114	161	275
Pangnirtung (Baffin) (2005)	127	165	292
Rankin Inlet (Kivalliq)	153	165	318
Kugaaruk (Kitikmeot)	135	187	322
Territoires du Nord-Ouest			
Yellowknife	65	94	159
Deline	148	161	309
Tuktoyaktuk	129	154	282
Paulatuk	180	167	343
Yukon			
Whitehorse (2005)	64	99	163
Old Crow	169	219	388
Villes du sud choisies			
St. John's (Terre-Neuve)	66	78	144
Montréal (Québec)	64	90	155
Ottawa (Ontario)	72	93	166
Edmonton (Alberta)	65	108	173

¹ Le Panier de provisions nordique (PPN) comporte 46 produits et est basé sur le Panier de provisions nutritif et économique utilisé par Agriculture Canada pour évaluer le coût d'un régime nutritif d'une famille de quatre personnes à faible revenu (une fille âgée entre 7 et 9 ans, un garçon âgé entre 13 et 15 ans, un homme et une femme âgés entre 25 et 49 ans). Pour la liste des produits du PPN, voir <http://www.inac.gc.ca/ps/nap/air/Fruitui/NFB/nfb_f.html>.

² À moins d'indication contraire

2.3 CONDITIONS CLIMATIQUES PASSÉES ET FUTURES

2.3.1 Conditions climatiques passées

En raison de la forte variabilité naturelle du climat de l'Arctique et du manque de données d'observation, il est difficile de distinguer clairement des signes de changement climatique dans les tendances constatées pendant la période de collecte de données réalisée à l'aide d'instruments (McBean *et al.*, 2005). Comme peu de stations disposent de données antérieures à 1950, on ne peut estimer les tendances et la variabilité que pour la deuxième moitié du XX^e siècle. Pour la période de 1950 à 1998, l'analyse des températures annuelles moyennes montre un gradient qui se déplace d'ouest en est, allant d'un réchauffement significatif de 1,5 °C à 2,0 °C dans l'ouest de l'Arctique à un refroidissement significatif de -1,0 °C à -1,5 °C dans l'extrême nord-est (Zhang *et al.*, 2000). Toutes les régions accusent un réchauffement au cours de périodes plus récentes. C'est en hiver et au printemps que ces tendances sont les plus fortes. L'analyse des anomalies des températures annuelles et hivernales et les écarts des précipitations annuelles constatés dans quatre régions nordiques entre 1948 et 2005 (*voir* la figure 3) révèlent que le réchauffement le plus important a eu lieu au Yukon et dans le District du Mackenzie (respectivement 2,2 °C et 2,0 °C). Pendant la même période, les températures de l'ensemble du Canada ont monté de 1,2 °C (*voir* la figure 3a; toutes les tendances sont significatives à 5 p. 100). Un grand nombre des hivers les plus chauds constatés dans ces régions, dont celui de 2006, ont eu lieu au cours de la période plus récente. Dans le nord-ouest du Canada en général, on constate, pour la période de 1950 à 1998, une tendance à une diminution du nombre de jours de température extrêmement basse et une augmentation du nombre de jours de température extrêmement élevée en hiver, au printemps et en été (Bonsal *et al.*, 2001b).

Tout le Nord canadien a connu une augmentation des précipitations annuelles totales (de 1948 à 2005), les plus fortes survenant dans les régions de la toundra arctique (+25 p. 100) et des montagnes de l'Arctique (+16 p. 100; *voir* la figure 3c). Dans les régions de l'Extrême-Arctique, l'augmentation est manifeste pour toutes les

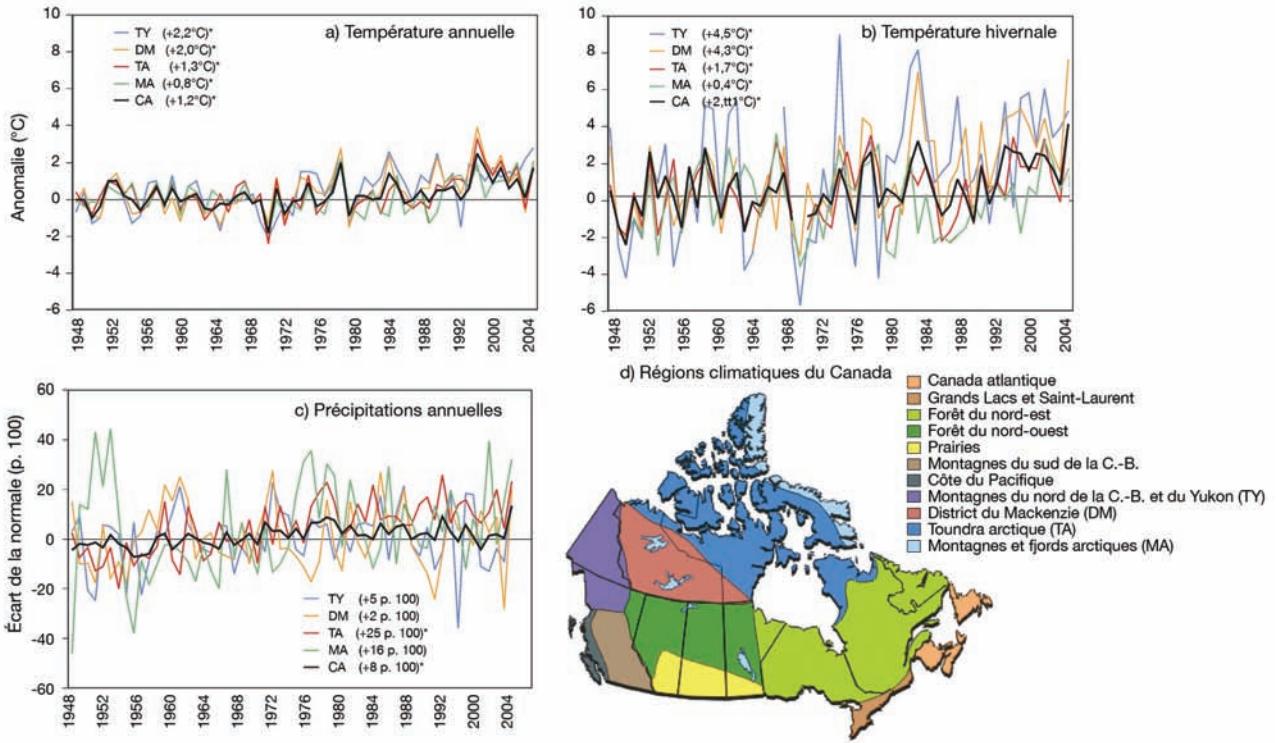


FIGURE 3 : Anomalies de température et écarts des précipitations par rapport à la normale, par région, dans le Nord canadien : a) température annuelle; b) température hivernale; c) précipitations annuelles; d) régions climatiques du Canada. La tendance linéaire pour la période d'enregistrement est indiquée entre parenthèses. Les astérisques désignent les tendances significatives à un niveau de confiance de 0,05. Les données proviennent du Bulletin des tendances et des variations climatiques d'Environnement Canada.

saisons, les tendances étant particulièrement prononcées en automne, en hiver et au printemps (*voir Zhang et al., 2000*). L'ampleur des épisodes de fortes précipitations a augmenté pendant la période où l'on a recueilli des données (Mekis et Hogg, 1999); on constate, en outre, une augmentation décennale prononcée des chutes de neige abondantes dans le nord du Canada (Zhang et al., 2001b).

Les tendances et la variabilité constatées des températures et des précipitations dans le nord du Canada ressemblent à celles constatées dans l'ensemble de l'Arctique (McBean et al., 2005). Dans tout l'Arctique circumpolaire (au nord du 60° degré de latitude Nord), les températures annuelles de l'air ont monté, au XX^e siècle, de 0,09 °C par décennie. La période allant de 1900 au milieu des années 1940 a été marquée par un réchauffement, suivi d'un refroidissement jusqu'au milieu des années 1960 et, depuis, d'un réchauffement accéléré. Le réchauffement des dernières décennies s'est manifesté à toutes les saisons, mais surtout en hiver et au printemps. Pour ce qui est des précipitations, on constate, dans l'ensemble de l'Arctique, une augmentation de 1,4 p. 100 par décennie pour la période allant de 1900 à 2003. Les augmentations les plus importantes ont eu lieu en automne et en hiver. Quelques études indiquent aussi que le pourcentage des précipitations annuelles tombant sous forme de neige a diminué, ce qui correspond bien à l'élévation générale des températures (McBean et al., 2005).

Les données sur l'histoire climatique du Nord canadien antérieure à la période où les enregistrements ont été faits à l'aide d'instruments proviennent d'archives naturelles variées, comme les cernes de croissance des arbres, les sédiments lacustres et marins, et la glace de glacier, ainsi que de la cartographie et de la datation de moraines glaciaires et d'autres éléments géomorphologiques (McBean et al.,

2005). Depuis 10 000 ans, le climat du Nord s'est maintenu relativement chaud et remarquablement stable (*voir la figure 4*). Depuis 2 000 ans, il se caractérise par des oscillations pluricentennales entre des conditions de temps doux (semblables à celles de l'ère moderne) et de temps relativement froid généralisé (*voir la figure 5*). On croit que la forme générale de la variabilité reflète, principalement, des fluctuations naturelles à long terme de la circulation atmosphérique circumpolaire, qui se sont exprimées, pendant le Petit Âge glaciaire (environ 1500-1800 après J.-C.), par une pénétration accrue de l'air froid de l'Arctique vers le sud à cause d'une intensification de la circulation méridienne (Kreutz et al., 1997).

Le climat des 400 dernières années se caractérise par un réchauffement et par les transformations qu'il provoque dans la plus grande partie de l'Arctique, comme le recul des glaciers, la réduction de la superficie de la glace de mer, la fonte du pergélisol et l'altération des écosystèmes terrestres et aquatiques (Overpeck et al., 1997). Toutefois, depuis environ 150 ans, on constate des transformations d'une rapidité et d'une nature sans précédent depuis le réchauffement subit qui s'est produit au début de la période interglaciaire actuelle, il y a plus de 10 000 ans. On prévoit que cette accélération rapide de la hausse des températures dans l'Arctique se poursuivra pendant tout le XXI^e siècle (Kattsov et al., 2005).

2.3.2 Conditions climatiques à venir

Une étude sur la capacité de sept modèles de circulation générale à couplage atmosphère-océan (MCGAO; *voir le chapitre 2*) à simuler les valeurs moyennes et la variabilité spatiale des températures et des précipitations actuelles (de 1961 à 1990) dans quatre régions couvrant le Nord du Canada révèle une importante variabilité

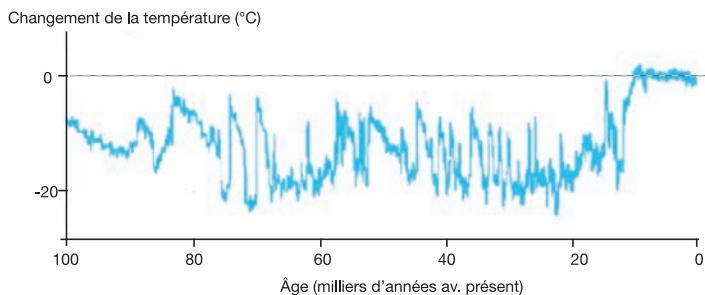


FIGURE 4 : Changements de la température (par rapport à aujourd’hui) au cours des 100 000 dernières années; reconstruction faite à l'aide d'une carotte de glace du Groenland (Ganopolski et Rahmstorf, 2001).

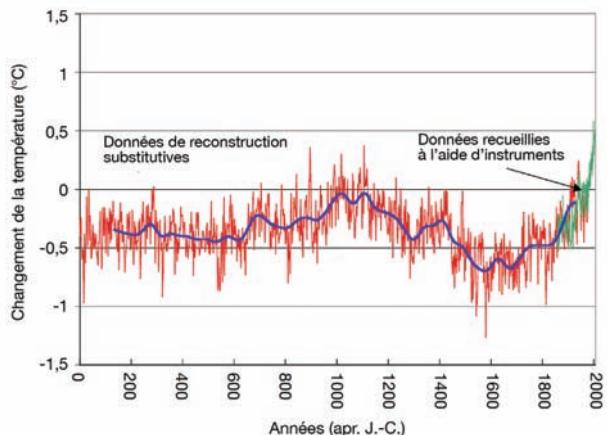


FIGURE 5 : Reconstruction des données de température annuelle moyenne dans l'hémisphère Nord, exprimée sous forme d'écarts par rapport à la moyenne du XX^e siècle (Moberg *et al.*, 2005)

interrégionale et saisonnière, et une simulation plus exacte des températures que des précipitations (Bonsal et Prowse, 2006; voir également Kattsov *et al.*, 2005). Les modèles HadCM3 (Hadley Centre for Climate Prediction and Research, Grande-Bretagne), ECHAM4 (Max Planck Institut für Meteorologie, Allemagne) et CCSRNIES (Centre for Climate Research Studies, Japon) donnent les meilleures reconstitutions des températures annuelles et saisonnières de toutes les sous-régions. Les modèles MCG2 (Centre canadien de modélisation et de l'analyse climatique, Canada) et NCAR-PCM (National Center for Atmospheric Research, États-Unis) ont une capacité de prédiction moyenne, tandis que les modèles CSIRO Mk2 (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation, Australie) et GFDL-R30 (Geophysical Fluid Dynamics Laboratory, États-Unis) sont les moins représentatifs. Collectivement, les simulations de températures par les MCG2 montrent un niveau de précision semblable pour toutes les sous-régions. Par contre, la majorité des modèles ne simulent exactement les précipitations que pour la région du nord du Québec et du Labrador. Tous les MCG2 surestiment largement les précipitations annuelles et saisonnières dans l'ouest et dans le centre de l'Arctique canadien.

Projections de l'évolution du climat dans le Nord canadien

En se basant sur la période de référence s'étendant de 1961 à 1990, des scénarios de changement climatique pour les périodes de 30 ans centrées sur les décennies 2020 (2010 à 2039), 2050 (2040 à 2069) et

2080 (2070 à 2099) sont présentés sous forme de diagrammes de dispersion et de cartes (voir les descriptions à l'annexe 1 du chapitre 2).

Les diagrammes de dispersion pour les régions ouest et est du Nord, séparées par le 102^e degré de longitude Ouest, révèlent peu d'écart entre les deux régions quant aux projections (voir la figure 6). Pour la décennie 2020, l'ouest et l'est présentent des variations de la température annuelle moyenne concentrées près de +2,0 °C et des augmentations des précipitations variant entre 5 et 8 p. 100. C'est pour la décennie 2080 que la variabilité entre les modèles est la plus forte. La variation de la température médiane atteint presque +6,0 °C, mais varie entre +3,5 °C (NCAR-PCM – scénario B2) et +12,5 °C (CCSRNIES – scénario A1FI), dans la région ouest. La plupart des scénarios projettent une augmentation de 15 à 30 p. 100 des précipitations annuelles. Il est à noter que, pour toutes les périodes, les projections dépassent les niveaux modélisés de variabilité naturelle, comme l'indiquent les carrés gris dans la figure 6.

Les diagrammes de dispersion pour la décennie 2050 donnent un bon aperçu des projections de changements saisonniers du climat (voir la figure 7). Malgré le niveau élevé de variabilité entre les modèles, on prévoit que les changements de température les plus importants se produiront en hiver. Les projections indiquent des températures hivernales légèrement plus élevées dans l'est de l'Arctique que dans l'ouest. Les hausses de température les plus faibles sont prévues en été, saison pour laquelle la variabilité entre les modèles est la moins élevée. Les augmentations de précipitations en hiver vont de près de 0 p. 100 pour l'ensemble des deux régions à plus de 40 p. 100 dans l'est, et la plupart des scénarios prévoient une augmentation des précipitations hivernales de 20 à 30 p. 100. En été, tous les modèles prévoient des augmentations de 5 à 20 p. 100, avec une valeur médiane de 10 p. 100.

D'après la caractérisation spatiale des changements des températures annuelles et saisonnières projetés pour le nord du Canada, les changements les plus importants se produiront aux latitudes les plus élevées, surtout dans le nord-ouest de l'Extrême-Arctique (voir les figures 8 et 9). Pour l'ensemble de la région, on prévoit que les changements de température les plus importants surviendront en hiver et en automne. Les projections des changements des précipitations annuelles et saisonnières font preuve d'une variabilité spatiale considérable pour tout l'Arctique canadien et les augmentations annuelles les plus importantes sont prévues dans les régions les plus septentrionales (voir les figures 10 et 11). Les cartes saisonnières pour les années 2050 indiquent une variabilité encore plus élevée, et les changements les moins importants semblent correspondre à une baisse des précipitations dans certaines parties de la région pour toutes les saisons. Les projections médianes semblent indiquer que les augmentations les plus importantes se produiront en automne et en hiver, surtout dans les régions les plus septentrionales.

La forte variabilité inhérente au climat de l'Arctique rend encore plus incertaines les projections de changement des températures et des précipitations. Étant donné les conclusions de Bonsal et Prowse (2006), on recommande d'avoir recours, pour l'examen des incidences possibles dans le Nord, à une plage de projections du climat (voir également le chapitre 2). Il faut traiter avec circonspection les valeurs aberrantes, comme les projections de faibles précipitations du MCG2 et les fortes élévations de température du CCSRNIES (voir la figure 8), puisqu'elles diffèrent considérablement des projections des autres modèles.

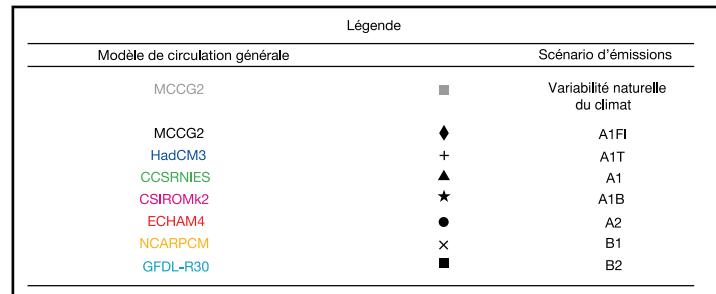
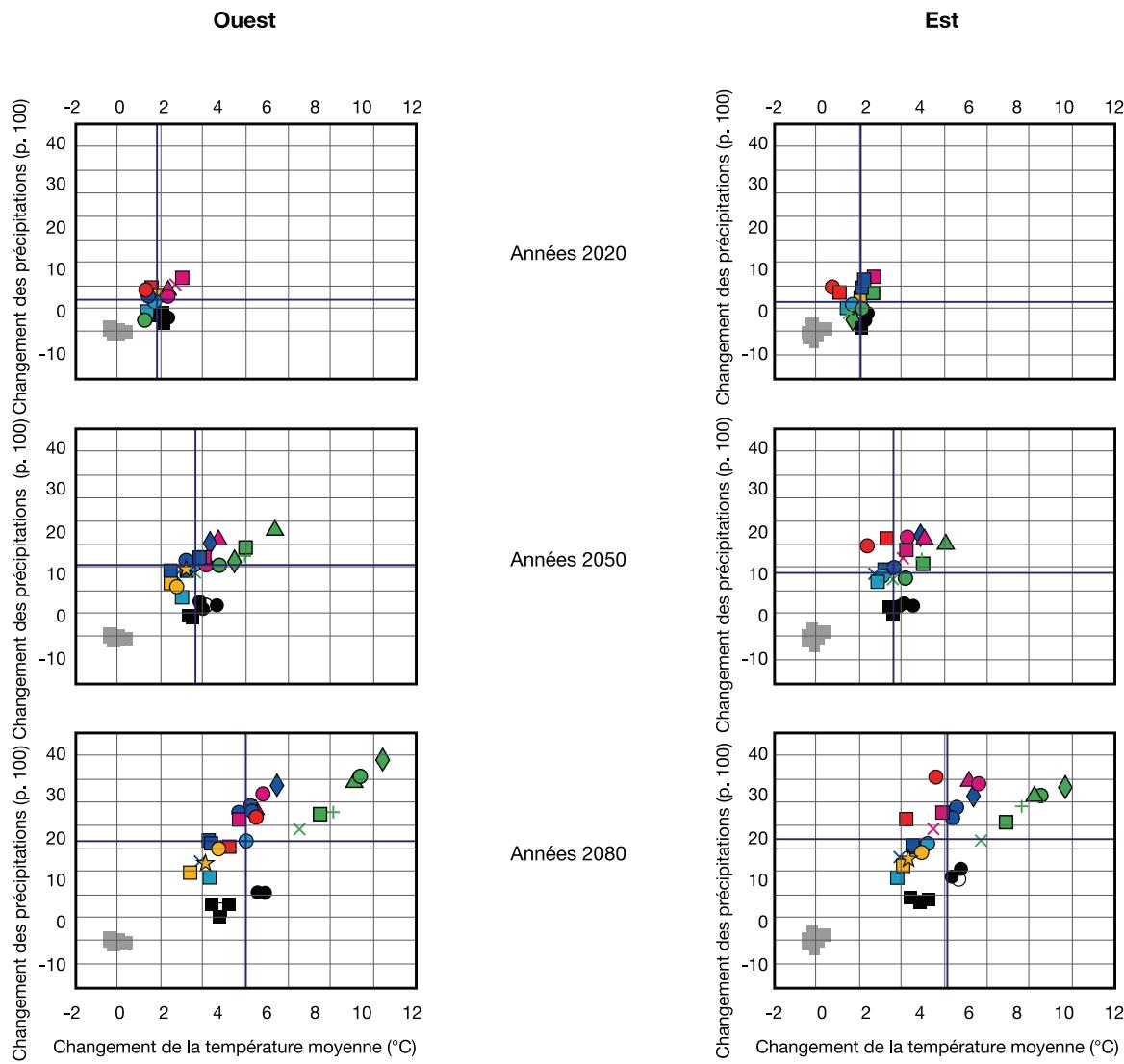


FIGURE 6 : Diagrammes de dispersion des changements projetés des températures et des précipitations annuelles moyennes dans les régions est (à droite) et ouest (à gauche) du Nord du Canada. Les lignes bleues représentent des changements moyens de la température et des précipitations moyennes déterminés à partir d'un ensemble de scénario indiqués sur le graphique (voir l'annexe du chapitre 2 pour les détails).

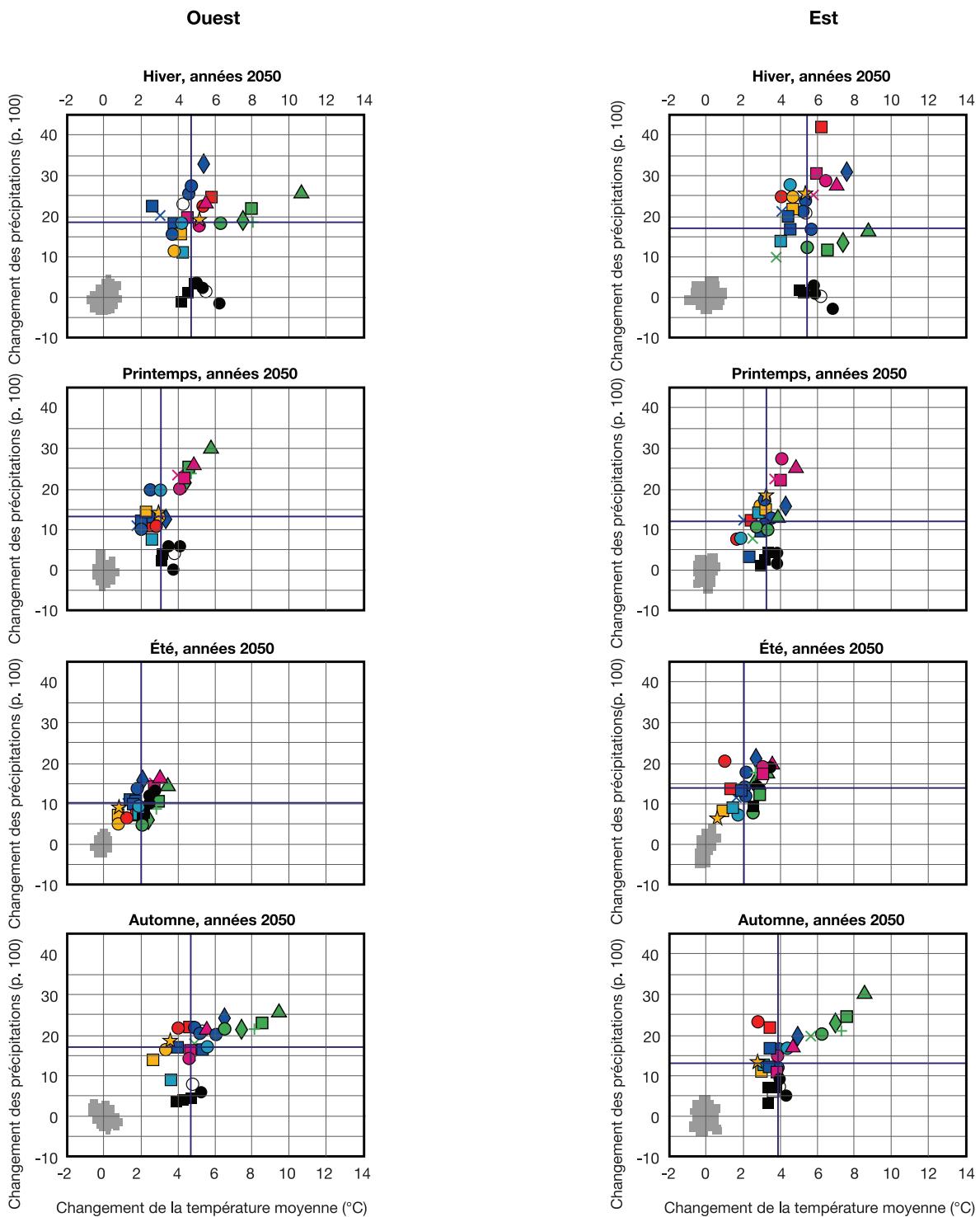


FIGURE 7 : Diagrammes de dispersion des changements projetés des températures et des précipitations saisonnières dans les régions est (à droite) et ouest (À gauche) du Nord du Canada pour la période de 30 ans centrée sur la décennie 2050. Les lignes bleues représentent des changements moyens de la température et des précipitations moyennes déterminées à partir d'un ensemble de scénario indiqués sur le graphique (voir l'annexe du chapitre 2 pour les détails).

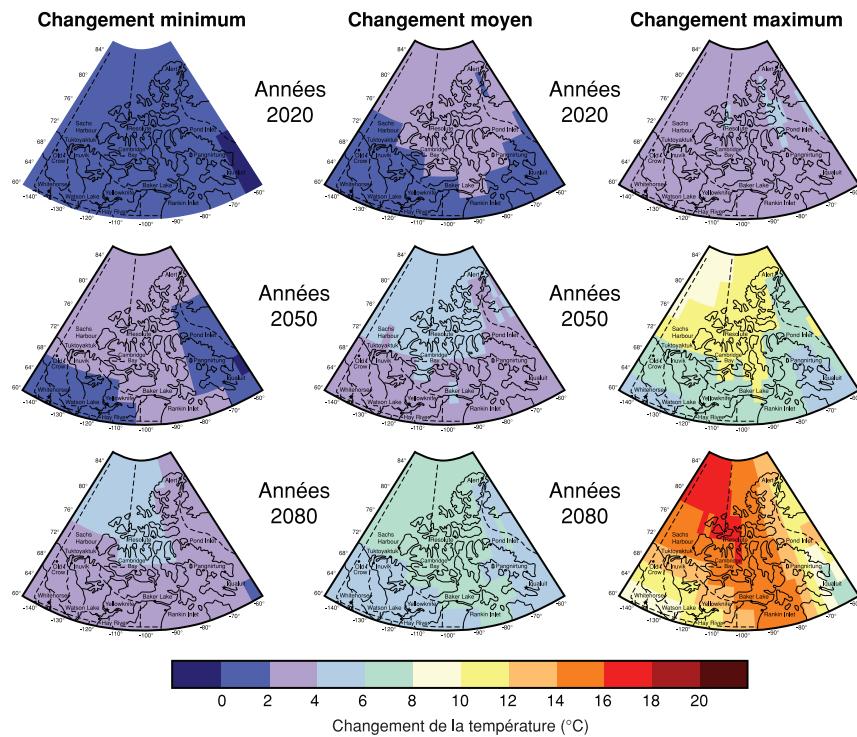


FIGURE 8 : Cartes des changements projetés des températures moyennes annuelles dans le Nord du Canada.

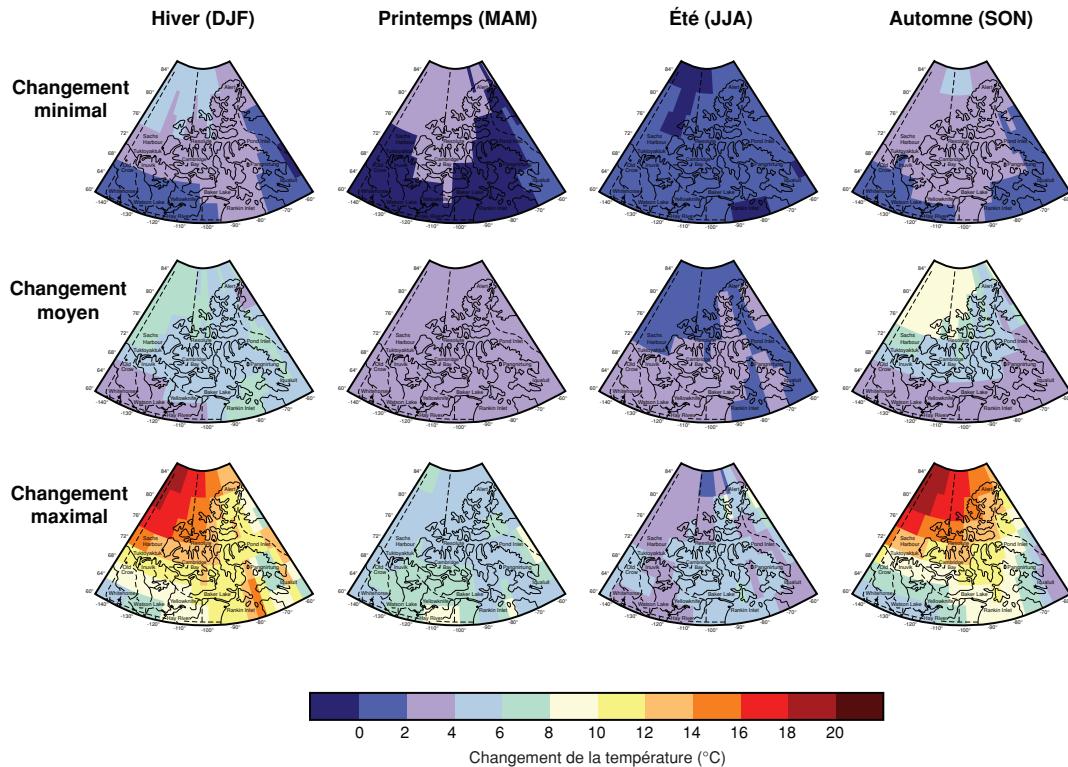


FIGURE 9 : Cartes des changements projetés des températures moyennes saisonnières dans le Nord du Canada pour la période de 30 ans centrée sur la décennie 2050.

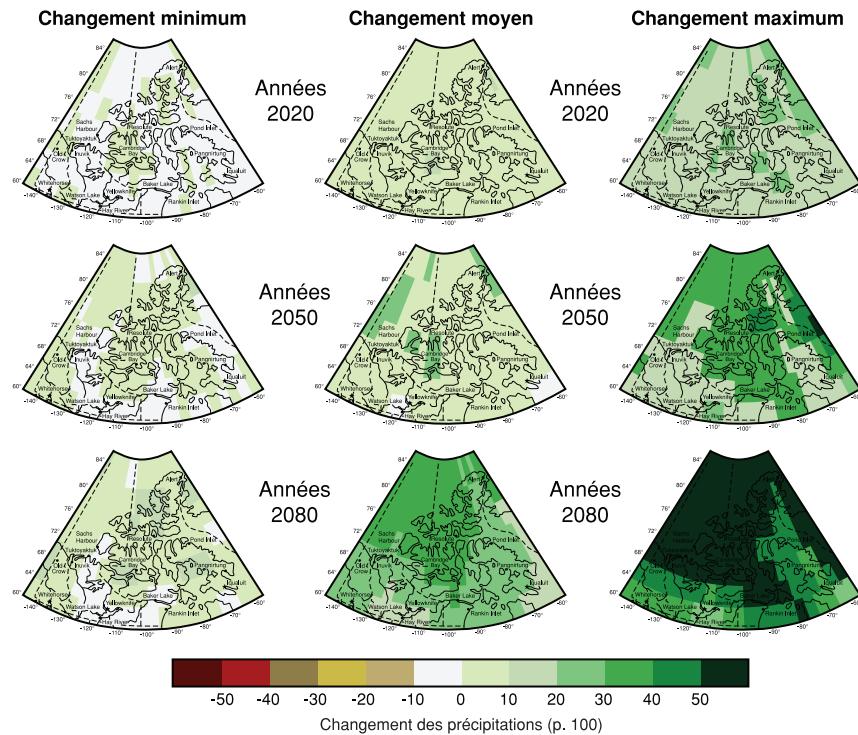


FIGURE 10 : Cartes des changements projetés des précipitations annuelles moyennes dans le Nord du Canada.

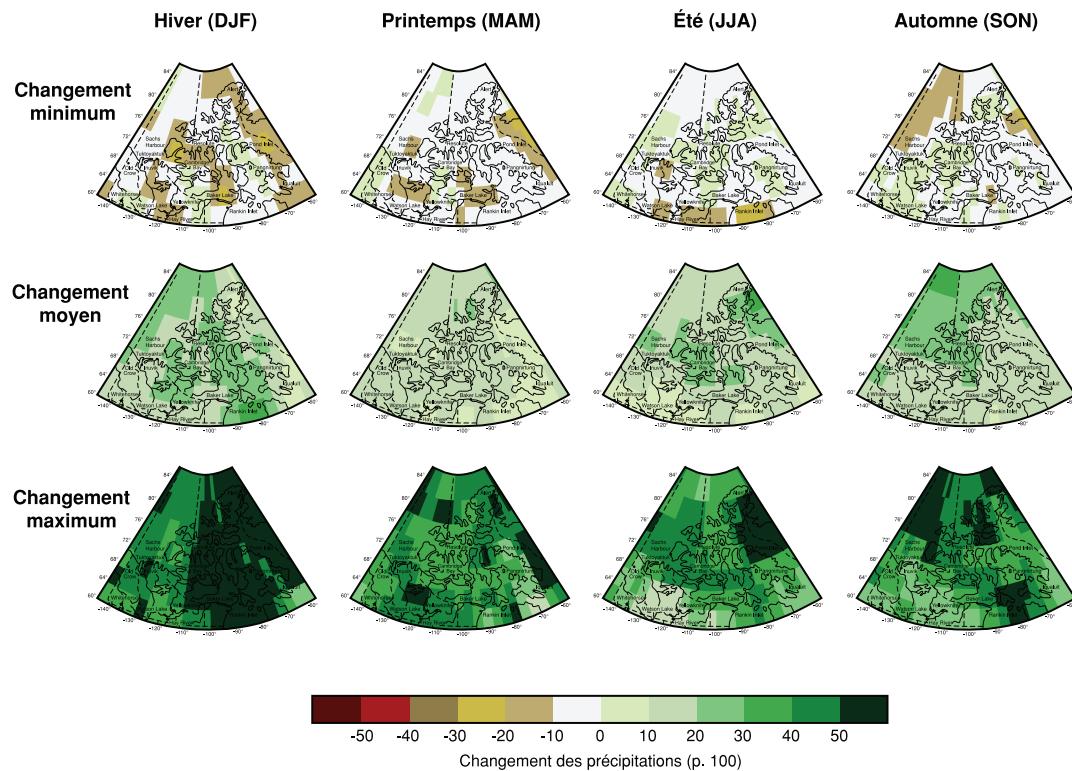


FIGURE 11 : Cartes des changements projetés des précipitations saisonnières dans le Nord du Canada pour la période de 30 ans centrée sur la décennie 2050.

3 RÉPERCUSSIONS DE L'ÉVOLUTION DU CLIMAT SUR L'ENVIRONNEMENT ARCTIQUE

De toutes les composantes de l'environnement arctique, c'est la cryosphère qui est la plus sensible aux effets de l'évolution du climat. Elle comprend la glace de mer, la couverture nivale saisonnière, les glaciers et les calottes glaciaires, le pergélisol, ainsi que la glace de lac et de cours d'eau. Tous ces éléments sont de bons indicateurs des tendances du climat. Ils jouent également un rôle actif dans les rétroactions climatiques en agissant sur les flux d'énergie, d'humidité et de gaz (p. ex., Anisimov *et al.*, 2007; Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, 2007; Lemke *et al.*, 2007; Trenberth *et al.*, 2007). Les écosystèmes terrestres, dulcicoles et marins seront touchés par les transformations de la cryosphère et par d'autres aspects du changement climatique (Arctic Climate Impact Assessment, 2004, 2005). Le résumé qui suit de certains des changements les plus importants subis par la cryosphère et les écosystèmes qui lui sont reliés puise largement dans les chapitres pertinents d'une évaluation portant sur l'impact du changement climatique dans l'Arctique (Arctic Climate Impact Assessment; Callaghan *et al.*, 2005; Walsh *et al.*, 2005; Wrona *et al.*, 2005).

3.1 GLACE DE MER

La superficie de la glace de mer varie généralement entre 5 ou 6 millions de kilomètres carrés, à la fin de l'été, et 14 millions de kilomètres carrés à la fin de l'hiver (Parkinson *et al.*, 1999). L'épaisseur de la couche de glace de mer varie selon son mode de dérive et de convergence d'ouest en est (du côté sibérien de l'Arctique vers l'archipel Arctique canadien). La superficie moyenne annuelle de la glace de mer dans l'hémisphère Nord a diminué de 7,4 p. 100 (3 p. 100 par décennie) entre 1978 et 2003 (Johannessen *et al.*, 2004). La superficie maximum annuelle de la glace de mer, par contre, a diminué moins rapidement, soit d'environ 2 p. 100 par décennie, tandis que la diminution de la superficie minimum annuelle a été plus rapide, soit de 5,6 p. 100 par décennie. La diminution de la superficie minimum annuelle de la glace de mer est surtout due à une réduction de 14 p. 100 environ (6,7 p. 100 par décennie) de la glace de mer pluriannuelle entre 1978 et 1999 (Johannessen *et al.*, 1999). La perte de cette quantité de vieille banquise de l'ensemble des glaces polaires a mené à une diminution manifeste de l'épaisseur de la couche de glace au centre de l'océan Arctique (Rothrock *et al.*, 1999; Holloway et Sou, 2002).

La diminution de l'épaisseur de la glace et de sa superficie à la fin de l'été est principalement due à une sortie accrue de glace pluriannuelle de l'Arctique par le détroit de Fram entre 1989 et 2003, et non au réchauffement de l'atmosphère (Rigor *et al.*, 2002; Fowler *et al.*, 2004; Rigor et Wallace, 2004; Belchansky *et al.*, 2005). Des données recueillies en Sibérie et dans le Nord canadien pendant la deuxième moitié du XX^e siècle ne révèlent aucun changement significatif dans l'épaisseur de la glace de première année (Brown et Coté, 1992; Polyakov *et al.*, 2003). Bien que le taux de diminution de la superficie de la glace à la fin de l'été soit

compatible avec la tendance constatée pour la glace de mer pluriannuelle (Comiso, 2002), cette diminution s'est surtout fait sentir au nord des côtes de la Russie et de l'Alaska, et beaucoup moins dans les eaux canadiennes (Walsh *et al.*, 2005). Même au milieu du XIX^e siècle, soit pendant une période beaucoup plus froide que la période actuelle, la superficie de la glace de mer estivale dans l'archipel Arctique canadien était, selon les journaux de bord des explorateurs, semblable à celle d'aujourd'hui (Wood et Overland, 2003).

Tous les MCGAO prévoient une réduction de la superficie de la glace de mer au cours du XXI^e siècle. Les projections du modèle MCCG2 indiquent que l'Arctique sera libre de glace en septembre à partir du milieu du XXI^e siècle. Les autres modèles prédisent des étés arctiques sans glace à partir de 2100. Les modèles, même s'ils ne s'entendent pas sur le moment où les étés arctiques seront sans glace, indiquent tous néanmoins que ces conditions apparaîtront un jour ou l'autre. En 2100, les diminutions de la superficie de la glace de mer annuelle prévues par les modèles varient environ entre 2 et 4 millions de kilomètres carrés. Aucun modèle ne prédit une absence de glace en mars. Un faible recul hivernal de la banquise à l'avenir est prévu, là où elle côtoiera des eaux tempérées (p. ex., dans les mers du Labrador, du Groenland, de Barents, d'Okhotsk et de Bering).

Les modèles de circulation générale à couplage atmosphère-océan sont limités dans leur capacité de prédire les changements de la glace de mer. La dynamique de cette dernière est encore mal comprise dans les milieux scientifiques, et la représentation du système atmosphère-glace-océan de l'Arctique dans les modèles de circulation générale est relativement primitive. La modélisation du comportement de la glace de mer est également très sensible aux rétroactions positives entre la glace de mer et le climat, et de petites erreurs de représentation de cette réaction peuvent avoir des répercussions importantes (Walsh *et al.*, 2005). Par exemple, la grille spatiale de l'océan modélisé est généralement trop grossière pour représenter l'archipel Arctique canadien (*voir* le tableau 4.1 de Kattsov *et al.*, 2005). Il est donc particulièrement important, si on veut prédire les changements à venir dans les régimes de la glace de mer, de disposer de données d'observation sur la superficie des glaces dans les eaux de l'Arctique canadien et de comprendre les processus physiques en jeu.

3.2 COUVERTURE NIVALE

Dans les régions arctiques, la neige peut représenter jusqu'à 80 p. 100 des précipitations annuelles. Elle isole le sol et a donc un effet sur son régime thermique et sur la répartition du pergélisol (Marsh, 1990). Elle agit aussi sur les bilans radiatifs de la surface et sur les bilans hydriques (Gray et Prowse, 1993), en plus d'avoir des effets sur l'habitat des biotes terrestres et aquatiques (p. ex., Adams, 1981).

Entre 1972 et 2003, la superficie annuelle moyenne de la couverture nivale de l'hémisphère Nord a diminué d'environ 10 p. 100, et les diminutions les plus importantes ont eu lieu au printemps et en été, ce qui correspond bien au réchauffement printanier constaté dans les régions nordiques (Brown, 2000; Walsh *et al.*, 2005). Les changements les plus importants dans l'épaisseur de la neige dans le Nord canadien pendant la période de 1946 à 1995 ont été constatés dans le bassin du Mackenzie (Brown et Braaten, 1998), même si des observations plus récentes (de 1955-1956 à 2002-2003) révèlent également des réductions significatives de l'épaisseur moyenne et maximale de la couverture nivale aux stations de l'est et de l'ouest de l'Arctique (Environnement Canada, 2007). Ces diminutions de l'épaisseur de la neige ont été accompagnées d'un raccourcissement de la durée de la couverture nivale au printemps et en été et de fortes baisses de sa superficie au printemps (Brown *et al.*, 2004).

Les hausses de température projetées entraîneront une réduction du temps disponible pour l'accumulation d'une couverture nivale hivernale et auront donc une incidence sur l'importance de la fonte printanière, qui constitue, dans la plupart des systèmes nordiques, le principal événement hydrologique de l'année (Marsh, 1990). Bien qu'on ne s'attende pas à ce que la couverture nivale annuelle moyenne change de façon importante au cours du XXI^e siècle, même pendant la période de 2071 à 2090, pour laquelle on prévoit des changements variant entre -9 et -18 p. 100 (Walsh *et al.*, 2005), les changements les plus prononcés à sa superficie devraient se produire au cours des mois de novembre et d'avril, l'importance de ce dernier se faisant sentir surtout durant l'écoulement printanier.

3.3 GLACIERS ET INLANDSIS

On estime le volume total de la glace terrestre de l'Arctique circumpolaire à environ 3,1 millions de kilomètres cubes, ce qui équivaut à environ 8 m de en termes d'élévation du niveau de la mer (Dowdeswell et Hagen, 2004). Même si ces glaces sont surtout concentrées au Groenland, le Canada possède d'importants glaciers et inlandsis dans l'Extrême-Arctique et au Yukon. En général, malgré d'importantes variations régionales, les glaciers et les inlandsis de l'Arctique (à l'exception de celui du Groenland) ont subi, depuis 1920, un recul du front glaciaire et une baisse de volume (Walsh *et al.*, 2005). Dans l'Extrême-Arctique canadien (selon des données recueillies depuis les années 1960), la surveillance des glaciers et calottes glaciaires des îles de la Reine-Élisabeth (à l'exception de celle de l'île Meighen, qui peut être refroidie par un océan voisin de plus en plus libre de glace) a permis de déceler une tendance faible, mais significative, vers des bilans de masse de plus en plus négatifs, surtout à cause d'un léger réchauffement estival (Koerner, 2005).

On estime que le bilan de masse de toutes les calottes glaciaires de l'archipel Arctique canadien au cours des cinq dernières années du siècle dernier est de -25 km³/an de glace, ce qui correspond à une élévation globale du niveau de la mer de 0,064 mm/an (Abdalati *et al.*, 2004). Bien que cela soit significatif, on a enregistré une ablation encore plus prononcée dans le réseau de glaciers du Yukon et de l'Alaska, où la fonte accélérée de $1,5 \pm 0,5$ mm/an représente presque 9 p. 100 de l'élévation constatée du niveau global de la mer au cours des 50 dernières années et un apport pouvant atteindre 3,2 mm/an pendant la dernière décennie environ (Arendt *et al.*, 2002). Pour la période allant du milieu des années 1990 à 2000-2001, l'amenuisement des glaciers du Yukon et de l'Alaska équivaut

probablement à une hausse du niveau de la mer deux fois plus élevée que celle estimée pour la fonte de l'inlandsis du Groenland au cours de la même période (Rignot et Thomas, 2002).

On prévoit qu'à long terme l'inlandsis du Groenland fournira l'apport le plus important au changement du niveau de la mer, même si on prévoit que l'eau de la fonte des glaciers de l'Alaska et du Yukon y contribuera elle aussi de façon significative (Arendt *et al.*, 2002; Meier et Dyurgerov, 2002). Les apports futurs de l'Extrême-Arctique ne sont pas encore quantifiés, mais ils pourraient eux aussi être importants (Abdalati *et al.*, 2004). La fonte des glaciers a aussi un effet sur l'ampleur et le rythme des écoulements des rivières et sur la configuration du drainage (p. ex., Clague *et al.*, 2006).

3.4 PERGÉLISOL

La surveillance thermique du mollisol et du pergélisol effectuée depuis 20 à 30 ans indique que le pergélisol s'est récemment réchauffé dans nombre de régions de la zone de pergélisol canadienne (p. ex., Broll *et al.*, 2003; Couture *et al.*, 2003; Kershaw, 2003; Smith *et al.*, 2003, 2005) et que la profondeur du dégel estival s'est accrue pendant les années 1990 (p. ex., Smith *et al.*, 2001b, 2005; Mackay et Burn, 2002; Nixon *et al.*, 2003; Tarnocai *et al.*, 2004). L'ampleur du réchauffement du pergélisol varie à la fois selon la région (Smith *et al.*, 2005) et dans le temps. Le réchauffement le plus important a généralement été constaté dans l'Arctique occidental et le réchauffement le plus tardif, dans l'Arctique oriental ou dans l'Extrême-Arctique (Brown *et al.*, 2000; Smith *et al.*, 2005). La réaction du mollisol au temps très chaud, comme celui de 1998 (p. ex., Smith *et al.*, 2001b), concorde avec celle constatée pour les autres composantes de la cryosphère (Atkinson *et al.*, 2006).

Environ la moitié de la zone de pergélisol du Canada est constituée de pergélisol dont la température est supérieure à -2 °C et sensible au réchauffement climatique prévu qui pourrait donc, à terme, le faire disparaître (*voir* la figure 12; Smith et Burgess, 2004). Là où le pergélisol est plus épais et plus froid, il se produira probablement un épaisissement du mollisol, accompagné d'un réchauffement et d'un amincissement du pergélisol. Les prévisions d'épaissement du mollisol vont de 0 p. 100 à plus de 50 p. 100 au cours des 50 prochaines années (Walsh *et al.*, 2005). Les augmentations les plus importantes devraient avoir lieu au Yukon. On prévoit une dégradation du pergélisol continu en pergélisol discontinu, ainsi que la disparition du pergélisol discontinu, aux limites sud de ces zones de pergélisol. Le dégel du pergélisol est susceptible de libérer de grandes quantités de carbone, ce qui pourrait avoir un effet de rétroaction sur le système climatique (p. ex., Tarnocai, 2006; Callaghan *et al.*, 2005; Zimov *et al.*, 2006).

La sensibilité du pergélisol au dégel et son tassement ont une grande influence sur la stabilité du paysage et sur le rendement des infrastructures sus-jacentes. Les cartes à l'échelle nationale de Smith et Burgess (2004; *voir* la figure 13) ont démontré que la sensibilité au dégel est de modérée à élevée dans environ 50 p. 100 des zones de pergélisol actuelles (à l'exclusion de celles où des quantités de glace massive sont présentes et où la sensibilité pourrait être plus élevée que celle indiquée). Les terrains argileux et organiques de la région du Mackenzie et les tourbières du nord des Prairies et des basses terres de la baie d'Hudson font partie des régions où les sols gelés sont sensibles au dégel.

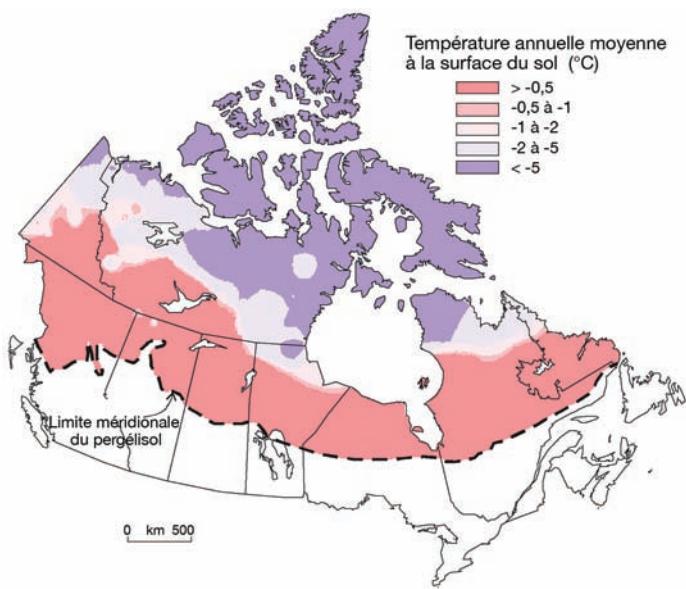


FIGURE 12 : Variation de la température annuelle moyenne à la surface du sol dans les zones de pergélisol du Canada (Smith et Burgess, 2004).

Le pergélisol joue un rôle important dans l'hydrologie du Nord à cause de son influence sur l'infiltration, sur l'écoulement de surface et sur le stockage et l'écoulement de l'eau souterraine. Les effets sur l'hydrologie du Nord des transformations du pergélisol causées par le climat ont été résumés dans les études de Woo *et al.* (1992), Michel et van Everdingen (1994), Brown *et al.*, (2004), Mackenzie River Basin Board (2004) et Smith et Burgess (2004).

L'épaississement du mollisol et la dégradation du pergélisol causés par le réchauffement climatique peuvent entraîner une augmentation de l'infiltration et de l'accumulation d'eau souterraine, une réduction de l'écoulement printanier et un accroissement du débit de base (Woo *et al.*, 1992). L'eau souterraine jouera donc dorénavant un rôle plus important dans l'écoulement fluvial, phénomène qui aura une incidence sur la qualité de l'eau de surface (Michel et van Everdingen, 1994). La fonte de la glace dans le sol pourrait entraîner un tassement non uniforme et la formation d'étangs, ce qui aura des répercussions sur le drainage et sur la répartition de l'eau de surface. Le dégel du pergélisol riche en glace pourra également entraîner l'assèchement de lacs et de terres humides, et donc une perte d'habitat pour les poissons et les espèces sauvages (Labrecque et Duguay, 2001; Marsh et Neumann, 2001).

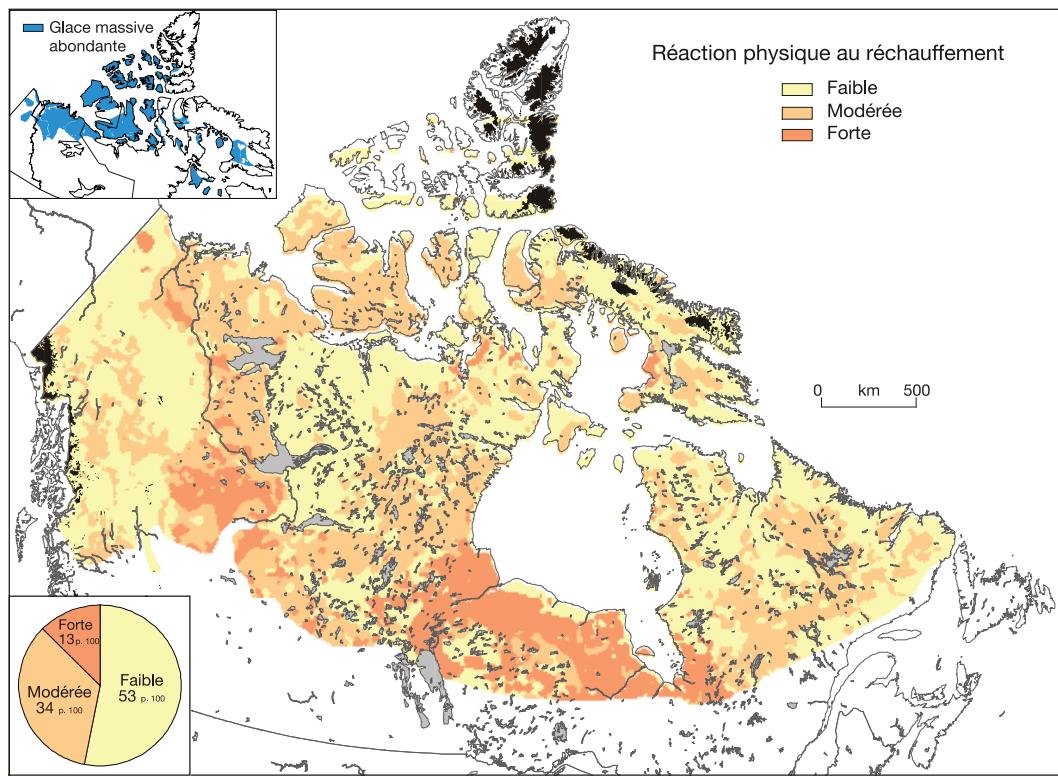


FIGURE 13 : Réaction physique relative (sensibilité au phénomène de fonte) du pergélisol au réchauffement climatique (Smith et Burgess, 2004).

3.5 GLACE DE LACS ET DE COURS D'EAU

La glace d'eau douce est responsable du moment de survenue et de la gravité de nombreux phénomènes hydrologiques extrêmes dans les systèmes nordiques, comme, les basses eaux et les inondations correspondant aux périodes de prise et de rupture de la glace (p. ex., Beltaos et Prowse, 2001; Prowse et Carter, 2002). La glace de cours d'eau joue aussi un rôle très important dans l'écologie des cours d'eau (Prowse et Culp, 2003), en particulier dans le delta du Mackenzie (Marsh et Lesack, 1996).

Pour la période de 1846 à 1995, des données d'observation sur la prise et la rupture de la glace des lacs et des cours d'eau de l'hémisphère Nord recueillies, entre autres, sur une longue durée à un site du Mackenzie indiquent un retard moyen de 5,8 jours par siècle de la prise de la glace et une avance moyenne de 6,3 jours par siècle de la rupture (Magnuson *et al.*, 2000). Les données canadiennes pour la période de 1947 à 1996 révèlent que les sites de l'ouest ont tendance à avoir des ruptures plus précoces et qu'il existe une tendance nationale à une prise de la glace plus précoce (Zhang *et al.*, 2001a). Cependant, les tendances de rupture et de prise de la glace présentent une certaine complexité et sont fonction de l'intervalle de temps au cours duquel on en tient compte, mais elles reflètent de façon générale des tendances propres aux températures de l'air à l'automne et au printemps (p. ex., Lacroix *et al.*, 2005; Duguay *et al.*, 2006).

Prowse et Beltaos (2002) décrivent les complexités de la réaction de la glace d'eau douce aux changements des conditions climatiques. Bien que les changements soient difficiles à prédire (Bonsal et Prowse, 2003), le réchauffement à venir entraînera probablement un raccourcissement de la saison des glaces et un amincissement de la couche de glace sur les lacs et les cours d'eau. Il se peut aussi que la composition de la couche de glace soit modifiée par l'augmentation des chutes de neige en hiver (c.-à-d. pourcentage de glace blanche). Les changements relatifs aux chutes de neige hivernales auront une influence déterminante sur l'augmentation ou la diminution de la gravité des événements liés aux glaces de rivière, comme les inondations causées par les embâcles (Walsh *et al.*, 2005).

3.6 APPOINT D'EAU DOUCE

Les cours d'eau qui se déversent dans l'océan Arctique ont un faible écoulement hivernal, de forts débits printaniers (à cause de la fonte de la neige) et des crues estivales et automnales causées par la pluie. C'est la fonte de la neige qui alimente la plus grande partie des débits des cours d'eau de l'Extrême-Arctique (Woo, 1990). L'écoulement des grands fleuves, comme le Mackenzie, subit davantage l'influence des régimes hydrologiques de leurs cours supérieurs méridionaux non arctiques (Prowse *et al.*, 2006).

Les tendances constatées des débits varient selon la région; en effet, des études signalent, depuis les années 1960, aussi bien des augmentations que des diminutions de débit. De 1964 à 2003, le débit annuel total de 64 rivières qui se déversent dans la mer du Labrador, la baie d'Hudson, l'océan Arctique et le détroit de Béring a diminué de 10 p. 100 (Dery *et al.*, 2005). Zhang *et al.* (2001a) ont décelé, pour la période allant de 1967 à 1996, une tendance à l'augmentation de l'écoulement fluvial dans l'inlet Chesterfield, tandis que les rivières du nord de l'Ontario et du Québec affichent, elles, une diminution de l'écoulement. Pour la période de 1964 à 2000, il a été impossible d'identifier une tendance significative pour le fleuve Yukon (McClelland *et al.*, 2006).

Les projections des modèles pour 2050 indiquent des augmentations du débit fluvial. Arnell (1999), par exemple, a conclu que l'écoulement annuel total du Mackenzie pourrait augmenter de 12 à 20 p. 100 par rapport à la moyenne de la période de référence de 1961 à 1990, alors que celui du Yukon augmenterait de 20 à 30 p. 100. En gros, les prévisions quant au climat à venir indiquent que, d'ici à 2050 environ, l'écoulement annuel total vers l'océan Arctique en provenance des territoires arctiques pourrait augmenter de 10 à 20 p. 100 et l'écoulement hivernal, de 50 à 80 p. 100. On prévoit aussi qu'entre 55 et 60 p. 100 de l'écoulement annuel vers l'océan Arctique se fera entre avril et juillet (saison d'écoulement maximal; Arnell, 1999; Arora et Boer, 2001).

3.7 ÉLÉVATION DU NIVEAU DE LA MER ET STABILITÉ DU LITTORAL

Le changement climatique entraînera une hausse du niveau de l'océan Arctique (Proshutinsky *et al.*, 2001) et des autres mers septentrionales. Le réchauffement climatique agit sur le niveau de la mer par l'internmédiaire de l'expansion thermique des océans et des apports d'eau additionnels générés par la fonte des glaciers et des inlandsis. Le Quatrième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (2007a) prévoit que le niveau moyen de la mer (NMM) montera de 0,18 à 0,59 m d'ici à 2100 (NMM pour 2090 à 2099 par rapport au NMM pour 1980 à 1999). Cette élévation ne se fera pas partout de façon uniforme et quelques zones, dont certaines régions de l'Arctique, pourraient faire face à des augmentations plus rapides. En outre, le changement relatif du niveau de la mer le long d'une côte donnée (mesuré par un marégraphe) est une combinaison du changement de niveau de la mer et du mouvement vertical des terres. Dans l'Arctique, la source principale de mouvement vertical est le relèvement isostatique postglaciaire, qui entraîne, à certains endroits, un soulèvement pouvant atteindre 1 m par siècle. D'autres zones situées autour des limites des anciens inlandsis (le littoral de la mer de Beaufort, la limite ouest de l'archipel Arctique canadien et une bande étroite dans l'est de l'île Devon et sur la côte est de l'île de Baffin), par contre, subissent un affaissement (Forbes *et al.*, 2004).

L'élévation du niveau de la mer fait croître les risques d'inondation et d'érosion des côtes de l'Arctique et peut contribuer à d'autres dangers pour les côtes, comme le chevauchement et l'accumulation de la glace sur les berges. Dans l'Arctique occidental, l'élévation du niveau de la mer et l'érosion des côtes menacent des sites patrimoniaux (anciennes habitations et lieux d'inhumation) de la côte du Yukon (p. ex., l'île Herschel), des établissements saisonniers (p. ex., Shingle Point au Yukon) et des collectivités côtières (p. ex., Tuktoyaktuk, dans les Territoires du Nord-Ouest; Colette, 2007). L'érosion des côtes cause problème dans d'autres collectivités de l'Arctique occidental, dont Sachs Harbour, et, de façon moins préoccupante, Ulukhaktok, dans les Territoires du Nord-Ouest (Manson *et al.*, 2005). On a aussi noté que le niveau élevé de l'eau est source d'inquiétude à Cambridge Bay, au Nunavut (Shirley, 2006). Dans l'Arctique oriental, des problèmes liés au niveau élevé de l'eau et à l'érosion ont été relevés à Hall Beach, Iqaluit, Pond Inlet et Arctic Bay, au Nunavut, ce qui a donné lieu à des discussions sur les possibilités d'adaptation (Shirley, 2006; Ford *et al.*, 2006a; Bhabesh Roy, ingénieur régional, Gouvernement du Nunavut, communication personnelle, 14 mars 2007). À l'exception de Hall Beach, les collectivités touchées sont dans des zones de croûte presque stable ou subsidente, où la hausse du niveau de la mer est

susceptible de dépasser le soulèvement résiduel ou de s'ajouter au taux de subsidence. La diminution de la glace de mer, l'accroissement des eaux libres et l'augmentation de l'énergie des vagues peuvent s'avérer des facteurs importants à un certain nombre d'endroits, dont Hall Beach, marqués par le soulèvement postglaciaire et l'émersion côtière en cours.

Dans les localités de faible altitude, telles que Tuktoyaktuk, les risques d'inondation les plus élevés sont associés aux fortes ondes de tempête, qui peuvent parfois atteindre une hauteur de plus de 2 m au-dessus du niveau moyen de la mer (Manson *et al.*, 2005). En un seul événement, les ondes de tempête peuvent faire reculer les côtes de 10 m ou plus. L'élévation du niveau de la mer entraînera une hausse de la limite supérieure de la possibilité d'inondation par les ondes de tempête et une augmentation de la fréquence des inondations dans les zones de faible altitude. On ne constate aucune tendance claire quant à la fréquence des tempêtes dans l'Arctique canadien au cours des 50 dernières années (Atkinson, 2005). Une hausse des températures du sol, un dégel estival plus profond et une perte de volume due à la fonte de la glace excédentaire et de la glace massive dans le sol aux endroits où elle est exposée dans les falaises côtières peuvent contribuer à l'accélération de l'érosion (Forbes, 2005). Même si certains indices laissent croire à une accélération de l'érosion dans l'Arctique occidental, y compris sur les côtes du Yukon et de l'Alaska, une analyse régionale du secteur sud de la mer de Beaufort n'a pas permis de déceler une tendance significative dans les régions où l'érosion a été rapide pendant la période de 1972 à 2000 (Solomon, 2005). Cependant, on peut s'attendre à ce que la combinaison d'un réchauffement, d'une hausse du niveau de la mer et d'une réduction de la glace de mer ait pour effet de maintenir ou d'accélérer le rythme déjà élevé du recul des côtes à cet endroit.

3.8 ZONES DE VÉGÉTATION TERRESTRE ET BIODIVERSITÉ

Les gradients thermiques extrêmes de l'Arctique font que les changements de température y entraîneront probablement une réaction rapide et importante des communautés végétales. La poursuite de la hausse des températures entraînera une augmentation de la productivité, une plus grande abondance et une expansion vers le nord de l'aire de répartition d'espèces actuellement répandues d'herbes, de carex et de plantes à fleurs, comme *Carex bigelowii/arctisibirica*, *C. stans*, *Dryas octopetala/punctata*, *Cassiope tetragonal* et la mousse *Tomentypnum nitens*. Par contre, on assistera probablement à un rétrécissement de la niche écologique des espèces trouvées exclusivement (hyperarctiques; p. ex., des herbes – *Poa abbreviate*) ou principalement (eurarctiques; p. ex., le saule arctique – *Salix polaris*) aux plus hautes latitudes (Callaghan *et al.*, 2005).

La latitude et la quantité de lumière limitent, à l'heure actuelle, la répartition de certaines espèces végétales, qui ne seront pas en mesure de migrer vers le nord malgré la hausse des températures. Pour prévoir la réaction du système entier au climat en évolution, il faut également tenir compte : 1) de l'importance des interactions entre carbone et éléments nutritifs; 2) des interactions entre les cycles du carbone et des éléments nutritifs et la température, l'eau et la couverture nivale; 3) de l'importance des pertes de carbone organique et inorganique dissous dans l'eau du sol; 4) de l'ampleur et du rôle des processus hivernaux. Les effets cumulés du changement climatique sur ces facteurs entraîneront probablement

l'apparition de nouvelles phytocénoses, avec des structures et des compositions taxinomiques différentes (Callaghan *et al.*, 2005).

Pour le siècle actuel, les projections des modèles végétaux indiquent que la forêt boréale remplacera, selon l'endroit, de 11 à 50 p. 100 de la toundra arctique (Harding *et al.*, 2002; Skre *et al.*, 2002). Cependant, des constatations récentes sur la latitude de la limite des arbres révèlent un déplacement vers le sud, ce qui semble indiquer qu'il est peu probable qu'il se produise un déplacement vers le nord basé sur le seul fait d'une évolution des conditions climatiques (Callaghan *et al.*, 2005). L'augmentation des perturbations, comme les proliférations de ravageurs et les feux de forêt, aura un effet localisé sur le sens du déplacement de la limite des arbres. En général, celle-ci réagira de façon différente selon l'ampleur des changements de température et l'évolution des précipitations, de l'état du pergélisol, de la composition des forêts et de l'utilisation des terres.

3.9 ÉCOSYSTÈMES DULCICOLES

Le changement climatique aura un effet sur la structure et la fonction des écosystèmes dulcicoles de l'Arctique. Les caractéristiques des communautés et des écosystèmes, notamment la diversité des espèces, la biodiversité, l'aire de répartition et la distribution, seront touchées par l'évolution des paramètres physiques et chimiques du milieu, ce qui entraînera des transformations des structures du réseau trophique et des niveaux de production (Rouse *et al.*, 1997; Vincent et Hobbie, 2000; Poff *et al.*, 2002; Wrona *et al.*, 2006a).

La piscifaune dulcicole du Nord canadien est formée d'environ 35 espèces de poissons, auxquelles s'ajoutent 15 espèces anadromes (Richardson *et al.*, 2001; Evans *et al.*, 2002; Coad et Reist, 2004; Reist *et al.*, 2006b). Les écosystèmes aquatiques du Nord se caractérisent par une faible productivité biologique, entre autres à cause des faibles intrants énergétiques. La biologie du biote aquatique est peu connue, surtout en ce qui a trait à la compréhension de ses rapports avec les facteurs climatiques et les réactions structurelles et fonctionnelles des écosystèmes (Wrona *et al.*, 2006a). Bien que de grandes incertitudes persistent quant aux réactions propres des espèces et des systèmes, il est probable que des espèces adaptées à l'Arctique disparaîtront de certaines régions quand les conditions du milieu commenceront à dépasser leur seuil de tolérance physiologique ou leur optimum écologique. Les espèces les plus vulnérables sont celles dont la niche climatique est la plus restreinte. Même si l'on ne prévoit pas de disparitions d'espèces arctiques à la grandeur de leur aire de répartition, certaines d'entre elles seront marginalisées géographiquement ou écologiquement (Wrona *et al.*, 2006b).

Un climat en évolution entraînera aussi une transformation des aires de répartition géographique des espèces dulcicoles en raison de la perte des habitats qui conviennent le mieux aux espèces « indigènes » de l'Arctique et de l'expansion vers le nord d'espèces plus méridionales (Wrona *et al.*, 2006b). D'après des indices relevés par des trappeurs dans le delta des rivières de la Paix et Athabasca, dans le réseau du Mackenzie, le développement de la végétation aquatique entraînera probablement une plus grande abondance du rat musqué dans les lacs, les étangs et les terres humides des régions septentrionales (Thorpe, 1986). Les répercussions et les changements auxquels on peut s'attendre au sein des espèces marines sont couverts à la section 4.8.

4 RÉPERCUSSIONS SUR LE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUE ET SUR L'ADAPTATION DE SECTEURS CLÉS

4.1 AMÉNAGEMENTS HYDROÉLECTRIQUES

La demande d'électricité augmente dans les trois territoires à cause de l'accroissement de la population et du développement de l'industrie lourde, comme les mines de diamants des Territoires du Nord-Ouest et du Nunavut. Les sources d'énergie renouvelables (soleil, vent, bois et eau chaude souterraine) pourraient aider à répondre à une partie de l'augmentation de la demande, et les agences des gouvernements territoriaux ont affirmé leur engagement vis-à-vis de la mise en valeur accrue de tels approvisionnements. Le Yukon et les Territoires du Nord-Ouest dépendent déjà considérablement de la production hydroélectrique avec sept grands barrages (de plus de 10 m de hauteur) hydroélectriques (Association canadienne des barrages, 2003) auxquels vient s'ajouter toute une gamme d'installations hydroélectriques, souvent privées, de plus petite taille. La poursuite de l'expansion de ces installations hydroélectriques de petite taille continue de faire l'objet de discussions, mais ce sont encore les principales rivières nordiques qui présentent le plus grand intérêt quant à leur potentiel énergétique (Prowse *et al.*, 2004).

L'évolution du climat touchera à la fois la capacité et l'activité des centrales hydroélectriques actuelles et à venir, et la demande d'électricité. Les augmentations prévues de l'écoulement hivernal causées par l'eau de pluie et la fonte de la neige en été entraîneront une baisse du stockage de la neige en hiver. On devra peut-être compenser cette perte de stockage naturel en augmentant la capacité des réservoirs des installations actuelles et à venir. Dans certains sites, on pourra y arriver en augmentant la hauteur du barrage de rétention et, donc, la superficie et le volume de stockage. Aux endroits où le paysage (à cause d'un faible relief, par exemple) ou le mode d'exploitation (dans le cas des centrales au fil de l'eau, par exemple) rend cette solution impossible, il faudra peut-être construire de nouveaux réservoirs ou de nouvelles centrales à d'autres endroits. La perte graduelle de la contribution aux eaux de fonte que représentent l'ablation et le retrait des glaciers devra également être prise en considération à l'avenir lors du calcul de la capacité.

Le changement de l'ampleur des débits et de leur répartition saisonnière exigera de porter une attention accrue à la sécurité des barrages (World Commission on Dams, 2000). Il faudra notamment redéfinir la crue de projet (Inflow Design Flood, ou IDF; volume, pic, durée, forme et rythme), qui correspond à l'heure actuelle à la crue la plus importante pour laquelle sont conçus un barrage et ses installations (Zielinski, 2001). On juge déjà, par exemple, qu'il sera nécessaire de réévaluer les crues de projet des installations de la rivière Snare (Bruce *et al.*, 2000). Les changements dans le régime de la glace de rivière modifieront les risques d'embâcles en aval (Prowse et Beltaos, 2002). Toutefois, une évaluation plus détaillée des risques encourus par les centrales hydroélectriques à cause du changement climatique nécessitera l'élaboration de modèles hydrologiques capables de prédire le débit dans des régions nordiques non équipées de débitmètres (p. ex., Spence *et al.*, 2005).

4.2 PÉTROLE ET GAZ NATUREL

L'industrie pétrolière et gazière implique des activités d'exploration, d'extraction, de production et de livraison. Bien qu'il soit nécessaire de tenir compte des effets de l'évolution du climat sur toutes ces activités, ce sont les activités d'exploration qui sont les plus susceptibles d'être touchées. En 2006, on a mené des activités d'exploration dans la région de la plaine d'Eagle, au Yukon, et dans les régions des collines Cameron, de Fort Liard et du delta du Mackenzie, dans les Territoires du Nord-Ouest. Certaines des réserves les plus importantes se trouvent dans l'archipel Arctique canadien (p. ex., Drummond, 2006), et la diminution projetée de la couverture de glace de mer pourrait faire de cette région le siège d'activités d'exploration importantes.

La fonte du pergélisol et les changements qui surviendront dans la couverture nivale rendront nécessaires l'utilisation de véhicules à faible impact et la réorganisation du calendrier des activités d'exploration. La difficulté de prévoir le temps en hiver et l'état précaire du réseau de routes de glace feront en sorte qu'il faudra faire preuve de plus de flexibilité dans l'établissement du calendrier des activités d'exploration et d'extraction. Toutefois, c'est peut-être dans l'utilisation de bassins souterrains pour le stockage des résidus de forage que l'impact de l'évolution du climat sur les activités d'exploration se fera le plus sentir. L'utilisation de tels bassins exige la présence de pergélisol pour empêcher le mouvement souterrain des résidus (French, 1980; Dyke 2001). La hausse de la température du sol, que peuvent entraîner l'élévation des températures ambiantes et les changements dans l'épaisseur de la couverture nivale (Jenkins *et al.*, 2005), accroîtra le risque de transport des contaminants. Il faudra peut-être utiliser d'autres techniques de traitement des résidus de forage, comme des bassins à distance, des installations de traitement centralisées, l'injection des résidus ou leur transport en dehors des territoires (p. ex., Environmental Studies Research Funds, 2004), pour s'adapter au changement climatique.

Les activités de forage liées à l'exploration extracôtière, comme celles récemment réalisées par Devon Canada Corporation dans la mer de Beaufort, seront touchées par l'amenuisement de la couche de glace. Il faudra peut-être transformer les plates-formes de forage afin de les rendre plus résistantes aux vagues et aux ondes de tempête. Un moyen d'adaptation possible serait d'utiliser davantage de bateaux de forage (Croasdale, 1993).

Les usines de transformation, qui sont parmi les principales infrastructures de production, doivent maintenir leur intégrité structurelle pendant les multiples décennies que peut durer un projet. La conception des installations de production doit tenir compte des effets du changement climatique sur le pergélisol et, donc, sur la stabilité du sol. Les installations situées sur les lits des rivières ou sur les côtes, comme dans la région du delta du Mackenzie, doivent en outre tenir compte de facteurs comme la rupture de la glace sur les cours d'eau et les inondations causées par les embâcles, l'érosion des côtes et l'élévation du niveau de la mer. Une méthode de limitation des impacts récemment proposée consiste à placer les installations de production sur une barge plutôt que sur la terre.

Le pétrole et le gaz naturel sont acheminés vers les marchés à l'aide de pipelines dont la conception dépend des conditions du milieu et, donc, dans de nombreux cas, du climat. Il n'existe, à l'heure actuelle, dans le Nord, que trois petits pipelines, mais Imperial Oil Resources Ventures Limited Canada (Imperial Oil Resources Ventures Limited, 2004) a soumis, en 2004, dans le cadre du projet gazier du Mackenzie, une demande pour construire un gazoduc refroidi à haute pression de grand diamètre (30 po) afin d'acheminer vers le nord de l'Alberta le gaz naturel de trois champs gaziers du delta du Mackenzie. S'il est approuvé, le projet gazier du Mackenzie sera le développement industriel le plus important de l'Arctique canadien. La construction de pipelines dans les zones de pergélisol doit tenir compte d'un certain nombre de questions géotechniques, comme la modification du régime thermique du sol, du drainage et de la stabilité du sol, autant de conséquences possibles d'un réchauffement du climat survenant pendant la vie utile du projet (*voir* la section 4.4). L'expérience du pipeline de Norman Wells illustre bien la nécessité de surveiller de près la performance du pipeline et de son emprise afin de déterminer si des travaux doivent être réalisés pour maintenir l'intégrité du pipeline et en réduire au minimum les effets sur l'environnement (p. ex., Agra Earth and Environmental Limited et Nixon Geotech, 1999; Nixon et Burgess, 1999; Oswell, 2002). Il pourrait être nécessaire de faire des adaptations, comme l'ajout d'isolant ou l'utilisation de thermosiphons, pour refroidir artificiellement le pipeline, surtout sur les pentes sensibles.

4.3 MINES

À l'heure actuelle, les territoires nordiques comptent trois mines importantes en exploitation : deux mines de diamants dans les Territoires du Nord-Ouest et une autre au Nunavut. D'autres projets ont récemment été approuvés dans les trois territoires, ou en sont à un stade avancé de l'évaluation environnementale et du processus réglementaire. De plus, le développement de réseaux intégrés de transport terrestre et maritime en réaction à la diminution de la glace de mer stimulera probablement l'exploration et l'exploitation minières (*voir* l'étude de cas 1). Les principaux minéraux présents sont les diamants, l'or, le tungstène, l'argent, le plomb, le fer, le cuivre, le zinc, le nickel, le charbon, le tantalum, le niobium, le lithium, le cobalt, le bismuth, l'uranium, le beryllium et le baryum.

Le ravitaillement des mines est généralement limité aux périodes hivernales et dépend de la disponibilité de routes de glace, alors que les activités d'exploration sont d'habitude restreintes à de courtes périodes estivales et dépendent de la disponibilité d'un accès aérien. Il faudrait tenir compte du changement climatique dans la conception, au cours de l'exploitation et durant la fermeture et l'abandon des mines; il s'agit là, en fait, d'un processus de planification appelé « conception en fonction de la fermeture » (Milburn et Brodie, 2003). En ce qui a trait à l'accès aux mines, la réduction appréhendée de la disponibilité des routes de glace pose un problème particulier qui pourrait obliger à construire des routes permanentes ou des systèmes de transport par eau (*voir* la section 4.5.2). L'impact du changement climatique sur le pergélisol et sur la stabilité du sol pose lui aussi problème (*voir* la section 4.4). La stabilité des haldes de stériles, des tas de rebuts et des bassins de confinement des résidus dépend souvent de la continuité du gel, qui empêche le rejet des contaminants et des produits de lixiviation (ou drainage rocheux acide) dans l'environnement (Mine Environmental Neutral Drainage Program, 1997).

4.4 INFRASTRUCTURES

Le pergélisol et la glace qu'il contient constituent un défi pour la conception, la construction et l'exploitation des infrastructures dans le Nord canadien (p. ex., Smith *et al.*, 2001a; Couture *et al.*, 2003) et dans toute la région circumpolaire (Instanes *et al.*, 2005). Bien que le sol gelé puisse fournir une assise solide aux infrastructures, le dégel du pergélisol se solde par une perte de solidité, du tassement et de l'instabilité. Le retrait de la végétation ou de la couverture organique servant d'isolant et les autres perturbations de la surface du sol qui accompagnent normalement la construction peuvent considérablement modifier le régime thermique du sol et entraîner le réchauffement et le dégel du pergélisol. La chaleur générée par les structures elles-mêmes (p. ex., les bâtiments chauffés et les canalisations souterraines d'eau, d'égouts ou d'hydrocarbures) peut ajouter au réchauffement. Dans les grandes structures, en particulier les structures linéaires, comme les pistes, les routes et les pipelines, qui couvrent de longues distances, les problèmes sont liés au tassement différentiel causé par les variations spatiales des caractéristiques du sol et de la teneur en glace, et par l'instabilité des pentes qui résulte du dégel du pergélisol.

Le réchauffement du climat présente un obstacle additionnel au développement et à la conception des infrastructures dans le Nord. À court terme (années), les effets de la perturbation du sol et de la construction seront beaucoup plus importants que ceux du réchauffement. Les effets d'un climat en évolution croissent avec l'échelle temporelle (décennies). Par exemple, la surveillance du pergélisol le long du couloir du pipeline de Norman Wells montre que l'effet du climat est très largement masqué par celui de la perturbation de la surface du sol causée par le défrichage de l'emprise (Burgess et Smith, 2003). C'était particulièrement le cas durant les cinq à dix années suivant la perturbation, quand le pergélisol réagissait à un réchauffement subit de la surface du sol de 2 à 4 °C et qu'une augmentation importante de la profondeur du dégel s'est produite. Par contre, les changements des régimes thermiques du sol associés au climat se font beaucoup plus lentement, car il faut plusieurs décennies pour que la surface du sol se réchauffe de 2 à 4 °C.

Le manque de précautions adéquates dans la conception technique des infrastructures en régions de pergélisol peut avoir des conséquences graves. C'est ce qui s'est produit au Yukon, dans les années 1890, quand on a construit la ville de Dawson sans tenir compte de la présence sous-jacente de sédiments alluvionnaires riches en glace (Hughes, 1989). Le dégel subséquent de la glace de sol et les tassements qu'il a entraînés ont endommagé des bâtiments, dont bon nombre sont devenus inhabitables, et ont rendu plusieurs routes impraticables. Jusqu'au milieu du XX^e siècle, on tenait peu compte de la présence de pergélisol. Cependant, les méthodes d'ingénierie actuelles ont pour objectif de réduire au minimum la perturbation du terrain et les effets sur les structures. De façon générale, on évite les sols sensibles au dégel et on conçoit les infrastructures de manière à préserver le pergélisol, à limiter le tassement et à composer avec ce dernier aux endroits où il se produit.

Auparavant, la conception technique ne tenait pas compte du réchauffement du climat, même pour des projets de grande envergure comme le pipeline de Norman Wells, dont la conception date du début des années 1980. Cependant, on reconnaît de plus en plus que le réchauffement climatique joue un rôle crucial au cours

ÉTUDE DE CAS 1

Perspectives de croissance du secteur minier et du secteur des transports

La réduction de la durée et de la superficie de la couverture de glace de mer causée par un climat en évolution ouvre de nouvelles perspectives pour le transport maritime dans l'Arctique canadien (*voir l'étude de cas 2*). Ces perspectives contribueront, pour leur part, à un accroissement de la compétitivité du développement actuel et prévu des ressources. L'expansion récente de projets importants de développement des gisements d'or, de métaux communs et de diamants dans la province géologique des Esclaves, qui chevauche les Territoires-du-Nord-Ouest et le Nunavut, de concert avec l'allongement prévu de la saison de navigation, rend beaucoup plus intéressante, sur le plan économique, la construction d'un port en eau profonde sur la côte nord du Canada. Idéalement, un tel port sera desservi par un réseau de routes permanentes qui le reliera aux sites miniers de l'intérieur.

Un projet actuellement à l'étude prévoit la construction, à l'extrême sud de l'inlet Bathurst, au Nunavut, d'un port capable de recevoir des bateaux de 50 000 tonneaux et des barges de plus petite taille pour desservir les collectivités de l'ouest du Nunavut (Kitikmeot; *voir la figure 14*; Kunuk et Stevens, 2003). Ce port serait desservi par 211 km de routes permanentes en gravier reliant Bathurst à Contwoyo (voir la figure 14). Les retombées économiques d'activités minières de ce type pourraient être substantielles (Kunuk et Stevens, 2003). De plus, il est probable que la construction du port et des infrastructures routières entraînera un développement additionnel des gisements connus le long des voies de transport, attirera de nouvelles activités d'exploration et permettra de relier les collectivités du Nunavut à un système amélioré de transport maritime de l'océan Arctique.

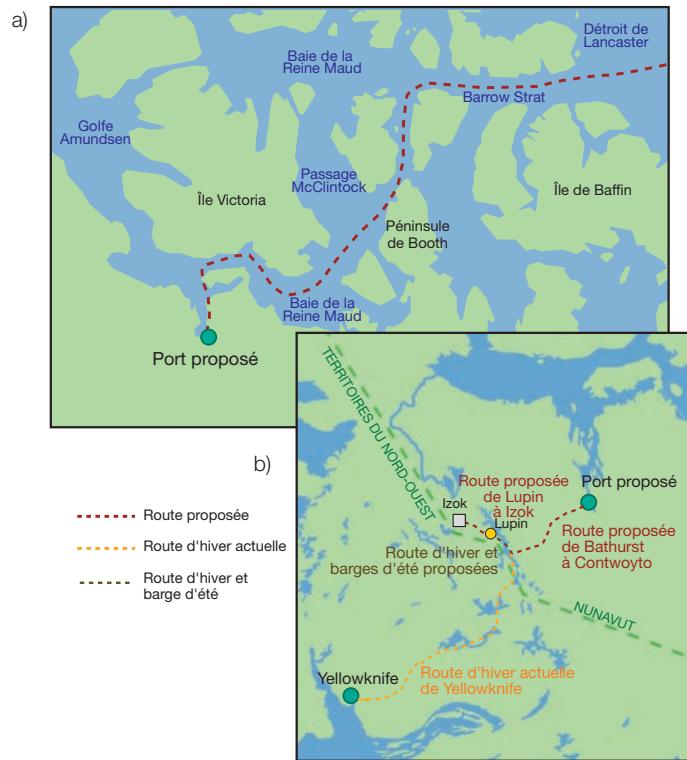


FIGURE 14 : Réseau de transport maritime et terrestre proposé dans le nord du Canada comprenant a) une route maritime vers un nouveau port dans l'inlet Bathurst et la date moyenne à laquelle la rupture des glaces a lieu; b) un réseau routier reliant le port aux emplacements du Nunavut où l'on procède à la mise en valeur des ressources (Bathurst Inlet Port and Road Joint Venture Ltd., 2003, 2007).

de toute la vie utile des grands projets d'infrastructure du Nord canadien, et on en tient compte dans la conception technique et dans les évaluations de l'impact environnemental de tels projets depuis la fin des années 1990. On a élaboré un outil d'évaluation fondé sur le risque qui permet de prendre en considération le changement climatique dans la conception technique des installations et de mesurer le niveau d'analyse nécessaire pour une installation donnée (Environnement Canada, 1998). L'analyse des conséquences d'une défaillance constitue un élément essentiel du processus d'évaluation. Ainsi, plus les conséquences possibles sont grandes (comme dans le cas d'une installation de confinement des déchets), plus l'analyse sera détaillée.

La conception de projets importants récents, comme les structures de rétention de l'eau ou de confinement des résidus miniers, les grands bâtiments et les infrastructures linéaires (pipelines et routes), tient compte du changement climatique. En fait, le processus canadien d'évaluation environnementale exige qu'on en tienne compte (p. ex., Lee, 2000; Comité fédéral-provincial-territorial sur le changement climatique et l'évaluation environnementale, 2003). Par exemple, il a été reconnu que le réchauffement pouvait causer problème pendant la vie utile de la mine de diamants Ekati, ouverte en 1998, et on a tenu compte de ses effets possibles dans la conception des barrages à noyau gelé des

parcs à résidus de la mine (EBA Engineering Consultants Ltd., 1995). La conception technique et l'évaluation environnementale d'autres projets miniers récents aux Territoires du Nord-Ouest et au Nunavut, ainsi que du projet de gazoduc du Mackenzie, ont aussi tenu compte du réchauffement. La conception de grands bâtiments récents, comme le Centre de santé régional d'Inuvik, tient compte des effets du réchauffement sur le pergélisol (Hayley, 2004).

Dans le cas des structures construites avant la fin des années 1990, il est possible que le changement climatique soit la cause d'un accroissement de la profondeur du dégel et d'un tassement qui dépassent les prévisions originales, ce qui pourrait entraîner une hausse des coûts d'entretien et des travaux de réfection afin d'assurer l'intégrité de la structure. Les problèmes liés au tassement par dégel sont moins importants lorsque le sol est pauvre en glace, que les structures reposent sur le socle ou qu'elles sont construites sur des fondations profondes ou, dans le cas de structures plus petites, ajustables. Ce sont les structures munies de fondations peu profondes et construites sur des sols sensibles au dégel qui courrent les risques les plus importants. Dans une étude-pilote réalisée à Norman Wells et à Tuktoyaktuk, aux Territoires du Nord-Ouest, on a rassemblé, dans des bases de données numériques, toutes les données géotechniques de forage disponibles et un inventaire des infrastructures et des types de fondations, afin d'identifier les

structures pour lesquelles le réchauffement pourrait causer des problèmes (Couture *et al.*, 2000, 2001; Chartrand *et al.*, 2002). On pourrait préparer des bases de données similaires pour les autres collectivités afin de les aider à planifier l'adaptation des structures existantes au changement climatique et de faciliter la planification de l'aménagement futur des sols.

Les structures les plus problématiques en situation de changement climatique sont celles qui doivent préserver leur intégrité pendant plusieurs décennies ou plusieurs siècles, ou dont la rupture peut avoir des conséquences graves. Les installations de confinement des déchets posent un problème particulier, puisque celles qui datent de plusieurs décennies n'ont pas été construites en fonction des températures actuelles plus clémentes et, de toute évidence, pas pour celles qu'on prévoit dans l'avenir. La rupture des barrages à noyau gelé de parcs à résidus à cause du dégel et du tassement différentiel, ou le dégel de tas de résidus à cause du réchauffement, pourrait entraîner le rejet de contaminants dans l'environnement et, donc, avoir un impact sur les écosystèmes et la santé humaine. Les sites plus anciens devront probablement faire l'objet de mesures correctrices, notamment l'utilisation possible de thermosiphons pour garder le sol gelé ou la modification de la couverture des tas de résidus pour faire en sorte que ces derniers demeurent enfermés dans le pergélisol (p. ex., BGC Engineering Ltd., 2003; Mine Environmental Neutral Drainage Program, 2004). Les nouvelles structures de confinement de la partie sud de la zone de pergélisol continu devront peut-être mettre à contribution les techniques utilisées à l'heure actuelle dans la zone de pergélisol discontinu ou dans les zones sans pergélisol, comme l'utilisation d'un revêtement intérieur imperméable.

L'adaptation des infrastructures nordiques au changement climatique reposera largement sur l'utilisation de techniques déjà en usage pour réduire les effets de la perturbation du sol. Figurent parmi ces techniques l'utilisation de fondations sur pilotis (qu'il faudra peut-être enfoncer plus profondément afin de faire face au réchauffement), l'isolation de la surface (qui pourra nécessiter des couches de gravier plus épaisses), l'enlèvement de la neige (afin de permettre au sol d'atteindre des températures plus basses en hiver), l'installation de fondations ajustables pour les petites structures et l'utilisation accrue de techniques de refroidissement artificiel afin de faire en sorte que le sol reste gelé (Couture *et al.*, 2003). On pourra également avoir recours à des techniques récentes, telles que les levées à convection d'air (Goering, 1998, 2003). Aux endroits où le pergélisol est mince, on pourra excaver la terre riche en glace et la remplacer par un matériau stable ou la faire dégeler intentionnellement en retirant la végétation et en retardant la construction de plusieurs années, jusqu'à ce que le pergélisol se soit complètement dégradé et que le terrain se soit stabilisé (*voir* Brown, 1970).

Enfin, les mesures d'adaptation adoptées devront comprendre des activités de surveillance afin : 1) d'évaluer la performance des infrastructures; 2) de déterminer si les changements dans l'état du pergélisol correspondent bien aux prévisions; et 3) de décider s'il y a lieu de mettre en place d'autres actions d'adaptation.

4.5 TRANSPORTS

4.5.1 Trafic maritime

Les multiples types de glace de mer et de glace de glacier présents dans les milieux marins de l'Arctique font courir aux transporteurs des risques particuliers qui viennent s'ajouter aux risques habituels associés aux ondes de tempête et aux hauts-fonds. De son côté, le transport maritime présente des risques potentiels pour l'environnement arctique, comme la possibilité de déversements de carburant ou de marchandises, la perturbation de la faune par la présence des bateaux et par le bruit sous-marin et aérien, et la déstabilisation de la glace fixe, qui peut nuire au déplacement des animaux et des humains. L'Arctique canadien compte trois routes de circulation maritime : vers le port de Churchill et les autres collectivités de la baie d'Hudson, en passant par le détroit d'Hudson; vers la mer de Beaufort, en passant par le détroit de Béring ou le fleuve Mackenzie; à travers l'archipel Arctique, par le passage du Nord-Ouest. Celui-ci relie la baie de Baffin à la mer de Beaufort en passant par le détroit de Lancaster et un certain nombre d'autres voies de navigation (*voir* la figure 15 et l'étude de cas 2), dont :

- la route du détroit du Vicomte de Melville et du détroit de McClure, qui est la plus engorgée par les glaces;
- la route du détroit du Vicomte de Melville et du détroit du Prince-de-Galles, qui est à peine moins difficile, mais serait la route de choix pour les navires à grand tirant d'eau; il s'agit de la route qu'ont empruntée le SS *Manhattan* et l'USCGC *Polar Star*;
- la route passant par l'inlet Prince-Régent, le détroit de Larsen, le détroit de Victoria et la baie du Couronnement, qui est la plus fréquentée par les brise-glaces de la Garde côtière canadienne, les bateaux commerciaux et les bateaux plus petits, même si elle comprend un passage assez étroit et difficile à travers le détroit de Bellot et que les eaux y sont généralement moins profondes; si l'inlet Prince-Régent est obstrué par les glaces, il est possible de rejoindre le détroit de Larsen en passant par le détroit de Pell; dans le cas de ces deux routes, les glaces les plus difficiles à franchir sont habituellement celles du détroit de Victoria.

Une autre route à travers l'archipel arctique, qui n'est cependant pas considérée comme faisant partie du passage du Nord-Ouest, passe par le détroit d'Hudson, le bassin Foxe, le golfe de Boothia et le détroit de Bellot vers le détroit de Larsen. Même si les forts courants de marée peuvent y présenter des difficultés de navigation dans le détroit de Fury et Hecla, les moindres quantités de glace du bassin Foxe et la plus courte distance de navigation entre le centre de l'Arctique et les régions situées plus au sud en font depuis quelques années une route intéressante (J. Falkingham, Environnement Canada, communication personnelle, 20 mars 2007).

Les bras de mer de l'Arctique sont empruntés pour le ravitaillement des populations, l'exportation des matières premières et des voyages scientifiques, des excursions touristiques ou des voyages visant à réaffirmer la souveraineté sur le territoire. Le ravitaillement des populations est la source du trafic le plus prévisible. Des navires de

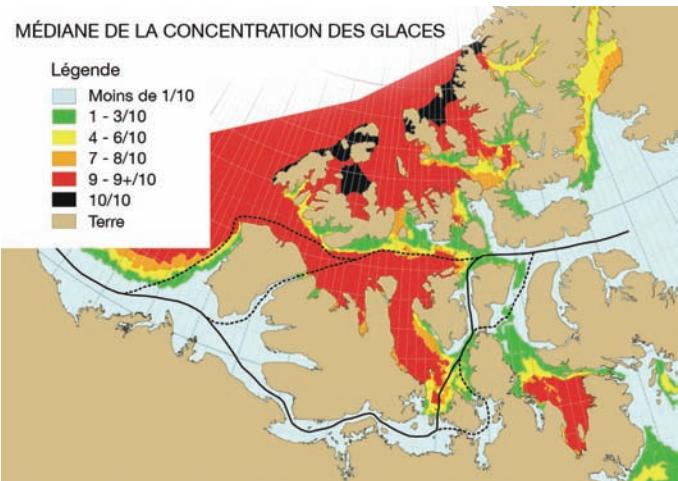


FIGURE 15 : Principales routes du passage du Nord-Ouest, superposées à la carte de la concentration médiane des glaces au 3 septembre (de 1971 à 2000). La couleur sert à identifier les concentrations de la glace, en dixièmes (gracieuseté de H. Melling, Pêches et Océans Canada).

haute mer assurent généralement le transport maritime dans l'Est, alors que les remorqueurs et les barges sont mieux adaptés aux eaux peu profondes de l'ouest de l'Arctique canadien. Les matières premières sont exportées à l'occasion depuis 25 ans. Bien que cette activité soit, à l'heure actuelle, abandonnée, on prévoit qu'au moins deux mines de minerai de fer à haute teneur pourraient commencer à produire et exporter du concentré d'ici quelques années. Le nombre d'expéditions scientifiques dans l'Arctique a augmenté de façon spectaculaire depuis 1990. Elles utilisent souvent des brise-glaces de la Garde côtière canadienne (GCC) qui, en même temps, remplissent d'autres rôles, comme l'aide à la navigation et l'affirmation d'une présence canadienne permanente. En 2004, dans le cadre du réseau ArcticNet de centres d'excellences (ArcticNet, 2007), on a équipé le NGCC *Amundsen* pour la recherche sur les effets du changement climatique dans les régions côtières de l'Arctique canadien. Ce navire emprunte maintenant le passage du Nord-Ouest de façon régulière. Les voyages touristiques dans le passage sont également de plus en plus courants. Si le transport commercial international constitue un autre usage possible de ces bras de mer, les voyages du pétrolier *Manhattan*, en 1969 et 1970, ont mis en lumière les défis que représentent la sécurité, la rentabilité et la prévisibilité du transport commercial dans le passage du Nord-Ouest.

L'Arctique canadien n'a jamais fait l'objet d'un trafic maritime à longueur d'année, et on pense qu'il en sera ainsi pendant les prochaines décennies (Wilson *et al.*, 2004). À l'heure actuelle, les activités de ravitaillement débutent en juillet et se terminent en octobre. Même durant cette période, elles nécessitent souvent l'intervention des brise-glaces de la Garde côtière canadienne. Le transport maritime est plus difficile en hiver qu'en été parce que la glace d'hiver est plus froide, donc plus solide, que la glace d'été. En hiver, la glace est également consolidée d'une rive à l'autre, sans fracture (chenal) pouvant simplifier le passage des bateaux. De plus, l'obscurité presque totale et le froid intense rendent la navigation

hivernale extrêmement dangereuse. La glace pluriannuelle, qui ne ramollit pas beaucoup en été, représente en tout temps un danger sérieux pour les bateaux. Lorsqu'elle est fortement concentrée, seuls les brise-glaces les plus puissants peuvent espérer s'y frayer un passage, même en été. En hiver, elle est tout simplement impénétrable.

L'effet le plus évident de l'évolution du climat sur le transport maritime dans l'Arctique sera un allongement de la saison de navigation estivale, et on évalue que la durée des glaces sera raccourcie de 10 jours en 2020 et de 20 à 30 jours d'ici à 2080 (*voir le tableau 8*; Loeng *et al.*, 2005), mais on ne pense toutefois pas qu'il y ait un jour un hiver sans glace dans l'Arctique. Bien que l'allongement de la saison de navigation semble bénéfique, les conditions de la glace dans toutes les régions de l'Arctique canadien varient fortement d'une année à l'autre, et on ne croit pas que cela changera.

Les tendances futures de l'environnement de glace de mer dans le nord du Canada seront probablement différentes de celles de l'Arctique dans son entier, présentées à la section 3.1. La présence persistante et préférentielle de la glace pluriannuelle dans la partie canadienne de l'Arctique (Rigor et Wallace, 2004) représentera probablement un défi pour le transport maritime nordique pendant encore plusieurs décennies au moins. À l'heure actuelle, la plus grande partie de la couverture de glace de l'archipel Arctique canadien est consolidée pendant dix mois par année, et elle dérive lentement de l'océan Arctique vers le passage du Nord-Ouest, au sud (Melling, 2002). L'allongement de la saison de dégel entraînera celui de la période de fragilité de la banquise, ce qui fera accélérer le déplacement de la glace pluriannuelle de l'océan Arctique vers le passage du Nord-Ouest, en passant par l'archipel Arctique. À cause de ce déplacement, le transport maritime dans le passage du Nord-Ouest restera au moins aussi dangereux qu'aujourd'hui, tant qu'il y aura un apport de glace en provenance de l'océan Arctique.

La baie d'Hudson et la mer de Beaufort, en raison de leurs régimes de glaces très différents, connaîtront probablement une augmentation des passages de grands bâtiments. L'allongement de la saison de navigation estivale encouragera probablement le transport par le port de Churchill, dans la baie d'Hudson, l'exploration pétrolière extracôtière dans la mer de Beaufort, ainsi que le transport des hydrocarbures par de grands bâtiments vers l'ouest et à travers le détroit de Béring. L'augmentation du déplacement causé par les vents fera croître, pour le trafic par barges, les infrastructures côtières et les petits bateaux utilisés par les résidents du Nord, les risques associés aux vagues et aux ondes de tempête. L'augmentation du trafic maritime et de certains dangers accroîtra les besoins :

- de cartes nautiques à jour;
- de prévisions météorologiques maritimes, y compris sur les vagues et les ondes de tempête;
- de surveillance des glaces et de prévision de leur mouvement;
- de services de brise-glaces et de capacités de recherche et de sauvetage;
- de surveillance et de contrôle du trafic maritime;
- d'installations côtières pour le ravitaillement en carburant et le chargement des marchandises;

ÉTUDE DE CAS 2

L'avenir du passage du Nord-Ouest

Le passage du Nord-Ouest est une série de sept grandes voies de passage entre les îles de l'archipel Arctique canadien (*voir la figure 15*). Depuis 20 ans, son avenir fait l'objet de nombreux débats, surtout parce qu'on prévoit qu'il sera éventuellement moins encombré par les glaces qu'aujourd'hui. Depuis longtemps, la glace de mer pluriannuelle entre dans l'archipel par les petits chenaux situés le long du flanc nord-ouest des îles de la Reine-Élisabeth et se développe sur place, dans le détroit du Vice-comte de Melville, pour être ensuite transportée vers l'est et vers l'ouest (*voir la figure 15*; Melling, 2002). Dans les années de forte glace, la banquise pluriannuelle s'étend, vers le sud, jusqu'à la péninsule de Tuktoyaktuk.

Le fait que le passage du Nord-Ouest soit libre de glace présenterait un avantage économique considérable pour les compagnies de transport maritime, puisqu'elles pourraient ainsi éviter de passer par le canal de Panama et donc raccourcir d'environ 7 000 km le voyage entre Tokyo et Londres. Il ouvrirait aussi la voie à des navires qui dépassent les dimensions maximales des systèmes de canaux et qui doivent, par exemple, passer par le cap Horn. La possibilité de faire passer même des superpétroliers a été démontrée en 1969, lorsque le SS *Manhattan* (modifié de manière à pouvoir briser les glaces) a réussi à relier les champs pétroliers de Prudhoe Bay et la côte est des États-Unis. Un autre avantage du passage du Nord-Ouest est qu'il est moins touché par les tempêtes que les routes de transport du Pacifique, comme l'a démontré, en 1999, le remorquage d'une cale sèche d'ouest en est par cette voie, de Vladivostok, en Russie, jusqu'aux Bermudes (Huebert, 2001).

Une autre possibilité de passage à travers l'Arctique, la route côtière du Nord, au large de l'Eurasie, devrait être ouverte avant le passage du Nord-Ouest puisque ce qui reste de sa banquise a tendance à se déplacer vers l'Amérique du Nord. De plus, en raison de la grande variabilité des conditions de la glace, la circulation par le passage du Nord-Ouest restera dangereuse même pendant les étés les plus chauds. Il se peut que ces dangers contribuent à réduire l'intérêt que présente le passage du Nord-Ouest pour le transport commercial (p. ex., Griffiths, 2003).

Même si les différends internationaux sur les revendications territoriales du Canada dans les terres et les îles de l'archipel Arctique se sont pour la plupart réglés dans les années 1930, le passage du Nord-Ouest fait toujours l'objet de discussions internationales. Les deux vues divergentes sont les suivantes : 1) le passage du Nord-Ouest fait partie des « eaux intérieures historiques » du Canada puisqu'il se trouve à l'intérieur des lignes de base droites de l'archipel, conférant ainsi au Canada l'autorité d'agir librement en ce qui a trait à la mise en place de contrôles et de conditions visant ses intérêts en matière de sécurité, d'environnement et de populations invitées, et 2) le passage du Nord-Ouest est un détroit international qui traverse les eaux territoriales canadiennes et, donc, le droit d'imposer des règlements est sujet à certaines restrictions. Comme l'a rappelé Pharand (2007), le Canada a exercé son autorité sur le transport maritime dans le passage en adoptant un régime portant sur le transport arctique qui comporte plusieurs lois et règlements (18 dans le cas des bateaux à passagers), y compris la plus ancienne de ces lois, soit la *Loi sur la prévention de la pollution des eaux arctiques* de 1970. Le Canada a dirigé les

efforts en vue d'inclure l'Article 234, à savoir l'*« exception arctique »*, dans la Convention des Nations Unies sur le droit de la mer de 1982. Cette exception permet aux états côtiers d'imposer des lois contre la pollution marine jusqu'à 200 milles marins des côtes quand la présence de glace pendant presque toute l'année rend la navigation dangereuse (Charron, 2005; Barber *et al.*, 2006) et rend ainsi légitime l'autorité du Canada de faire respecter un régime antipollution très sévère. Au fil de l'évolution du droit international, le Canada a également modifié une de ses lois afin d'étendre la définition des eaux territoriales (et donc les droits côtiers de l'État) de 3 à 12 milles marins (Killaby, 2006). Ce détail revêt une importance particulière, puisque le point le plus étroit du passage du Nord-Ouest a moins de 24 milles marins de largeur (*voir aussi Barber et al.*, 2006).

Tant que les glaces rendront la navigation commerciale dangereuse et peu intéressante, aucun pays n'aura d'intérêt à contester la position du Canada. Toutefois, il se peut que l'évolution du climat et les modifications qu'elle causera aux régimes de la glace de mer fassent augmenter les pressions visant à désigner le passage du Nord-Ouest comme un détroit international. L'augmentation du trafic maritime dans le passage du Nord-Ouest imposera vraisemblablement au Canada et aux habitants du Nord toute une série de problèmes additionnels qu'ils devront surmonter, comme l'utilisation des côtes septentrionales pour des activités illégales (la contrebande, par exemple), la propagation d'espèces et de maladies exotiques et l'augmentation du nombre d'accidents maritimes et, donc, des risques de pollution (p. ex., Kelmelis *et al.*, 2005). On pourra pallier ces problèmes par une surveillance policière accrue de l'Arctique et par une intensification de l'application des normes et des règlements sur l'environnement, ce qui, selon certains, contribuerait à renforcer les revendications du Canada quant à sa souveraineté sur le passage du Nord-Ouest (p. ex., Huebert, 2003; Charron, 2005; Barber *et al.*, 2006). La perte de superficie de la glace de mer et l'augmentation du trafic maritime auraient des effets néfastes importants sur le mode de vie traditionnel des habitants du Nord, mais elles leur permettraient aussi de diversifier leur économie en offrant des services liés au transport maritime. Certains croient que quelques collectivités, comme Tuktoyaktuk et Iqaluit, pourraient devenir d'importantes escales (Huebert, 2001), ce qui entraînerait pour elles des transformations socio-économiques considérables.



TABLEAU 8 : Sommaire de l'évolution projetée des conditions océaniques (Loeng *et al.*, 2005).

	2020	2050	2080
Glace de mer			
Durée	Raccourcie de 10 jours	Raccourcie de 15 à 20 jours	Raccourcie de 20 à 30 jours
Étendue hivernale	Réduction de 6 p. 100 à 10 p. 100	Réduction de 15 p. 100 à 20 p. 100	Étendues libres de glace probables dans l'Extrême-Arctique (mer de Barents et peut-être bassin de Nansen)
Étendue estivale	Plates-formes probablement libres de glace	Réduction de 30 p. 100 à 50 p. 100 par rapport à aujourd'hui	Réduction de 50 p. 100 à 100 p. 100 par rapport à aujourd'hui
Exportation vers l'Atlantique Nord	Aucun changement	Début de la réduction	Fortement réduite
Type	Légère réduction de la glace pluriannuelle, surtout sur les plates-formes	Importante réduction de la glace pluriannuelle, disparue des plates-formes	Glace pluriannuelle rare ou complètement disparue
Glace de rive			
Type	Amincissement possible et recul dans les régions du sud	Amincissement probable et recul plus marqué dans les régions sud	Possibilité d'amincissement et de réduction de l'étendue dans toutes les zones marines de l'Arctique

- de navires conçus pour la glace capables de répondre aux nouvelles conditions de la mer et aux nouvelles cargaisons transportées (p. ex., bateaux, remorqueurs, pétroliers et vraquiers);
- d'équipes spécialisées dans le travail en milieu arctique.

On s'attend aussi à ce que le changement climatique transforme la nature des risques associés au trafic maritime dans de nombreuses régions de l'Arctique. Plutôt que d'avoir à affronter une vaste banquise, ce qui exige l'aide d'un brise-glace, les navires bénéficieront à l'avenir de meilleures conditions de navigation, marquées par de fréquents épisodes de poussée des glaces dans des détroits encombrés, par de faibles concentrations de glace pluriannuelle difficiles à détecter et par une variabilité extrême des conditions d'une année à l'autre. Les brise-glaces auront donc autant, sinon plus, de travail à accomplir afin de venir en aide à un transport maritime accru et couvrant un plus grand territoire.

4.5.2 Transport en eau douce

De par le passé, le transport en eaux libres sur les rivières et les lacs représentait le principal moyen d'acheminer les marchandises aux collectivités nordiques. On utilisait, par exemple, le bras principal et les principaux affluents des réseaux hydrographiques du Yukon et du Mackenzie. Le Mackenzie est encore un important système de transport en eau douce. Les marchandises (du carburant en vrac, de l'équipement et des marchandises diverses) proviennent du terminal ferroviaire de Hay River et sont transportées par des bateaux tirés par des remorqueurs jusqu'à Tuktoyaktuk, en passant par le Grand lac des Esclaves et différentes localités riveraines. À leur arrivée, les bateaux sont dételés et transportés par des remorqueurs de haute mer aussi loin vers l'est que Taloyoak, dans la péninsule de Boothia, et vers l'ouest, jusqu'à Barrow, en Alaska.

Le réchauffement du climat entraînera un allongement de la période pendant laquelle le fleuve est libre de glace, ce qui permettra aux bateaux de circuler sur le Mackenzie pendant plus longtemps que les quatre mois actuels (de la mi-juin à la mi-octobre). Lonergan *et al.* (1993), par exemple, ont prévu qu'une réduction de six à neuf semaines de la saison des glaces pourrait entraîner une augmentation de 50 p. 100 du transport par bateaux sur le Mackenzie. Toutefois, ceci n'est rien comparé à la croissance de 600 p. 100 du transport prévu pour les prochaines années à cause du projet gazier du Mackenzie, dans la région du delta (*voir la section 4.2*; Neudorf, 2005). Ces prévisions ne tiennent cependant pas compte du fait que les changements de débit liés au climat (*voir Kerr, 1997; Blanken *et al.*, 2000; Rouse *et al.*, 2003*) pourraient avoir un effet sur l'utilisation de bateaux à fond plat dans un réseau fluvial aux eaux déjà peu profondes, surtout à la fin de l'été, lorsque le niveau du lac et le débit du fleuve sont les plus faibles. La régularisation du débit en amont, un autre facteur agissant sur les faibles débits, a contribué, au cours des 50 dernières années, à rendre de plus en plus difficile la navigation sur le fleuve (p. ex., Gibson *et al.*, 2006).

Le dragage de certaines portions de la voie de navigation constitue peut-être une solution locale et à court terme au problème de la baisse du niveau de l'eau, mais il est peu probable qu'il s'agisse d'une mesure utilisable à long terme, la morphologie du lit du Mackenzie et des autres réseaux fluviaux du Nord se caractérisant par une transformation rapide (p. ex., Prowse, 2001). On pourrait utiliser la régularisation du débit en amont pour accroître les débits à la fin de l'été, mais cela aurait un effet néfaste sur la production hydroélectrique. La solution la plus évidente serait d'étendre le réseau de routes utilisables en toutes saisons, mais la construction et l'entretien de routes de ce type dans les zones de pergélisol posent d'importants problèmes techniques (*voir la section 4.4*).

4.5.3 Routes d'hiver

Même si la glace des lacs et des rivières a longtemps servi de voie de transport naturelle et que l'ingénierie moderne a permis de mettre au point des techniques de construction et d'expansion de plus en plus perfectionnées pour les routes d'hiver, on ne dispose néanmoins que de peu de documentation scientifique au sujet de l'effet du climat sur ces systèmes. Les renseignements les plus pertinents, même ceux ayant trait au réseau de routes d'hiver principal, ne se retrouvent que dans les rapports préparés par des experts-conseils ou des instances gouvernementales locales, ou encore dans des communiqués de presse. Depuis les années 1950, le réseau de ces routes s'est développé pour former une longue succession de franchissements privés et publics de lacs et de rivières qui permettent de relier les populations du Nord aux réseaux de routes utilisables en toutes saisons. Des routes et des ponts de glace construits et entretenus chaque hiver fournissent un moyen relativement peu coûteux de ravitailler les collectivités et les industries du Nord. Le secteur minier, en rapide expansion, dépend de routes de glace pour le transport de l'équipement lourd, des matériaux et du carburant essentiels à ses activités le reste de l'année. En outre, ces routes créent un réseau d'importance cruciale qui rend possibles le contact entre les collectivités et la poursuite des activités sociales et culturelles tout au long des mois d'hiver.

Les voies de transport sur glace sont peu nombreuses au Yukon (p. ex., le pont de glace de Dawson City, les chemins d'accès miniers et, parfois, une route de glace vers Old Crow); les principaux réseaux de routes de glace se trouvent en effet dans les Territoires-du-Nord-Ouest et au Nunavut. Le Nunavut ne possède d'ailleurs aucune grande route utilisable en toutes saisons. On trouve également d'importants réseaux de routes d'hiver dans les régions septentrionales de plusieurs provinces (*voir* les chapitres 6 et 7). La route d'hiver la plus longue, la « Tibbitt to Contwoyto Window Road » ou TCWR, relie Tibbitt à Contwoyto et s'étend sur 600 km, dont 495 km sur des lacs gelés (EBA Engineering Consultants Ltd., 2001). C'est la principale route de ravitaillement pour les mines de

diamants Ekati et Diavik, pour la mine d'or Lupin (inactive à l'heure actuelle), pour les développements miniers de Snap Lake et de Jericho, et pour plusieurs autres projets d'exploration minière. Elle est actuellement exploitée par la « Winter Road Joint Venture », un partenariat privé regroupant BHP Billiton, Diavik Diamond Mines et Echo Bay Mines. Ces compagnies se divisent les coûts selon l'usage qu'elles font de la route, et les autres compagnies paient un certain montant par tonne par kilomètre. La TCWR est normalement utilisée deux mois par année, en février et en mars, et son coût annuel est d'environ 10 millions de dollars. Les camions y rouent jour et nuit, à les convois partent environ toutes les 20 minutes. De 1997 et 2003, la route a permis de faire transiter chaque année 8 000 camions pesant chacun 30 tonnes en moyenne, la capacité augmentant à mesure que la couche de glace s'épaississait. On prévoit que cette route conservera son importance économique pendant plusieurs années (*voir* la figure 16; EBA Engineering Consultants Ltd., 2001).

La principale route de glace du Nord canadien, qui assure en hiver un lien de 150 km entre Inuvik et Tuktoyaktuk, est construite et entretenue par le gouvernement des Territoires du Nord-Ouest. On retrouve aussi, un peu partout dans les territoires nordiques, un grand nombre de petits ponts et routes de glace. Aux Territoires du Nord-Ouest, par exemple, le système routier public double presque de longueur en hiver (environ 1 400 km au total). Les périodes d'utilisation varient selon l'endroit et l'année, mais elles s'étendent normalement de novembre et décembre à mars et avril.

Les méthodes de construction des routes de glace varient selon l'usage des routes; certaines sont réalisées en tandem avec des routes praticables l'hiver sur la terre ferme. Dans les réseaux de routes et de ponts les plus organisés, on améliore la force portante en retirant ou en compactant la neige afin d'en réduire l'effet isolant. On peut également atteindre rapidement l'épaisseur de glace désirée en inondant la surface ou en ayant recours à des techniques de nébulisation semblables à celles utilisées pour produire de la neige. Ces deux méthodes permettent de produire une glace plus épaisse

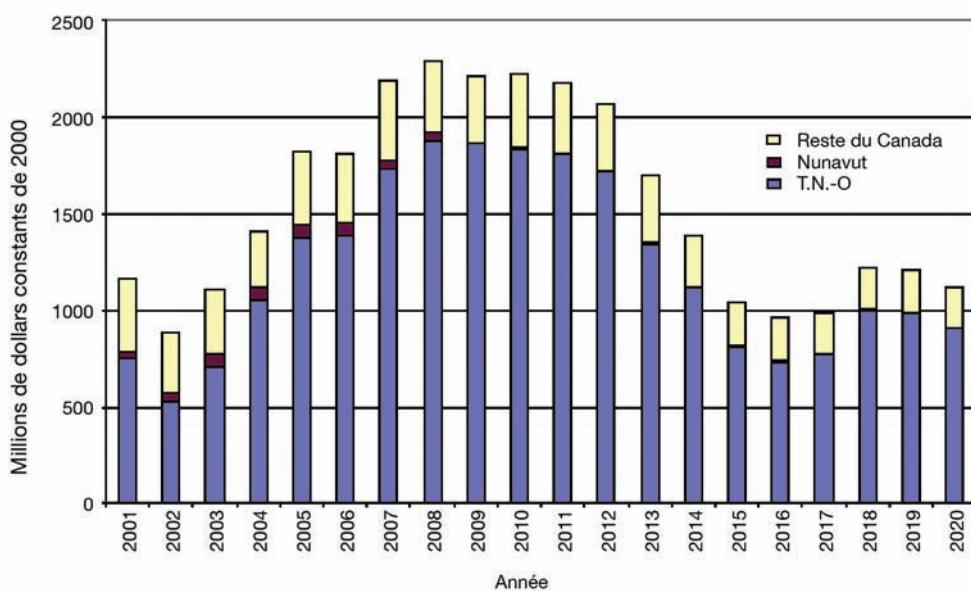


FIGURE 16 : Apport annuel de la route d'hiver de Tibbitt à Contwoyto et des projets connexes au produit intérieur brut des Territoires du Nord-Ouest (T.N.-O.), du Nunavut et du reste du Canada, de 2001 à 2020 (EBA Engineering Consultants Ltd., 2001).



FIGURE 17 : Camion traversant une route de glace en dégel, au passage de Liard Ferry, près de Fort Simpson, sur la rivière Liard, dans les Territoires du Nord-Ouest. (Terry D. Prowse).

que celle qui s'obtient normalement dans un climat donné. Des dégels ponctuels peuvent réduire la praticabilité des surfaces, même lorsque la force portante est élevée (*voir* la figure 17). L'occurrence d'importantes chutes de neige au début de la saison peut retarder considérablement la formation de la glace et le développement de la force portante.

Bien qu'on conserve des données sur les dates d'ouverture et de fermeture des routes et des ponts de glace, aucune analyse des tendances qu'elles révèlent n'a encore été faite. Toutefois, des données d'observation pour la route de glace qui traverse le Mackenzie démontrent que la date moyenne d'ouverture pour les véhicules légers a été retardée de plus de trois semaines depuis 1996, alors qu'elle était restée relativement constante (entre le 8 et le 19 décembre) pendant les 30 années précédentes et même plus (Northern Climate Exchange, 2006). L'amincissement de la glace à cause du réchauffement climatique réduit le poids des convois pouvant circuler en sécurité. Au début, on pourra s'adapter à la situation en modifiant les méthodes de construction des routes de glace (ainsi que déjà mentionné). Aux endroits où la capacité de transport n'est pas encore utilisée au maximum, il sera possible de modifier les horaires de circulation afin de concentrer les convois dans le cœur de l'hiver, quand la glace est la plus épaisse. Il est également possible de transporter de lourds chargements sur la glace à l'aide de ballons. C'est ce qui a été suggéré pour le déplacement de l'équipement pour les champs pétrolifères de l'Alaska et de l'Arctique canadien (*voir* Prentice et Turriff, 2002). Cette combinaison de répercussions conjuguée à la diminution de la durée de la saison des routes de glace et de l'épaisseur de la glace rend plus difficile l'approvisionnement des collectivités nordiques et des sites industriels au cours des mois d'hiver.

Advenant le cas où certaines routes d'hiver deviendraient impraticables, il faudra trouver d'autres voies de transport. Là où existe un réseau de transport en eau libre, on pourra augmenter le nombre de barges. Dans les endroits enclavés, comme ceux desservis à l'heure actuelle par la TCWR, la construction de routes terrestres semble être la seule solution possible pour permettre de transporter chaque année ces énormes quantités de marchandises

(*voir* l'étude de cas 1). La construction et l'entretien de routes permanentes coûtent nettement plus cher que ceux des routes d'hiver. Les coûts varient, mais Dore et Burton (2001) ont mentionné, par exemple, qu'il en coûte 85 000 \$/km pour construire une route utilisable en toutes saisons dans le nord de l'Ontario, somme à laquelle on doit ajouter un montant variant entre 64 000 \$ et 150 000 \$ pour chaque pont à construire.

4.6 FORESTERIE

Des superficies importantes du Yukon (22,79 millions d'hectares) et des Territoires du Nord-Ouest (33,35 millions d'hectares) sont couvertes par la forêt boréale. Ensemble, ces zones représentent environ 13 p. 100 de la couverture forestière totale du Canada. Le bien-être culturel, spirituel et économique de plusieurs Premières nations dépend de la santé de l'écosystème forestier. La récolte d'aliments et l'exercice de pratiques culturelles sont deux utilisations importantes des terres boisées du Yukon et des Territoires du Nord-Ouest. Moins de 30 p. 100 de la couverture forestière du Yukon est composée d'arbres d'une espèce et d'une taille propices à la récolte du bois (Government of Yukon, 2006) et la majorité des forêts de qualité marchande se trouvent au sud du 61^e parallèle. Plus au nord, les forêts du Yukon sont plus touchées par les sols froids, le mauvais drainage et les feux dévastateurs.

Le Yukon se dirige vers une meilleure définition du cadre législatif et une réglementation accrue des pratiques en matière d'activités forestières, notamment l'élaboration d'un projet de loi sur la gestion des ressources forestières (*Yukon Forest Resources Stewardship Act*). Les compétences relatives à la gestion forestière sont partagées par le gouvernement du Yukon, les gouvernements des Premières nations et les conseils des ressources renouvelables. En décembre 2004, on a adopté au Yukon le premier plan de gestion stratégique des forêts, qui s'applique au territoire traditionnel de Champagne et Aishihik (*voir* l'étude de cas 3).

À cause des graves perturbations subies par les forêts du Yukon, l'industrie forestière s'y concentre à l'heure actuelle surtout sur les possibilités de récupération. En 2005, on a émis des permis de coupe pour plus de 300 000 m³ afin de récupérer le bois dans des zones frappées par les incendies record de 2004 (p. ex., Green, 2004). Les incendies de 2004 ont également permis une abondante récolte de champignons, qui sont un produit forestier lucratif pendant les années qui suivent les feux de forêt. En 2006, on a publié une demande de propositions pour la coupe de 1 000 000 m³ afin de récupérer le bois touché par l'infestation de dendroctone de l'épinette dans le territoire traditionnel de Champagne et Aishihik, dans le sud-ouest du Yukon (*voir* l'étude de cas 3). On a estimé qu'en 2004 la coupe du bois a fourni un apport de un million de dollars à l'économie du Yukon; ce montant annuel est appelé à croître en raison des opérations de récupération. Dans les Territoires du Nord-Ouest, en revanche, on a estimé que la contribution des produits forestiers à l'économie en 2004 n'a été que de 70 000 \$ (*voir* le tableau 9).

Les indications de plus en plus nombreuses de la réaction de l'écologie locale au changement climatique récent révèlent à quel point les écosystèmes forestiers nordiques sont sensibles à ce dernier (Parmesan et Yohe, 2003; Juday *et al.*, 2005; Ogden, 2006; Scholze *et al.*, 2006). En effet, on peut déjà constater nombre des effets prévus d'un climat en évolution sur le secteur forestier nordique (*voir* le tableau 10). Il est à peu près certain que les forêts

ÉTUDE DE CAS 3

Jeter les bases de la gestion forestière dans un climat en évolution

On a de plus en plus d'indications que le changement climatique agit sur le territoire traditionnel de Champagne et Aishihik, dans le sud-ouest du Yukon. Au cours des 40 dernières années, on a assisté à une hausse de la température annuelle moyenne et à une réduction du nombre de périodes de froid intense en hiver. Les précipitations estivales moyennes ont également diminué. Ces hivers moins froids et ces étés plus chauds et plus secs ont entraîné, entre autres, une grave prolifération de dendroctone de l'épinette (*Dendroctonus rufipennis*) qui a causé la mort d'un très grand nombre d'épinettes blanches. Cette mortalité a également entraîné une perte de bois marchand et des modifications importantes de l'écologie de la région. La prolifération de dendroctone de l'épinette a également fait augmenter la quantité, l'inflammabilité et l'étendue des combustibles forestiers et, donc, les dangers d'incendie.

La lutte contre le dendroctone de l'épinette constitue l'objectif principal de la gestion forestière et des efforts de planification dans le sud-ouest du Yukon. En novembre 2004, le gouvernement du Yukon et la Première nation de Champagne et Aishihik ont approuvé le premier plan de gestion communautaire de la forêt, qui a comme priorités de gestion et de planification la réduction des dangers d'incendie, la régénération des forêts, les retombées économiques et la conservation de l'habitat faunique. Le plan

comprend également un cadre de gestion adaptative qu'on considère comme une réponse essentielle au changement climatique.

Le Northern Climate Exchange a commencé à examiner les actions de gestion forestière susceptibles de réduire la vulnérabilité à l'évolution du climat des écosystèmes forestiers et des populations et économies qui en dépendent (Ogden, 2006). Ce groupe a organisé un atelier sur les transformations de la forêt boréale, dont les hôtes étaient la Première nation de Champagne et Aishihik et l'Alsek RenewableResource Council (conseil des ressources renouvelables d'Alsek) et qui réunissait des résidents de l'endroit, des organismes gouvernementaux et de gestion, ainsi que des chercheurs. Les résultats de l'atelier ont servi de base à l'élaboration d'un cadre préliminaire de recherche visant à appuyer la prise de décisions en matière de gestion forestière face à l'évolution du climat dans le sud-ouest du Yukon.

La région a été désignée "secteur de projet spécial" par le Programme canadien de forêts modèles, ce qui a permis à la Première nation de Champagne et Aishihik d'accéder à une subvention en vue de réaliser des recherches additionnelles sur la durabilité des collectivités. On demandera à la population son avis sur l'applicabilité des différentes mesures locales de gestion adaptative, on organisera une activité de création de scénarios afin d'examiner l'efficacité des mesures de gestion forestière dans différentes situations climatiques et on incorporera le savoir traditionnel et local au cadre de gestion adaptative.

seront de plus en plus perturbées par des proliférations d'insectes causées par la poursuite du réchauffement (Judson *et al.*, 2005). L'infestation de dendroctone de l'épinette dans le sud-ouest du Yukon, qui a entraîné une mortalité généralisée de l'épinette blanche, est la plus importante et la plus intense des proliférations qui aient touché les arbres du Canada; elle constitue un excellent exemple de la réaction de l'écosystème au réchauffement récent (voir le tableau 11 et la figure 18; voir également l'étude de cas 3; Judson *et al.*, 2005). On prévoit également que le changement climatique entraînera une augmentation de la fréquence, de l'étendue et de la gravité des feux de forêt, contribuant ainsi à une réduction de l'intervalle moyen entre les feux, à une modification de la répartition des classes d'âge en faveur des arbres les plus jeunes, au déclenchement de modifications plus fréquentes des régimes de succession des forêts constituées en prédominance de conifères à celles à prédominance de feuillus et à une diminution de la quantité de carbone emmagasinée dans la forêt boréale (Flannigan *et al.*, 2000; Stocks *et al.*, 2000; Judson *et al.*, 2005; McCoy et Burn, 2005; Johnstone et Chapin, 2006).

Selon l'espèce, le type de site et la région, les températures plus élevées des dernières décennies ont soit accéléré, soit ralenti la croissance des arbres. Dans certaines régions touchées négativement, on a pu déterminer que le stress dû à la sécheresse était le principal coupable. Dans d'autres, le ralentissement demeure inexpliqué (Judson *et al.*, 2005). Le stress dû à la sécheresse entrave aussi le rétablissement des forêts d'épinettes après un incendie dans certaines régions du sud-ouest et du centre-sud du Yukon, régions très vulnérables au changement climatique si les tendances à des

conditions plus sèches se maintiennent (Hogg et Wein, 2005). La plupart des projections indiquent que les conditions climatiques à venir limiteront très probablement la croissance, dans de vastes parties de l'Alaska et, probablement, de l'ouest de la forêt boréale du Canada, des types d'épinettes blanches exploitables commercialement et des types répandus d'épinettes noires (Barber *et al.*, 2000; Hogg et Wein, 2005; Judson et Barber, 2005; Judson *et al.*, 2005). Les changements de la productivité des forêts liés au climat auront probablement des répercussions importantes sur les collectivités qui dépendent de la forêt (Hauer *et al.*, 2001; Davidson *et al.*, 2003).

Les principes et méthodes de gestion durable des forêts incorporent déjà nombre des mesures qu'il faudra prendre pour faire face aux effets du changement climatique (Spittlehouse et Stewart, 2003). Lors d'une enquête menée auprès de spécialistes de la foresterie du Yukon et des Territoires du Nord-Ouest au sujet des effets probables du changement climatique sur la durabilité du secteur forestier et sur les mesures d'adaptation possibles, 71 p. 100 des répondants ont été d'avis que les sept critères de la gestion durable des forêts³ pourraient servir d'objectifs pour l'adaptation du secteur forestier au changement climatique (Ogden et Innes, 2007b). Les trois effets les plus souvent reconnus comme ayant déjà eu une incidence sur la durabilité sont les changements de l'intensité, de la gravité ou de l'étendue des proliférations d'insectes, les changements dans les phénomènes météorologiques extrêmes et les changements de l'intensité, de la gravité ou de l'étendue des feux de forêt (voir le tableau 12; Ogden et Innes, 2007b). Toutefois, plus de la moitié des répondants ont indiqué que les prix des produits de base, la

³ Les critères identifiés en 1995 dans la déclaration de Santiago sont : 1) le maintien de la diversité biologique; 2) la préservation de la capacité de production des écosystèmes forestiers; 3) le maintien de la santé et de la vitalité des écosystèmes forestiers; 4) la conservation et le maintien des ressources pédologiques et hydriques; 5) le maintien de la contribution des forêts aux cycles planétaires du carbone; 6) le maintien et l'accroissement des avantages socio-économiques à long terme pour répondre aux besoins de la société; 7) le cadre juridique, institutionnel et économique pour la conservation et l'aménagement durable des forêts.

TABLEAU 9 : Profil du secteur forestier dans le Nord canadien (Ressources naturelles Canada, 2005).

	Canada	Territoire du Yukon	Territoires du Nord-Ouest	Nunavut
PROFIL				
Population ¹	32 100 000	31 227	42 944	29 6583
Superficie du terrain (ha)	979 100 000	48 490 000	128 120 000	200 600 000
Forêt et autres terres boisées	402 100 000	22 790 000	33 000 000	940 000
Parcs	26 500 000	Non disponible	13 363	Non disponible
RESSOURCES				
Propriété²				
Fédérale	16 p. 100	100 p. 100	100 p. 100	100 p. 100
Provinciale/territoriale	77 p. 100	0 p. 100	0 p. 100	0 p. 100
Privée	7 p. 100	0 p. 100	0 p. 100	0 p. 100
Type de forêts²				
Résineux	66 p. 100	79 p. 100	53 p. 100	52 p. 100
Feuillus	12 p. 100	2 p. 100	47 p. 100	48 p. 100
Mixte	22 p. 100	19 p. 100	0 p. 100	0 p. 100
Récolte potentielle (m ³) ³	238 800 000	238 000	Sans objet	
Récolte (volume) de bois rond industriel (m ³) ³	193 700 000	7 000	6 000	
Récolte (superficie) de bois rond industriel (ha) ³	974 472	44	31	
Superficie plantée (ha) ⁴	427 051	310	112	
Superficie ensemencée (ha) ⁴	18 906	Non disponible	Non disponible	
Superficie défoliée par les insectes et mortalité des arbres attribuable au dendroctone (ha) ³	19 200 000	41 640	Non disponible	
Nombre de feux ²	6634	282	297	
Superficie brûlée (ha) ²	3 300 000	1 800 000	515 621	
Industrie				
Valeur des exportations ²	44 600 000 000 \$	961 842 \$	69 954 \$	
Bois d'œuvre de résineux	24,71 p. 100	1,5 p. 100	1,61 p. 100	
Principaux marchés à l'exportation²				
États-Unis	80 p. 100	100 p. 100	37,38 p. 100	
Union européenne	6 p. 100	0 p. 100	62,62 p. 100	
Japon	5 p. 100	0 p. 100	0 p. 100	

Source : Ressources naturelles Canada (2005); les données fournies proviennent de Statistique Canada.

¹ pour 2005

² pour 2004

³ pour 2003

⁴ pour 2002

TABLEAU 10 : Exemples d'impacts du changement climatique sur le secteur forestier dans le Nord (*extrait modifié tiré de Lemmen et Warren, 2004*).

Impacts biophysiques	Impacts socio-économiques
Changements dans la productivité des forêts	Changements dans la production de bois d'œuvre et de la valeur locative
Augmentation des gaz à effet de serre dans l'atmosphère	Introduction de politiques d'atténuation au moyen de crédits de carbone et de permis qui créent un marché pour le stockage du carbone
Augmentation des perturbations	Perte de produits forestiers et de biens non commerciaux
Déplacement des écozones vers le Nord	Changement de la valeur des terres et des options d'utilisation des terres
Changements du climat et des écosystèmes	Restructuration économique engendrant des tensions sociales et individuelles
Changements dans les écosystèmes et les espèces spécialisées	Changements dans les valeurs non commerciales
Changements dans les écosystèmes	Désintégration des parcs et des réserves naturelles, accroissement des conflits d'utilisation des terres

disponibilité du bois d'œuvre, les politiques commerciales, la réglementation environnementale et la possibilité d'obtenir le capital nécessaire ont actuellement une plus forte incidence négative sur la durabilité que le changement climatique (*voir le tableau 13; Ogden et Innes, 2007b*).

Même s'ils ne pensent pas que le changement climatique constitue le facteur qui a la plus forte incidence sur la durabilité du secteur forestier (Ogden et Innes, 2007b), les experts-forestiers du Nord s'adaptent déjà aux effets d'un climat en évolution, surtout en réaction à l'infestation de dendroctone de l'épinette dans le sud-ouest du Yukon (*voir l'étude de cas 3; Alsek Renewable Resource Council, 2004*). Parmi les mesures proactives d'adaptation possibles figurent la régénération ciblée, la sylviculture ou les stratégies de protection contre les modifications à long terme des régimes de perturbation de la forêt (Ohlson *et al.*, 2005). Une adaptation proactive a plus de chances d'éviter ou de réduire les dommages que des mesures réactionnelles (Easterling *et al.*, 2004). Le tableau 14 examine les avis des spécialistes sur l'importance des moyens d'adaptation (Ogden et Innes, 2007b) susceptibles de pouvoir rencontrer des objectifs de gestion forestière durable. Les

TABLEAU 12 : Proportion des répondants ayant déclaré que les impacts du changement climatique ci-dessous ont eu des effets très importants ou assez importants sur la durabilité du secteur forestier ou des collectivités qui dépendent des forêts dans les territoires du Nord (Ogden et Innes, 2007b).

Impact du changement climatique	Répondants (p. 100)
Intensité, de la gravité ou de l'ordre de grandeur des infestations d'insectes dans les forêts	66
Phénomènes météorologiques exceptionnels	47
Intensité, de la gravité ou de l'ordre de grandeur des feux de forêt	44
Mode de vie	34
Valeur des terres et des options d'utilisation des terres	31
Saison d'utilisation des routes d'hiver	31
Possibilités économiques	25
Bilan du carbone forestier	22
Phénologie	22
Production de bois d'œuvre	22
Abondance, déplacements et aires de répartition des espèces, y compris les espèces envahissantes	19
Type de couvert forestier	19
Croissance et de la productivité des forêts	16
Limite forestière	16
Disponibilité des produits forestiers non ligneux	9

TABLEAU 11 : Effets du changement climatique sur le dendroctone de l'épinette (Judson *et al.*, 2005).

Incidence directe sur les populations d'insectes:	Deux hivers froids consécutifs abaissent le taux de survie des dendroctones de l'épinette
	Avec une température estivale anormalement élevée, les insectes arrivent à terminer leur cycle de vie en un an, ce qui provoque une très forte augmentation de la population
Incidence indirecte sur la résistance des arbres:	Le stress de sécheresse réduit la résistance des arbres aux attaques des dendroctones de l'épinette
La marque caractéristique du réchauffement climatique	Augmentation de la fréquence des proliférations d'insectes
	Élargissement des zones de mortalité des arbres durant les infestations
	Accroissement de l'intensité des attaques d'insectes et, par conséquent, du taux de mortalité des arbres dans les zones infestées

spécialistes ont également identifié les domaines de recherche qu'ils estiment les plus utiles à la prise de décisions, soit les effets du changement climatique sur l'intensité, la gravité et l'étendue des proliférations d'insectes forestiers et des feux de forêt, et les incidences nettes sur la croissance et la productivité des forêts (Ogden et Innes, 2007b).

TABLEAU 13 : Proportion des répondants qui estiment que les facteurs suivants ont actuellement un effet négatif plus prononcé que le changement climatique sur la durabilité du secteur forestier ou des collectivités nordiques qui dépendent des forêts (Ogden et Innes, 2007b).

Incidence plus forte que celle du changement climatique sur la durabilité	Répondants (p. 100)
Prix des produits de base	56
Disponibilité du bois d'œuvre	53
Politiques commerciales	50
Règlements environnementaux	50
Capacité d'obtenir les fonds nécessaires	50
Compétitivité	47
Pétrole et gaz	41
Fragmentation de l'habitat	41
Participation et gouvernance autochtones	35
Participation du public à la gestion et à la planification des forêts	35
Minéraux	35
Tourisme	35
Santé et bien-être communautaires	35
Espèces envahissantes	29
Chômage	29
Contaminants	26
Participation aux modes de vie traditionnels	21
Disponibilité et salubrité des produits alimentaires traditionnels	18
Accessibilité des activités de loisirs	15
Appauvrissement de l'ozone	6

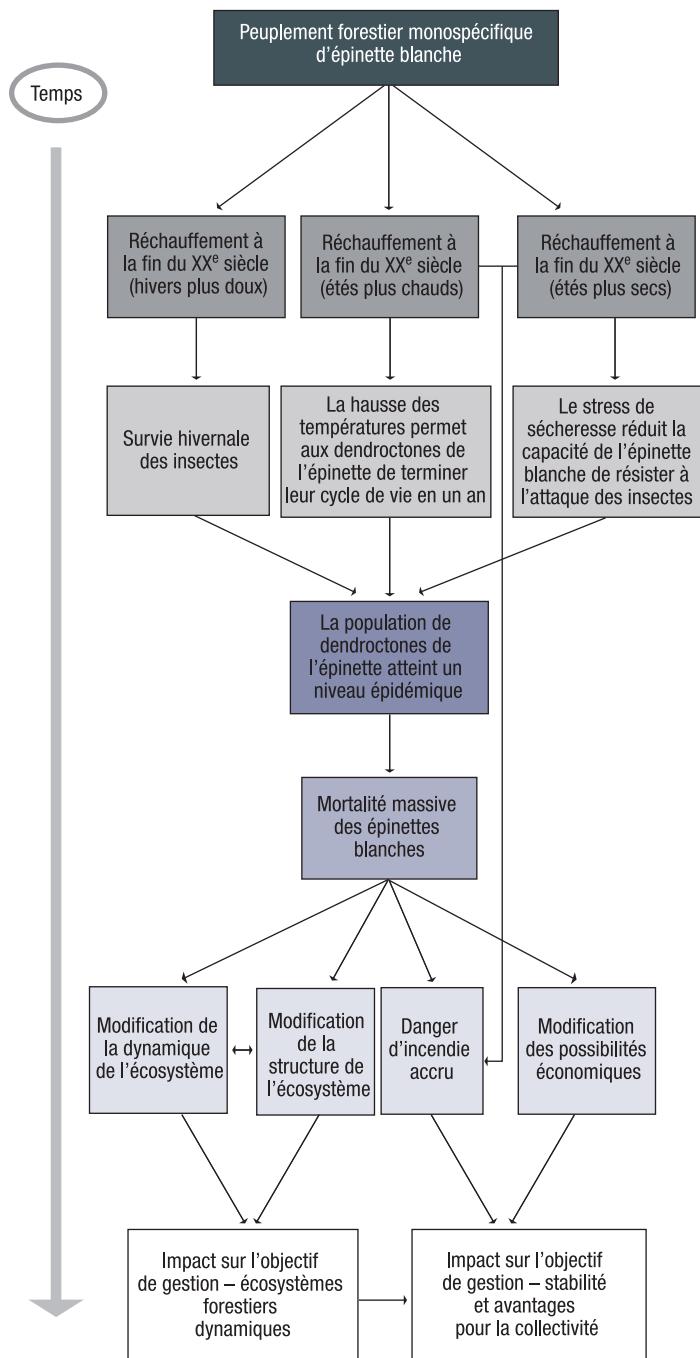


FIGURE 18 : Influence du réchauffement climatique sur les populations de dendroctone de l'épinette dans le sud-ouest du Yukon (Ogden, 2006).

TABLEAU 14 : Mesures d'adaptation au changement climatique à envisager sur les plans stratégique et opérationnel pour atteindre les objectifs de gestion durable des forêts tels que définis par le Processus de Montréal (Source : Ogden et Innes, 2007a).

Objectifs d'adaptation	Maintien de la diversité biologique	Préservation de la capacité de production des écosystèmes forestiers	Maintien de la santé et de la vitalité des écosystèmes forestiers	Conservation et maintien des ressources pédologiques et hydriques
Mesures d'adaptation sur le plan stratégique	<ul style="list-style-type: none"> Réduire la fragmentation de l'habitat et maintenir la connectivité Préserver les types de forêts représentatifs de tous les gradients environnementaux dans des réserves Protéger les refuges climatiques à plusieurs échelles Repérer et protéger les groupes fonctionnels et les espèces clés Maintenir les régimes d'incendie naturels Prévoir des zones tampons pour rajuster les limites des réserves Créer des réserves artificielles ou des arboretums pour préserver les espèces rares Protéger les espèces les plus menacées <i>ex situ</i> Élaborer un programme de gestion des gènes afin de préserver la diversité des patrimoines génétiques 	<ul style="list-style-type: none"> Pratiquer une foresterie de plantation intensive dans certains secteurs choisis afin de favoriser la croissance d'essences commerciales, surtout dans les régions où des accroissements de perturbations sont à prévoir Améliorer les sols forestiers et atténuer les perturbations qui les touchent Faciliter la régénération des arbres Employer des techniques de contrôle de la végétation pour contrer la sécheresse Planter des espèces génétiquement modifiées et déterminer les génotypes les plus appropriés Améliorer la croissance de la forêt en fertilisant Pratiquer une gestion active des ravageurs forestiers Créer un sous-étage d'autres espèces ou génotypes si la régénération préexistante est inacceptable en tant que pépinière forestière Éliminer de façon sélective les arbres dominés, endommagés ou de mauvaise qualité afin d'accroître la disponibilité des ressources pour les autres arbres (coupe précommerciale) Abaïsser l'âge d'exploitabilité et replanter afin d'accélérer l'établissement de types de forêt les plus adaptés possible Limiter les espèces végétales susceptibles de profiter du changement climatique pour devenir plus compétitives Assouplir les règles qui régissent le déplacement des semences d'un endroit à l'autre Inclure des variables climatiques dans les modèles de croissance et de rendement afin d'obtenir des prévisions plus précises du développement futur des forêts Concevoir et mettre sur pied des essais de longue durée sur des espèces ou des lots de semences multiples afin de vérifier le comportement des génotypes améliorés dans diverses combinaisons de climats et de latitudes 	<ul style="list-style-type: none"> Sélectionner en vue d'obtenir des génotypes spécifiquement résistants aux ravageurs et tolérants à divers stress et extrêmes climatiques Réduire les stress non climatiques en gérant les impacts du tourisme, des activités de loisirs et du broutage, afin d'améliorer la capacité des écosystèmes à réagir au changement climatique Réduire les stress non climatiques en réglementant les polluants atmosphériques, afin d'améliorer la capacité des écosystèmes à réagir au changement climatique Réduire les stress non climatiques en restaurant les secteurs dégradés pour maintenir la diversité génétique et favoriser la santé des écosystèmes, afin d'améliorer la capacité des écosystèmes à réagir au changement climatique Modifier les calendriers de récolte afin de récolter les peuplements les plus vulnérables aux proliférations d'insectes Planter des génotypes tolérants à la sécheresse, aux insectes et (ou) aux maladies Réduire les pertes dues aux maladies par des coupes d'assainissement qui ciblent les arbres infectés Utiliser le brûlage dirigé pour réduire le risque d'incendie et la vulnérabilité des forêts aux proliférations d'insectes Employer des techniques sylvicoles qui favorisent la productivité des forêts et la vigueur des peuplements (coupe partielle ou d'éclaircie) afin de réduire la susceptibilité aux attaques d'insectes Raccourcir la période de rotation afin de réduire la période de vulnérabilité des peuplements aux insectes ravageurs et aux maladies et de faciliter le passage à des espèces plus appropriées 	<ul style="list-style-type: none"> Éviter de construire des routes dans des lieux propices aux glissements de terrain, là où l'augmentation des précipitations et la fonte du pergélisol risquent d'accroître le danger de glissement de talus Améliorer les sols forestiers et atténuer les perturbations qui les touchent Entretenir, mettre hors service et remettre en état les routes de façon à atténuer le ruissellement de sédiments dû à l'augmentation des précipitations et à la fonte du pergélisol Atténuer les impacts que subissent l'infrastructure, le poisson et l'eau potable par suite du changement des périodes de débit et de volume de pointe dans les ruisseaux provoqué par la fonte hâtive ou accrue de la neige
Mesures d'adaptation sur le plan opérationnel	<ul style="list-style-type: none"> Permettre aux forêts de se régénérer naturellement après des perturbations; privilégier la régénération naturelle si possible Lutter contre les espèces envahissantes Pratiquer une foresterie à faible intensité et empêcher la conversion en plantations Faciliter les changements de la répartition des espèces en déplaçant celles-ci dans de nouvelles aires 			

TABLEAU 14: (suite)

Objectifs d'adaptation	Maintien de la contribution des forêts aux cycles planétaires du carbone	Maintien et accroissement des avantages socio-économiques à long terme	Cadre juridique, institutionnel et économique pour la conservation et l'aménagement durable des forêts
Mesures d'adaptation sur le plan stratégique	<ul style="list-style-type: none"> • Atténuer le changement climatique par la gestion du carbone forestier • Augmenter la superficie de forêt par le boisement • Réduire la dégradation des forêts et éviter le déboisement • Améliorer les sols forestiers et atténuer les perturbations qui les touchent 	<ul style="list-style-type: none"> • Prévoir la variabilité et le changement, et évaluer la vulnérabilité à l'échelle régionale • Améliorer la capacité d'évaluation intégrée de la vulnérabilité des systèmes à diverses échelles • Favoriser l'apprentissage et l'innovation, et faire des recherches afin de déterminer le moment et le lieu appropriés pour mettre en œuvre des réponses adaptatives • Diversifier l'économie forestière (p. ex., explorer les marchés des produits de bois mort et des produits à valeur ajoutée) • Diversifier l'économie régionale (produits non forestiers) • Favoriser le dialogue entre les parties intéressées afin d'établir les priorités en matière de mesures d'adaptation au climat dans le secteur forestier • Élaborer la technologie nécessaire pour utiliser de nouvelles qualités de bois et compositions en espèces; modifier la technologie de transformation du bois • Choisir la composition en espèces à privilégier dans l'avenir; établir des objectifs pour la forêt de demain, compte tenu du changement climatique 	<ul style="list-style-type: none"> • Établir des tenures de longue durée • Assouplir les règles qui régissent le déplacement des semences d'un endroit à l'autre • Offrir des mesures incitatives et éliminer les obstacles afin d'améliorer les puits de carbone et de réduire les émissions de gaz à effet de serre • Favoriser les activités de gestion des forêts susceptibles d'être incluses dans le système d'échange de crédits de carbone (tel que décrit au paragraphe 3.4 du Protocole de Kyoto) • Pratiquer une gestion adaptive, soit une méthode de gestion qui combine de façon rigoureuse la gestion, la recherche, la surveillance et les moyens nécessaires pour modifier les pratiques afin d'en tirer des renseignements probants et de modifier les activités de gestion en fonction de l'expérience acquise • Mesurer et surveiller les indicateurs du changement climatique et de la gestion forestière durable, et en faire rapport, afin de déterminer l'état des forêts et de détecter le moment où on atteint les seuils critiques • Évaluer le caractère adéquat des réseaux de surveillance environnementale et biologique actuellement en place pour observer les effets du changement climatique sur les écosystèmes forestiers; déceler les failles et les lacunes de ces réseaux et y apporter des solutions • Soutenir la recherche sur le changement climatique, les impacts du climat et l'adaptation au climat • Soutenir le partage des connaissances, le transfert de technologie, le renforcement des capacités et l'échange d'information sur le changement climatique • Incorporer les nouvelles connaissances sur l'avenir du climat et de la vulnérabilité des forêts aux plans et politiques de gestion des forêts • Solliciter la participation du public à l'évaluation des possibilités d'adaptation de la gestion des forêts
Mesures d'adaptation sur le plan opérationnel	<ul style="list-style-type: none"> • Permettre aux forêts de se régénérer naturellement à la suite d'une perturbation, favorisant la régénération naturelle autant que possible • Pratiquer le contrôle des espèces envahissantes • Adopter des pratiques de gestion forestière à faible intensité et éviter la conversion des espaces en plantations • Soutenir les modifications de répartition des espèces en les introduisant dans de nouvelles régions 	<ul style="list-style-type: none"> • Inclure la gestion des risques dans les règles de gestion et les plans forestiers; améliorer la capacité de gestion des risques • Évaluer les émissions de gaz à effet de serre produites par les activités internes • Sensibiliser les intervenants aux effets potentiels du changement climatique sur le régime des feux et encourager toute mesure proactive de gestion des combustibles et de protection communautaire • Mettre en œuvre des techniques de type « firesmart » pour protéger les zones de grande valeur des incendies • Améliorer les récoltes de bois en réexploitant les peuplements endommagés par le feu ou les insectes 	

Sources énumérées dans Ogden et Innes, 2007a.

4.7 PÊCHES

On estime à environ 240 espèces (190 marines, environ 15 anadromes et environ 35 dulcicoles) la piscifaune nordique du Canada (Richardson *et al.*, 2001; Evans *et al.*, 2002; Coad et Reist, 2004). En outre, il est possible que les eaux nordiques, particulièrement les eaux de mer, recèlent d'autres espèces de poissons non recensées, faute d'échantillonnage adéquat. Les régions voisines abritent également des espèces qui peuvent à

l'occasion se retrouver dans le Nord. Les pêches nordiques ciblent relativement peu d'espèces endémiques (environ 11 espèces), en majorité des salmonidés (p. ex., le saumon, l'omble chevalier, le corégone et, l'ombre) capturés en eaux douces, estuariennes ou littorales. On pêche environ cinq espèces d'eau douce (p. ex., la lotte, le grand brochet, des meuniers et des perches). Un nombre encore plus restreint, soit deux ou trois, d'espèces de poissons de mer (dont le flétan noir et la morue polaire) et trois à six espèces d'invertébrés (dont la crevette, la mye, la moule et l'oursin).

complètent le tableau des taxons exploités (Nunavut Wildlife Management Board, 2004; Government of Nunavut et Nunavut Tunngavik Incorporated, 2005; Reist *et al.*, 2006a). Quelques autres espèces peuvent faire l'objet de pêche à l'échelle locale ou de prise accessoire qu'on rejette ou qu'on emploie comme appât ou nourriture pour chiens.

Avec l'évolution du climat, le nombre d'espèces présentes dans chaque région devrait s'accroître, surtout le long de la limite méridionale du Nord. On a trouvé des individus vagabonds de plusieurs espèces du sud, y compris trois espèces de saumon du Pacifique dans l'ouest de l'Arctique et le saumon atlantique dans l'est. La colonisation pourrait enrichir les possibilités de pêche, mais elle risque aussi d'aggraver les facteurs de stress existants à mesure qu'auront lieu la restructuration des écosystèmes, l'apparition de nouveaux prédateurs, la concurrence et l'introduction de parasites (Reist *et al.*, 2006b; Wrona *et al.*, 2006a). La prise d'individus vagabonds dans les pêches locales stimule l'intérêt envers le potentiel de pêches axées sur ces espèces dans l'avenir.

Les espèces anadromes et dulcioles se divisent en trois groupes en fonction de leurs associations et préférences thermiques (*voir* Wrona *et al.*, 2005; Reist *et al.*, 2006a) :

- les poissons arctiques (tolérance thermique < 10 °C) : espèces dont la répartition se situe complètement ou principalement dans le Nord (p. ex., le corégone tschir, un poisson anadrome de l'ouest de l'Arctique);
- les poissons nordiques adaptés à l'eau froide (11-15 °C) : espèces dont la limite de l'aire de répartition se situe quelque part dans le Nord;
- les poissons du sud adaptés aux eaux tempérées (21-25 °C) : la limite nord de l'aire de répartition de nombre de ces espèces (p. ex., le saumon atlantique) se situe près de l'extrême sud de la région nordique.

L'évolution du climat aura des effets différents sur ces trois groupes et sur les pêches qui les ciblent. Les espèces arctiques connaîtront sans doute une chute de productivité, une disparition localisée à la limite sud de leur aire de répartition et un rétrécissement généralisé de leur aire de répartition à mesure que les conditions locales dépasseront les seuils critiques et que les espèces du sud coloniseront leurs habitats et se poseront en concurrentes ou en espèces prédatrices. Les espèces nordiques adaptées à l'eau froide, tout comme les espèces du sud adaptées à l'eau tempérée, devraient montrer une hausse d'abondance et de productivité à l'échelle locale et, éventuellement, étendre leur aire de répartition vers le nord, si les conditions le permettent.

Chaque espèce de poisson est soit sténotherme (c.-à-d. adaptée à une plage de températures restreinte), soit eurytherme (adaptée à une vaste plage de températures; p. ex., Wrona *et al.*, 2005; Reist *et al.*, 2006a). Ces espèces sont souvent prises ensemble dans un même lieu de pêche. Dans de nombreux endroits du Nord, le changement du climat local pourrait se révéler avantageux pour une espèce, mais nuire à une autre. Cette variabilité de réaction aura des effets marqués sur la structure, la productivité et la durabilité des pêches, et représentera un défi pour les gestionnaires des pêches qui ont surtout recours à des méthodes de gestion axées sur la pêche monospécifique. Les structures et les méthodes de gestion axées sur les écosystèmes sont plus à même de réagir rapidement aux impacts du changement climatique. L'approche écosystémique consiste à

accorder des valeurs différentielles aux espèces locales et à faciliter l'établissement d'objectifs réalisables de durabilité et de gestion des pêches.

Selon l'utilisation finale des prises, on distingue trois types de pêches nordiques, soit domestique, commerciale et récréative (Clarke, 1993). La pêche domestique comprend la pêche traditionnelle et de subsistance pratiquée par les Autochtones et la pêche domestique autorisée pratiquée par les habitants non autochtones du Nord. Les produits de la pêche commerciale autorisée sont vendus sur les marchés locaux ou éloignés. La pêche sportive ou récréative se définit comme une pêche autorisée pratiquée par des particuliers non autochtones. Comme le changement du climat touchera différemment chaque type et secteur de pêche, il est difficile d'élaborer des généralisations applicables à toutes les pêches de la région nordique. Bien que l'évaluation détaillée de l'ensemble des pêches nordiques dépasse la portée du présent chapitre, l'étude de cas 4 abordera nombre de ces problèmes et défis.

Les pêcheries commerciales (*voir* l'étude de cas 4) et les quelques installations d'aquaculture opérant dans le Nord sont généralement des activités restreintes et très dispersées, pratiquées sur de petits plans d'eau par des résidents des environs dans le but de se nourrir ou d'en tirer un revenu. Évaluées en fonction de paramètres habituels tels que le revenu commercial monétaire, elles n'offrent qu'un potentiel économique limité. L'évaluation de ces pêches multiples et dispersées doit cependant tenir compte d'une estimation du remplacement des protéines et de la valeur sociale et culturelle. Au Nunavut, on estime que les pêches rapportent annuellement de 12 à 14 millions de dollars à l'économie (Government of Nunavut et Nunavut Tunngavik Incorporated, 2005). De ce montant, 5,8 millions de dollars proviendraient de l'omble chevalier, dont 1,4 million représentant la vente sur le marché de 800 à 1 000 tonnes par an et 4,4 millions représentant la valeur nutritive du poisson pêché à des fins de subsistance.

Tout indique que les pêches commerciales des côtes marines et lacustres devront affronter de grands défis d'adaptation par suite de la transformation du climat. En plus du capital appréciable investi dans la flotte de pêche, cette activité est soutenue par des installations portuaires et de transformation qui exigent d'importantes dépenses d'investissement, de même qu'une inspection et un entretien réguliers pour garantir le respect des normes de transformation des produits de la pêche destinés au commerce. Dans le Nord, la production doit être relativement stable à long terme pour qu'on puisse récupérer les montants investis. Il y aurait peut-être lieu de revoir les perspectives actuelles, qui misent sur une forte contribution de ces activités au développement économique des régions nordiques à l'avenir (p. ex., Government of Nunavut et Nunavut Tunngavik Incorporated, 2005), à la lumière des conséquences du changement climatique.

La résilience des Autochtones du Nord et la capacité d'adaptation inhérente à leur mode de vie faciliteront le processus d'ajustement de la pêche traditionnelle et de subsistance à un climat en évolution. De par sa nature, la pêche sportive s'adapte fort bien à l'abondance de la récolte, à l'équipement employé et au lieu de pêche. Elle saura donc sans doute s'accommoder facilement des impacts du changement climatique, sauf peut-être dans le cas où une espèce subirait un important déclin sur un vaste territoire. À ce moment, le profil de la pêche sportive pourrait se transformer en ciblant de « nouvelles » espèces.

ÉTUDE DE CAS 4

Pêche commerciale et de subsistance dans l'Arctique

L'étude de cas ci-dessous décrit et compare trois pêcheries nordiques afin d'illustrer les défis que présente le climat en évolution pour la gestion des ressources.

Pêche commerciale au flétan noir au Nunavut

La pêche au flétan noir, aussi bien côtière qu'hauturière, s'est développée au Nunavut. Le flétan noir est un poisson plat qui vit normalement près du fond, dans les eaux profondes de la baie de Baffin et du détroit de Davis, de même qu'en région côtière, dans les fjords les plus profonds.

En général, on pratique la pêche côtière de décembre à mars, à travers la glace de rive de la baie Cumberland (*voir la figure 19*); le quota est actuellement fixé à 500 t. Menées depuis 1987, ces pêches rapportent chaque année de 4 à 430 t et emploient un effectif de 6 à 115 pêcheurs, actifs durant les 9 à 21 semaines que dure la saison. Récemment, la grande variabilité de la formation de glace de mer a nui aux déplacements et à la sécurité des pêcheurs en route vers les lieux de pêche. Certaines années, la pêche a connu peu de succès à cause de la distance appréciable entre la glace et les meilleurs lieux de pêche. De telles situations nuisent au recrutement initial et annuel des pêcheurs et se répercutent sur les usines de traitement, où les emplois se font plus rares, et sur les retombées économiques à l'échelle locale.



FIGURE 19 : Pêcheurs halant des lignes de pêche, activité de pêche côtière pratiquée à travers la glace. Photo gracieuseté du gouvernement du Nunavut.

Les effets projetés du changement climatique sur la glace de mer auront de graves conséquences pour les pêches côtières. Une mesure d'adaptation possible serait de diversifier les pêches côtières pour élargir le bassin de ressources; on augmenterait ainsi la résilience des collectivités face aux perturbations dues au climat ou à d'autres facteurs. On pourrait favoriser une telle diversification en ayant plus souvent recours à l'actuel programme de pêche exploratoire. La diversité des pêches locales comporte des avantages économiques, sociaux et sociétaux documentés au Groenland et dans d'autres collectivités de pêche de l'Atlantique Nord (p. ex., Hamilton et Otterstad, 1998; Hamilton *et al.*, 2000).

Dans cette région, la pêche hauturière, également importante, représente 550 t du quota total du Canada. Il s'agit d'une pêche au chalut de fond, en eau profonde, effectuée sur de grands navires durant la période d'eaux libres. L'accès aux lieux de pêche, bien que sujet à de légères variations annuelles en raison

de l'état saisonnier de la glace, restera inchangé et pourrait même s'améliorer avec l'évolution du climat; les dangers dus à la glace risquent cependant de demeurer les mêmes ou de s'accroître. On ignore en grande partie l'effet qu'aura la modification du bilan des eaux douces sur la production de flétan noir. Selon Loeng *et al.* (2005), la modification du climat entraînera une importante restructuration des écosystèmes marins, poussant sans doute le flétan noir à quitter les eaux profondes pour gagner les plates-formes, ce qui se traduira par un déplacement des lieux de pêche et une nouvelle façon de pêcher. La flottille de pêche existante devra forcément s'y adapter, par exemple en changeant le type d'équipement et peut-être la taille des navires.

Pêches du Grand lac des Esclaves (Territoires du Nord-Ouest)

Le Grand lac des Esclaves, onzième du monde par sa superficie, a fourni récemment une récolte commerciale annuelle d'environ 1 200 t. On y pêche principalement le grand corégone, le grand brochet et l'inconnu (*voir la figure 20*). Le bras oriental du Grand lac des Esclaves est un lieu de pêche aux poissons trophées, en particulier le touladi. La pêche domestique est pratiquée près des rives et dans les affluents locaux. Tous les types de pêches ciblent plusieurs espèces. Pour éviter les conflits et maximiser la conservation, ainsi que la valeur et la durabilité des diverses pêcheries, les gestionnaires des pêches limitent les activités de pêche commerciale et sportive au moyen d'un système d'interdiction par zones, de quotas maximums et de restrictions d'équipement. Ces mesures deviendront sans doute des outils importants pour composer avec les effets d'un climat en évolution.

Parmi les impacts projetés du changement climatique figure une augmentation possible de 50 p. 100 du nombre de jours que compte la « saison de croissance optimale » des poissons d'eaux froides, comme le touladi, dans le bras oriental du lac (McLain *et al.*, 1994). Dans le bassin ouest, relativement peu profond, du Grand lac des Esclaves, cette augmentation due au climat risque fort de provoquer un stress au sein des populations de touladis, mais, chez les espèces ayant une meilleure tolérance aux températures élevées, comme le grand corégone, elle peut avoir des effets positifs en favorisant la croissance. La structure des écosystèmes du lac devrait se modifier à mesure que des espèces du sud, à l'heure actuelle confinées dans le réseau des rivières de l'Alberta en raison du climat, coloniseront le lac ou s'y multiplieront. Faute de données de référence, il est impossible d'estimer les effets ponctuels et cumulatifs de ces impacts. La gestion adaptative de l'écosystème lacustre devra tenir compte des effets cumulatifs, y compris les facteurs de stress d'ordre non climatique.

(suite à la page suivante)



FIGURE 20 : Pêcheurs halant des filets à corégone sur le Grand lac des Esclaves. Photo gracieuseté de G. Low (Pêches et Océans Canada).

ÉTUDE DE CAS 4: (suite)

Pêche de subsistance à l'omble chevalier

La pêche de subsistance à l'omble chevalier et à d'autres espèces d'ombles apparentées se pratique partout où ces espèces sont présentes, mais, surtout, dans la région côtière de l'ouest de l'Arctique et dans l'ensemble du Nunavut. Selon des données tirées d'une étude sur la récolte réalisée par le Conseil de gestion des ressources fauniques du Nunavut (Nunavut Wildlife Management Board, 2004), cette espèce représente 45 p. 100 des prises unitaires parmi les quinze espèces les plus récoltées entre 1996 et 2001 (voir la figure 21). D'autres estimations (Government of Nunavut et Nunavut Tunngavik Incorporated, 2005) situent entre 1 200 et 1 500 t la récolte annuelle et lui attribuent une grande valeur pour l'économie et le mode de vie locaux. Toutes les collectivités du Nunavut et la plupart des collectivités inuvialuites et Gwich'in déclarent récolter soit de l'omble chevalier, soit du Dolly Varden. La pêche de subsistance traditionnelle, généralement pratiquée de façon simple et à court terme par de petites entreprises très dispersées, a toujours eu des effets d'ensemble très limités. Depuis peu, cependant, l'augmentation des populations autochtones et la centralisation des établissements restreignent l'efficacité de cette approche de la pêche de subsistance dans le Nord. Là où l'omble est convoité par plusieurs types de pêche (de subsistance, domestique, commerciale, sportive), les gestionnaires des pêches nordiques attribuent actuellement la plus grande valeur à la pêche traditionnelle et de subsistance (Clarke, 1993).

Parmi les effets projetés d'un climat en évolution sur l'omble, on peut mentionner la modification de la productivité et de la biodiversité, y compris le passage d'un cycle de vie principalement anadrome à la sédentarité, la disparition complète dans certaines régions et des baisses localisées de l'abondance ailleurs (Wrona et al., 2005; Reist et al., 2006a). Ce bouleversement des fondements biologiques des pêches aura des répercussions en cascade qui nécessiteront toute une gamme de mesures d'adaptation à l'échelle locale de la part des pêcheurs et des gestionnaires des pêches, lesquels devront notamment changer de lieux, de méthodes ou de calendriers de récolte, choisir d'autres espèces (ou types de cycles

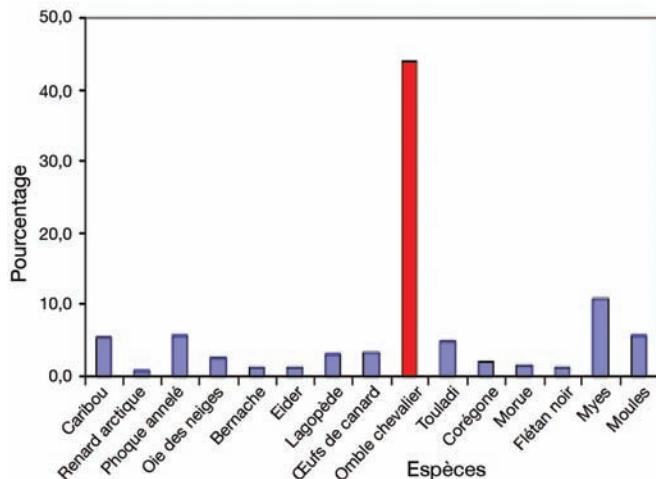


FIGURE 21 : Proportion des prises d'omble chevalier déclarées dans la pêche de subsistance au Nunavut, exprimée en pourcentage des prises des 15 espèces les plus récoltées, selon l'étude sur la récolte menée au Nunavut pour la période couvrant les années 1996 à 2001 (Nunavut Wildlife Management Board, 2004). Figure préparée par B. Dempson, Pêches et Océans Canada.

de vie), rajuster le niveau d'exploitation et, dans certains cas, modifier les attentes et la valeur associées aux ressources halieutiques (Reist et al., 2006c). Une autre considération essentielle concerne l'interaction du changement climatique avec la dynamique des contaminants qui ont une incidence sur la productivité et la qualité du poisson (Wrona et al., 2005) et donc, sur sa comestibilité. La surveillance de ces effets et des conséquences pour la santé humaine, devrait faire partie de l'approche générale adoptée par les pêches nordiques.

4.8 ESPÈCES SAUVAGES, BIODIVERSITÉ ET ZONES PROTÉGÉES

Depuis des milliers d'années, la diversité des espèces sauvages est d'une importance cruciale pour les Autochtones du Nord canadien. Aujourd'hui, ces espèces occupent toujours une place de choix dans l'alimentation, les traditions et la culture des Autochtones, en plus de représenter une composante majeure de l'économie locale et régionale (Nuttall et al., 2005). De nombreuses espèces d'oiseaux et de mammifères terrestres et marins de l'Arctique ont des besoins très précis en matière d'habitat et de niche, qui les rendent particulièrement sensibles au changement climatique (Conservation of Arctic Flora and Fauna, 2001). Les espèces sauvages à répartition géographique limitée qui vivent près de leur limite écologique ont été parmi les premières à manifester les effets de l'évolution du climat (Parmesan, 2006). Jusqu'à présent, l'évaluation des effets du changement climatique projeté sur les espèces sauvages de l'Arctique circumpolaire révèle une modification du taux de mortalité, une réduction de la capacité de reproduction, l'accroissement de la concurrence pour les ressources par suite de l'invasion d'espèces venues du sud et l'émergence de nouvelles zoonoses (Berner et al., 2005; Chapin et al., 2006). Ces changements auront des impacts sur des espèces essentielles au

Pour aborder l'adaptation au changement climatique de façon générale et efficace, il faut comprendre et gérer de façon globale toutes les activités humaines qui touchent les écosystèmes aquatiques du Nord. Il n'existe pratiquement aucune donnée quantitative sur les effets des problèmes ayant des répercussions profondes dans le Nord, comme l'apport de contaminants, le changement climatique, l'appauvrissement de la couche d'ozone et l'accroissement du rayonnement UV, sur les populations de poissons. C'est pourquoi les stratégies d'adaptation doivent inclure une grande marge de sécurité pour favoriser la résilience du système. En ce qui concerne les pêches, il faudra sans doute revoir les stratégies de « durabilité » et adopter des limites inférieures au « niveau maximal soutenu » ou à la « récolte totale autorisée », présumée ou définie, puisqu'il s'agit, en général, du seul facteur qu'on puisse gérer. On pourrait accorder la priorité aux écosystèmes qui subissent ou sont susceptibles de subir les plus fortes transformations causées par tous les facteurs de stress. À l'heure actuelle, il semble que les systèmes aquatiques de l'ouest de l'Arctique, particulièrement ceux de la partie sud du Yukon, de la vallée du fleuve Mackenzie jusqu'au delta et de la côte de la mer de Beaufort, connaissent des changements très profonds (p. ex., Prowse et al., 2006) et sont donc globalement les plus menacés.

maintien de la subsistance et de l'économie de certaines régions. On pourrait limiter l'effet de ces impacts en adoptant des mesures d'adaptation proactives susceptibles d'en réduire les conséquences pour les populations humaines qui dépendent de ces ressources.

Espèces terrestres

Selon toute vraisemblance, le réchauffement et l'accroissement de l'humidité projetés pour l'Arctique devraient avoir une incidence sur la diversité et l'accessibilité des végétaux essentiels à plusieurs mammifères brouteurs, comme le caribou (*Rangifer tarandus*; caribou des bois et caribou de la toundra) et le bœuf musqué (*Ovibos moschatus*). Les variations du rayonnement ultraviolet, des précipitations et de la température auront des effets directs sur la valeur nutritive des plantes fourragères (Lenart *et al.*, 2002), tandis que l'évolution de la composition des communautés végétales risque d'entraîner la perte d'espèces végétales importantes pour la nutrition, que choisit de préférence le caribou durant les phases cruciales de la reproduction (White et Trudell, 1980). La hausse projetée de la température et des précipitations hivernales devrait normalement accroître les dépenses énergétiques des caribous, puisqu'il leur faudra creuser dans une couche de neige plus épaisse pour trouver leur nourriture (Russell *et al.*, 1993).

Depuis quelques années, certaines hardes de caribous de la toundra de l'ouest et de l'est de l'Arctique, notamment celles des Bluenose de l'est et de l'ouest, du cap Bathurst et de la Porcupine, ont connu un déclin significatif, au moins en partie attribuable à l'évolution du climat. On associe le déclin des populations à la difficulté de se procurer la nourriture appropriée et au harcèlement croissant des insectes qui nuit au broutage estival, entraînant une détérioration de l'état de santé des animaux et une réduction subséquente de la reproduction et du recrutement (Russell *et al.*, 1993). De même, la récente chute du nombre de caribous et de bœufs musqués dans les îles du centre-sud de l'archipel Arctique (Prince-de-Galles, Somerset et Russell) est en partie attribuable à la mortalité hivernale massive des deux espèces, due à l'accessibilité réduite des plantes fourragères par suite de conditions météorologiques hivernales particulièrement difficiles, notamment de fortes chutes de neige et une importante couverture de glace (Miller et Gunn, 2003; Harding, 2004; Gunn *et al.*, 2006; Tesar, 2007). Selon certains rapports, des conditions semblables dans les îles de l'ouest de l'Extrême-Arctique seraient responsables du déclin du caribou de Peary, désigné « espèce menacée » à l'heure actuelle. Parmi les autres facteurs qui contribuent au déclin de certaines hardes figurent l'accroissement de la concurrence entre les caribous et les bœufs musqués qui occupent le même habitat, l'augmentation de l'incidence d'infections parasitaires, l'émigration vers des secteurs voisins, la prédation par le loup et la chasse (Gunn *et al.*, 2006). Au moyen de quatre scénarios climatiques, Brotton et Wall (1997) ont prévu des impacts semblables pour la harde de caribous de Bathurst.

Le caribou est une espèce traditionnelle et de subsistance essentielle aux peuples autochtones de l'Arctique canadien, dont les Gwich'in, les Tli cho, les Denesulines et les Inuits, et occupe une place importante dans la nutrition, l'économie, la culture et la spiritualité des différentes collectivités. La sensibilité du caribou au climat met en lumière la nécessité de surveiller et de mieux comprendre les changements que subissent les groupes restreints d'animaux génétiquement uniques, ainsi que ces espèces qui, pour de nombreuses raisons, sont importantes aux populations autochtones, et d'adapter en conséquence les stratégies de gestion des espèces sauvages (Miller *et al.*, 2005; Gunn *et al.*, 2006). Pour éviter que les espèces ne déclinent au point de ne plus pouvoir se rétablir, les

mesures d'adaptation doivent limiter les risques de mortalité massive non détectée dans les hardes ainsi qu'interdire toute récolte dépassant le niveau de survie des espèces (Brotton et Wall, 1997; Klein *et al.*, 2005). Les conseils de gestion de la faune des Territoires du Nord-Ouest envisagent la possibilité de mettre en œuvre des mesures pour réduire la chasse au caribou par les personnes autres que les résidents et les Autochtones (Tesar, 2007). Les stratégies de cogestion adaptive, qui font intervenir les chasseurs autochtones locaux et associent les connaissances scientifiques et traditionnelles, prennent de plus en plus d'importance (Klein *et al.*, 2005; Parlee *et al.*, 2005).

Espèces marines

L'environnement marin de l'Arctique accueille une diversité de grands mammifères qui se sont adaptés aux conditions particulières de cet écosystème. Le phoque annelé (*Phoca hispida*), le morse (*Odobenus rosmarus*), le narval (*Monodon monocerus*), l'ours blanc (*Ursus maritimus*) et le béluga (*Delphinapterus leucas*) se retrouvent couramment dans le Nord du Canada et font souvent l'objet d'une récolte par les populations autochtones côtières (Nuttall *et al.*, 2005); ils présentent donc de nombreux avantages économiques, culturels et de santé (Van Oostdam *et al.*, 2005). Plusieurs de ces espèces sont aussi le point de mire d'initiatives de tourisme et de chasse sportive importantes pour l'Arctique. Toute modification de la répartition, de la stabilité et de la durée annuelle de présence de la glace de mer et de la neige aura une forte incidence sur leurs populations. Certaines espèces qui ont besoin de la glace de mer comme plate-forme pour se reposer, mettre bas, muer ou se nourrir montrent déjà des signes de stress aux limites sud de leur aire de répartition (Learmonth *et al.*, 2006). Les espèces qui dépendent de l'environnement de lisière de glace, comme le béluga, le narval et le morse, sont très vulnérables aux effets de l'aménagement prévu de la couverture de glace de mer (Learmonth *et al.*, 2006).

Des études démontrent que l'amincissement de la couche de neige et l'arrivée hâtive de la rupture printanière des glaces agissent sur le taux de survie et de recrutement des petits phoques annelés (*Phoca hispida*) de l'ouest de la baie d'Hudson; en outre, elles associent le réchauffement et les pluies précoces du printemps à la fonte et à la destruction des repaires des phoques annelés du sud-est de l'île de Baffin (Stirling et Smith, 2004; Ferguson *et al.*, 2005). Un examen réalisé par Barber et Iacozza (2004) des changements de l'état de la glace de mer et de la capacité de celle-ci à servir d'habitat aux phoques annelés du détroit de McClintock et du golfe de Boothia a révélé que, malgré une grande variabilité interannuelle, on a constaté des effets négatifs sur l'habitat du phoque annelé de 1997 à 2001. Pour certaines autres espèces de phoques, comme le phoque commun et le phoque gris, le réchauffement du climat et la réduction de la couverture de glace se traduiront par un élargissement de l'aire de répartition vers le nord et une augmentation de leur abondance dans les eaux de l'Arctique.

La répartition des ours blancs (*Ursus maritimus*) dépend en partie de conditions de glace qui leur permettent de chasser et de se déplacer de façon efficace. Cette relation est particulièrement prononcée dans les secteurs de glaces en mouvement, entre les aires d'alimentation et celles de mise bas et d'élevage (Learmonth *et al.*, 2006). Comme l'ours blanc se nourrit presque exclusivement de phoques annelés, tout changement de la répartition et de l'étendue des glaces qui touche les populations de phoques aura des répercussions sur la répartition des ours blancs et sur leur capacité de se nourrir. Un rapport documente une importante diminution de l'effectif et de l'état de santé des populations méridionales d'ours

adultes dans l'ouest de la baie d'Hudson et associe cette diminution aux changements qu'ont connus la glace de mer et les populations de phoques (Stirling *et al.*, 1999; Ferguson *et al.*, 2005). Ces changements obligent les ours à parcourir de plus longues distances à la recherche de phoques et à diversifier leur alimentation autant que possible, ce qui se traduit par une dépense d'énergie accrue et un appauvrissement des réserves adipeuses. À terme, cette situation risque de nuire à la capacité reproductive des femelles et à la santé des petits dont la mère manque de réserves de gras durant l'hiver (Derocher *et al.*, 2004). Les variations de la proportion des différentes espèces de phoques dans l'alimentation des ours blancs de la baie d'Hudson témoignent elles aussi des effets en cascade qu'entraînent vraisemblablement l'évolution du climat et d'autres facteurs de stress chez les ours de cette région (Stirling, 2005). Certains chercheurs avancent en outre que les changements dans l'état des glaces, de même que la concurrence intraspécifique et interspécifique, sont en partie responsables de la mortalité des ours de la mer de Beaufort (Amstrup *et al.*, 2006; Monnett et Gleason, 2006).

Le changement climatique projeté va probablement améliorer l'habitat des phoques et des ours aux latitudes les plus élevées dans un proche avenir, lorsque des glaces annuelles viendront remplacer les glaces pluriannuelles, créant des chenaux et des crêtes de pression. À plus long terme, cependant, il est probable qu'on constatera aux hautes latitudes des effets semblables à ceux actuellement constatés dans la baie d'Hudson (Derocher *et al.*, 2004).

La place emblématique qu'occupe l'ours blanc en tant que symbole du Nord canadien sous-tend souvent le discours sur son avenir. Non seulement l'ours blanc est-il un élément important de l'écosystème arctique, mais il attire aussi chaque année de nombreux visiteurs dans le Nord et joue un rôle majeur dans la culture et l'économie de nombreuses collectivités autochtones. Dans les régions où la chasse sportive est très prisée, comme l'ouest de la baie d'Hudson et le détroit de Lancaster, les collectivités du Nunavut lui accordent une grande valeur économique. En effet, le coupon délivré à un chasseur non résident peut rapporter à lui seul jusqu'à 20 000 \$, sans compter les revenus supplémentaires que recueillent les résidents de la localité en offrant de l'équipement ou des services de guides (Wenzel, 2005; Freeman et Wenzel, 2006). Ainsi, les répercussions de la modification des régimes climatiques sur les populations d'ours blancs ont également des conséquences importantes sur les activités touristiques et culturelles, et sur les économies locales dans plusieurs régions.

On connaît moins bien les effets potentiels du changement climatique sur les espèces de baleines de l'Arctique que sur les autres grands mammifères marins (Loeng *et al.*, 2005). On suppose que les changements de la répartition et de l'étendue de la couche de glace, ainsi que de la formation et de l'emplacement des polynies, auront un effet sur les proies et, donc, sur l'aire et la répartition de nombreux cétacés nordiques. De façon générale, le réchauffement occasionnera une modification de la composition en espèces, avec une tendance au déplacement vers le nord des structures communautaires et à la disparition possible de certaines espèces polaires (Tynan et DeMaster, 1997). Moshenko *et al.* (2003), par exemple, ont classé le changement climatique parmi les risques les plus menaçants pour les baleines boréales (*Balaena mysticetus*).

Espèces d'oiseaux

De nombreux oiseaux marins et autres espèces aviaires migratrices servent de nourriture aux Autochtones du Nord et contribuent à

l'économie locale de certaines régions (p. ex., le duvet d'eider). Le réchauffement des eaux et l'évolution de la répartition des glaces et de la productivité des proies ont déjà des conséquences sur certaines espèces d'oiseaux nordiques. La mouette blanche (*Pagophila eburnea*), dont la répartition est associée à la glace de mer, a déjà vu sa population rétrécir, et tout indique que cette tendance se poursuivra dans l'avenir (Mallory *et al.*, 2003). Des études menées sur le guillemot de Brünnich (*Uria lomvia*) ont fait état de changements au moment où a lieu la reproduction aux limites aussi bien septentrionale que méridionale de son aire, suivie d'une ponte précoce caractérisée par un faible taux de croissance des petits et de masse corporelle des adultes aux limites sud, et par une diminution de la capacité de reproduction durant ces années où la glace est tardive aux limites nord. Gilchrist et Robertson (2000) ont démontré l'importance des petites polynies et de la lisière de la banquise à proximité desquelles des espèces comme le haralde kakawi (*Clangula hyemalis*) et l'eider à tête grise (*Somateria spectabilis*) choisissent de passer l'hiver dans la baie d'Hudson. Partout dans le Nord, des chasseurs autochtones indiquent avoir constaté des changements dans les voies et les périodes de migration, et dans le comportement reproducteur des oiseaux, ainsi que la présence d'espèces jamais vues auparavant (p. ex., Huntington *et al.*, 2005; Nuttall *et al.*, 2005; Nickels *et al.*, 2006). Ces résultats indiquent que, dans un proche avenir, le réchauffement de l'Arctique canadien devrait continuer à avoir des effets positifs sur certaines espèces d'oiseaux à la limite nord de leur aire de répartition, mais négatifs sur les espèces qui sont à la limite sud de leur aire (Gaston *et al.*, 2005).

Face à l'évolution du climat, la conservation et la protection des ressources aviaires migratrices représenteront un réel défi dans l'Arctique, particulièrement dans les régions où l'activité industrielle, le tourisme et la croissance démographique de certaines localités contribuent au stress. La protection de zones marines clés pourrait aider considérablement à maintenir l'intégrité des écosystèmes et ainsi à assurer la protection des populations d'oiseaux marins (Dickson et Gilchrist, 2002). Les stratégies de gestion menées en collaboration avec les utilisateurs des ressources (les résidents autochtones et autres) et les représentants de l'industrie devront tenir compte des multiples facteurs de stress qui agissent sur les populations d'oiseaux.

Contaminants et espèces sauvages

Les changements d'origine climatique déjà constatés dans le Nord ont aussi une incidence sur l'exposition des espèces sauvages aux contaminants environnementaux et sur leur absorption de ces contaminants (MacDonald, 2005; MacDonald *et al.*, 2005). Nombre de contaminants environnementaux sont transportés vers les régions polaires par les courants atmosphériques et aquatiques, des voies aujourd'hui modifiées par un climat en évolution (Arctic Monitoring and Assessment Program, 2003b). Pour des métaux tels que le plomb, le cadmium et le zinc, tout indique que l'Arctique deviendra un « puits » plus efficace avec l'augmentation prévue des précipitations. La concentration de mercure semble en hausse dans certains systèmes aquatiques nordiques, hausse en partie associée aux changements de la couverture de glace et à la fonte du pergélisol. Les espèces migratrices constituent une forme de biotransport, puisqu'elles modifient la répartition des contaminants dont elles sont chargées. Les régions qui voient apparaître de nouvelles espèces seront très vulnérables à la hausse de la charge des contaminants dans l'avenir. Enfin, les hydrocarbures seront touchés par la transformation de la répartition des glaces de mer et des courants de dérive (MacDonald *et al.*, 2005). Le changement le plus important du transport des contaminants vers l'Arctique ou à l'intérieur de la région pourrait découler de l'ouverture

croissante de l'océan Arctique au transport, au tourisme et à l'exploration minière.

Les changements de la composition et de la concentration des contaminants dans les principales espèces sauvages consommées par les résidents du Nord risquent d'avoir une incidence majeure sur la santé et le bien-être humains (*voir la section 5; Kraemer et al., 2005*). Dans l'avenir, pour arriver à déterminer avec plus de précision les tendances des contaminants présents dans les principales espèces sauvages et pour établir avec certitude les effets du climat sur les niveaux qu'ils peuvent atteindre, il faudra recueillir des données simultanément dans des milieux biotiques et abiotiques (MacDonald et al., 2005).

Biodiversité et zones protégées

Selon les projections, le changement climatique devrait toucher la biodiversité de l'Arctique en modifiant l'aire de répartition et les habitats des espèces, l'abondance des espèces, la diversité génétique et le comportement des espèces migratrices, et l'introduction d'espèces exotiques (Usher et al., 2005). À l'heure actuelle, la planification des parcs et des zones protégées adopte une approche de représentation de la région ou de l'écorégion naturelles qui vise à protéger certaines caractéristiques, espèces et biocénoses propres à chaque site. En règle générale, ces plans ne tiennent pas compte des modifications de la répartition et de la structure des écosystèmes susceptibles de se produire à l'échelle du paysage, au rythme de l'évolution du climat (Lemieux et Scott, 2005).

Au moyen de deux modèles de végétation planétaires et de plusieurs modèles climatiques, Lemieux et Scott (2005) ont prévu une diminution de plus de 50 p. 100 des terres protégées dans chacun des trois biomes nordiques (toundra, taïga/toundra, forêt boréale). Dans un scénario de doublement de la concentration de CO₂, de telles projections soulèvent des questions quant à la capacité des plans actuels de protéger encore longtemps un échantillon représentatif des écosystèmes de l'Arctique canadien et, à terme, la biodiversité de l'Arctique. Usher et al. (2005) ont conclu à l'urgence d'élaborer et d'adopter de nouvelles approches pour gérer la biodiversité de l'Arctique. Dans une optique d'adaptation, les plans des zones de conservation et de zones protégées doivent prendre en considération les changements prévus de la phénologie et les déplacements des différentes espèces en réaction à l'évolution du climat, de même que l'éventuelle modification des biocénoses. Des perturbations des interactions concurrentielles ou entre prédateur et proie pourraient mettre en péril la durabilité des fonctions écologiques dont

dépendent les populations humaines (p. ex., Root et Schneider, 1993; Millennium Ecosystem Assessment, 2005). Cette situation s'applique particulièrement dans le cas des espèces susceptibles de subir des stress cumulatifs découlant du changement climatique, de l'accélération du développement et d'autres facteurs anthropiques.

4.9 TOURISME

Depuis quelques années, l'Arctique suscite un intérêt croissant et attire de plus en plus de touristes (Stewart et al., 2005). Malgré le manque de statistiques normalisées sur le tourisme pour l'ensemble de la région (Pagnan, 2003), on dispose de quelques indicateurs du nombre de visiteurs et de leur importance pour l'économie locale et régionale. C'est au Yukon que le tourisme rapporte le plus d'avantages économiques puisque environ 32 000 touristes y sont passés en 2002, générant une valeur économique de quelque 164 millions de dollars (Pagnan, 2003). Bien que les chasseurs et les pêcheurs ne représentent que 14 p. 100 des visiteurs des Territoires-du-Nord-Ouest, ils sont à l'origine d'environ 45 p. 100 du montant annuel injecté par les touristes dans l'économie du territoire. Au Nunavut, le tourisme est le quatrième secteur économique en importance; en 2003, 18 000 personnes ont visité le plus nouveau territoire canadien.

Depuis longtemps, le développement économique est l'élément moteur du tourisme dans le Nord (Stewart et al., 2005). La diversification de l'économie comporte certes des avantages économiques évidents, mais les effets du tourisme sur les collectivités nordiques et les entreprises locales suscitent néanmoins certaines inquiétudes. Les Inuits de Clyde River (Nunavut), par exemple, ont manifesté leur intérêt pour les occasions d'affaires associées au tourisme, dans la mesure où ces activités se développent de façon graduelle et restent entre les mains de la collectivité (Nickels et al., 1991; Stewart et al., 2005).

Dans l'Arctique, l'industrie du tourisme se bute à quelques difficultés particulières, dont la brièveté de la saison des voyages, les difficultés de transport, le coût de l'infrastructure et la dépendance à l'égard de la nature. Un climat en évolution pourrait avoir des effets positifs sur l'industrie du tourisme en facilitant l'accès et en prolongeant la saison des voyages. Si le passage du Nord-Ouest devenait de plus en plus navigable, les possibilités de croisière dans ces lieux sauvages relativement inconnus pourraient se multiplier (Stewart et al., 2005); cependant, les risques associés aux glaces demeureront probablement élevés durant encore plusieurs décennies (*voir les sections 3.1 et 4.5.1*).

5 COLLECTIVITÉS, SANTÉ ET BIEN-ÊTRE

Partout, dans le Nord, des collectivités font déjà état d'impacts et de difficultés associés au changement et à la variabilité du climat (p. ex., Krupnik et Jolly, 2002; Ford et al., 2006b; Nickels et al., 2006; Réseau canadien de recherche sur les impacts climatiques et l'adaptation-Nord, 2006a-c). La répartition des effets économiques, culturels, sociaux et sanitaires associés à l'évolution du climat variera d'une région à l'autre et d'un segment de la population à l'autre (Arctic Climate Impact Assessment, 2004, 2005). En outre, le climat

n'est qu'un seul des nombreux facteurs dont le changement a une incidence sur la nature des établissements et des populations des trois territoires canadiens (*voir la section 2.2*). Ce sont les interactions et les effets des changements en cours touchant les systèmes humains, économiques et biophysiques, aggravés par l'évolution du climat régional et local, qui ont une influence disproportionnée sur la santé et le bien-être des résidents du Nord (Chapin et al., 2005).

La majeure partie des recherches menées jusqu'ici quant aux effets du climat sur les systèmes anthropiques de l'Arctique abordent la question à l'échelle de l'individu ou d'une sous-population (p. ex., les chasseurs d'une localité). Les études de cas visant des collectivités, comme celles réalisées par Ford *et al.* (2006b), sont surtout axées sur de petites populations autochtones isolées et donnent des indications sur la vulnérabilité de certains résidents du Nord. La difficulté de comprendre la vulnérabilité de toute la région nordique est aggravée par la diversité des types de collectivités et leur nature dynamique. Les facteurs qui ont une incidence sur la vulnérabilité des collectivités (*voir* le chapitre 2) varient énormément selon qu'il s'agit de petites collectivités isolées à prédominance autochtone, de centres régionaux ou de municipalités nordiques d'envergure.

Des ateliers (p. ex., Council of Yukon First Nations et Arctic Athabaskan Council, 2003; Anonyme, 2006; Nickels *et al.*, 2006) ont permis de repérer diverses incidences locales et préoccupations pour l'avenir dans l'ensemble des territoires du Nord. Au cours de l'un des rares ateliers axés sur les municipalités, les résidents de Yellowknife ont soulevé de nombreux domaines d'incidence et de préoccupation, notamment ceux portant sur les eaux municipales et l'assainissement de l'eau, les routes et infrastructures municipales, les sources d'électricité, les stratégies d'adaptation et la planification (Anonyme, 2006). Bien que peu d'études se soient penchées sur la façon dont le changement climatique est pris en considération ou intégré dans la planification ou d'autres processus décisionnels aux échelons municipal et régional, certaines collectivités des Territoires du Nord-Ouest ont élaboré des processus de planification intégrée qui font intervenir à la fois la réduction des gaz à effet de serre et le développement d'une capacité d'adaptation à long terme (Bromley *et al.*, 2004). Un atelier régional a eu lieu au Nunavut et d'autres sont prévus qui porteront sur la planification de l'adaptation au changement climatique; des projets définis à caractère communautaire ont aussi été lancés à la suite de la tenue de cette première rencontre (Government of Nunavut, 2006). Les préoccupations communes des petits établissements isolés concernent non seulement les effets de la fonte du pergélisol et de l'érosion des côtes sur l'infrastructure, mais aussi les conséquences déjà perceptibles d'un climat en évolution sur leurs relations avec l'environnement local, les services qu'ils en tirent (p. ex., les aliments traditionnels, l'eau brute, certains aspects liés à la santé et au bien-être) et la place de l'environnement dans la culture, les traditions et l'identité locales (p. ex., Council of Yukon First Nations et Arctic Athabaskan Council, 2003; Nickels *et al.*, 2006).

Les effets du changement climatique sur les systèmes biophysiques et économiques du Nord (*voir* les sections 3 et 4), lorsqu'ils interagissent avec les facteurs de stress non reliés au climat, ont des répercussions tant directes qu'indirectes sur les résidents, leur santé et leur bien-être. La répartition et l'ampleur de ces impacts dépendent des vulnérabilités existantes et des caractéristiques de la capacité d'adaptation aux échelles individuelle et collective (Ford et Smit, 2004).

5.1 EFFETS DIRECTS SUR LA SANTÉ ET LE BIEN-ÊTRE

Les effets directs du climat sur la santé et le bien-être des habitants des collectivités nordiques sont surtout reliés aux températures et phénomènes météorologiques extrêmes et aux risques naturels (*voir* le tableau 15). Furgal *et al.* (sous presse) ont décrit en détail les aspects vulnérables de la santé humaine face au climat dans le Nord

canadien. D'autres études (p. ex., Berner *et al.*, 2005) ont porté sur les effets sur les résidents du Nord des changements du niveau d'exposition aux rayons ultraviolets-B.

Dans toutes les régions de l'Arctique canadien, des résidents de petites localités à prédominance autochtone signalent que les conditions météorologiques sont moins prévisibles qu'autrefois et, dans certains cas, que les tempêtes progressent plus rapidement (p. ex., Huntington *et al.*, 2005; Ford *et al.*, 2006b; Nickels *et al.*, 2006). Cette imprévisibilité limite les déplacements et la participation aux activités sur terre et de subsistance, et fait croître le risque de se perdre ou d'avoir des accidents sur terre (Ford et Smit, 2004; Ford *et al.*, 2006b; Nickels *et al.*, 2006). Selon les résidents d'Arctic Bay (Nunavut), la « fréquence accrue des tempêtes » augmente les risques de la navigation estivale et limite l'accès à certains territoires de chasse (Ford *et al.*, 2006b). Ces changements ont des répercussions économiques sur les particuliers et les ménages, qui voient augmenter les dommages subis par leur équipement et diminuer ou disparaître les prises de nourriture traditionnelle. Les températures extrêmes, qu'elles soient basses ou hautes, agissent directement sur la santé. Le Council of Yukon First Nations indique que 7 p. 100 des blessures subies par les jeunes sont liées au froid, comme l'hypothermie et les gelures (Council of Yukon First Nations, 2006); on signale aussi des cas de stress associé à la chaleur, surtout chez les personnes âgées, dans plusieurs régions (p. ex., Collectivités du Labrador *et al.*, 2005; Collectivités de la région désignée des Inuvialuits *et al.*, 2005). Selon des données qualitatives, l'incidence de blessures découlant d'accidents attribuables aux conditions météorologiques est en hausse dans les petites collectivités côtières de toutes les régions du Nord (Nickels *et al.*, 2006). Bien qu'une analyse préliminaire (Noonan *et al.*, 2005) ait démontré une augmentation de la variabilité quotidienne des conditions météorologiques au Nunavut et que les modèles climatiques prévoient une hausse de la fréquence et de la gravité des phénomènes extrêmes (tempêtes, inondations, formation de glace sur des couches de neige, sécheresses), les impacts de ce type de phénomènes sur la santé demeurent difficiles à prévoir (Berner *et al.*, 2005).

Afin de faire face à l'évolution des conditions météorologiques, les résidents du Nord signalent qu'il faut améliorer l'infrastructure permettant de communiquer l'information météorologique, notamment les services de téléphonie cellulaire et de radio émettant sur la bande CB, et construire sur les terres de nouveaux abris permanents qui serviront de refuge durant les tempêtes (Collectivités de la région désignée des Inuvialuits *et al.*, 2005). Dans les collectivités de Repulse Bay et d'Arctic Bay, au Nunavut, les résidents affirment que, lorsqu'ils partent à la chasse ou en voyage sur la terre, ils emportent plus de réserves qu'auparavant, par exemple des vêtements chauds additionnels, des briquets et de la nourriture supplémentaire, afin d'être prêts à affronter des conditions météorologiques imprévues (Collectivité de Repulse Bay *et al.*, 2005; Ford *et al.*, 2006b). Les gens deviennent, en outre, plus craintifs face au risque et certains résidents limitent leurs déplacements et leurs activités de chasse pour éviter les tempêtes. Dans plusieurs localités, les chasseurs déclarent avoir de plus en plus recours aux systèmes de positionnement par satellites (GPS) pour la navigation et à des véhicules plus gros ou plus rapides pour compenser les difficultés causées par un temps incrévable ou imprévisible. Ces adaptations peuvent cependant accroître l'exposition aux risques en créant une impression de sécurité chez les chasseurs et en encourageant les déplacements dans des circonstances dangereuses.

TABLEAU 15 : Sommaire des impacts directs possibles sur la santé associés au climat dans les régions nordiques (selon Furgal *et al.*, 2002).

Changement climatique constaté	Impacts directs potentiels sur la santé
Élevation (ordre de grandeur et fréquence) des températures extrêmes	Augmentation de la morbidité et de la mortalité associées à la chaleur et au froid
Augmentation de la fréquence et de l'intensité des phénomènes météorologiques extrêmes (p. ex. tempêtes, etc.)	Augmentation de la fréquence et de la gravité des accidents de chasse et de transport qui entraînent des blessures, la mort ou un stress psychosocial
Augmentation des conditions météorologiques non caractéristiques	
Augmentation de l'exposition au rayonnement ultraviolet-B	Augmentation des risques de cancer de la peau, de brûlures, de maladies infectieuses, d'affections oculaires (cataractes), d'immuno-suppression

Très peu de documents témoignent des dangers naturels associés aux conditions météorologiques, comme les avalanches, dans les régions nordiques. Des avalanches mortelles et des dommages à la propriété ont été enregistrés au Nunavik (Québec arctique), au Nunavut, dans les Territoires du Nord-Ouest et au Yukon, mais beaucoup moins souvent qu'en Colombie-Britannique ou en Alberta. Des phénomènes tels que l'avalanche de Kangiqsualujjuaq (Nunavik), qui a fait 9 morts et 25 blessés en 1999, illustrent la vulnérabilité des localités du Nord. Depuis quelques années, les résidents ont constaté une fréquence accrue des épisodes de gel et dégel hivernaux, qui créent des conditions favorables au déclenchement de glissements de neige et d'avalanches, surtout dans les régions de l'est de l'Arctique (Nickels *et al.*, 2006). Certaines parties de l'ouest de l'Arctique dans lesquelles un fort réchauffement hivernal a déjà été enregistré (p. ex., les collectivités des régions montagneuses du Yukon) sont particulièrement vulnérables au risque d'avalanche. Les glissements de terrain associés à de fortes pluies et au dégel du pergélisol sont un autre danger naturel lié au climat. D'après certaines collectivités d'Arctic Bay et de la région désignée des Inuvialuits (Nunavut), ces phénomènes, constatés pour la première fois depuis quelques décennies (Ford *et al.*, 2006b; Nickels *et al.*, 2006), rendent les conditions de déplacement de plus en plus dangereuses (Ford et Smit, 2004; Collectivité d'Arctic Bay *et al.*, 2006).

Peu de recherches ont examiné les risques associés à l'évolution du climat sur l'établissement des zones de risque et les stratégies d'adaptation des collectivités nordiques (Lied et Domaas, 2000). Newton *et al.* (2005) ont recommandé de réaliser des recherches appliquées en ce sens en collaboration avec les collectivités nordiques et les groupes autochtones, afin d'y inclure la compréhension et la connaissance locales des conditions climatiques. D'après certaines collectivités des régions montagneuses du Nord, compte tenu de l'augmentation de la menace de dangers naturels associés aux conditions météorologiques, il est de plus en plus important de disposer de personnel de recherche et de sauvetage en nombre suffisant et doté d'une formation adéquate (p. ex., Collectivité du Labrador *et al.*, 2005).

5.2 EFFETS INDIRECTS SUR LA SANTÉ ET LE BIEN-ÊTRE

Les répercussions indirectes d'un climat en évolution sur la santé et le bien-être des collectivités et les résidents du Nord sont attribuables aux changements des conditions de glace, à l'exposition à des maladies émergentes, à la transformation et à la détérioration de certains aspects de la sécurité alimentaire, aux conséquences de la fonte du pergélisol sur l'infrastructure communautaire et aux effets combinés des changements environnementaux et autres sur les habitants du Nord. Furgal *et al.* (sous presse) ont expliqué de façon détaillée les vulnérabilités de la santé humaine ayant des liens indirects avec le climat (*voir* le tableau 16). On trouvera ci-dessous un aperçu général des répercussions sur l'homme des changements de nature climatique dans les territoires nordiques.

Conditions de glace et sécurité

Selon des études scientifiques et les constatations locales des Autochtones, la période sans glace a tendance à s'allonger, tandis que l'épaisseur de la glace et l'étendue de la couverture de la glace de mer diminuent (*voir* la section 3.1; Huntington *et al.*, 2005; Walsh *et al.*, 2005; Ford *et al.*, 2006b; Gearheard *et al.*, 2006; Nickels *et al.*, 2006). Les modèles prévoient une poursuite de ces récentes tendances tout au long du XXI^e siècle, la plus forte perte estivale de glace de mer étant prévue dans la mer de Beaufort (Walsh *et al.*, 2005). Flato et Brown (1996) ont estimé que la poursuite du réchauffement provoquera une diminution de 0,06 m de l'épaisseur de la glace de rive et une réduction de la durée de couverture de 7,5 jours/1 °C. Si ces prévisions se révèlent fondées, une localité comme Arctic Bay (Nunavut) pourrait voir sa glace de rive s'amincir de 50 cm et la période de couverture raccourcir de deux mois d'ici 2080 à 2100 (Ford *et al.*, 2006b).

En plus des conséquences énumérées dans les sections 3 et 4, les changements de la couverture de glace sont également importants à la poursuite d'un bon nombre d'activités traditionnelles et de subsistance. La glace de mer constitue une plate-forme stable que les résidents du Nord peuvent emprunter pour se déplacer ou chasser; par ailleurs, elle est essentielle à la reproduction et à la survie de plusieurs espèces marines de l'Arctique (*voir* la section 4.8). Des résidents inuits font état d'une modification récente des caractéristiques de la glace, d'un danger croissant et d'un accès plus difficile aux territoires de chasse et de récolte d'aliments traditionnels dans l'ensemble des territoires (Riedlinger et Berkes, 2001; Huntington *et al.*, 2005; Ford *et al.*, 2006b; Nickels *et al.*, 2006). L'augmentation perçue du nombre d'accidents et de noyades associés aux conditions glaciaires (Lafortune *et al.*, 2004; Barron, 2006) pourrait se refléter dans les statistiques recueillies, lesquelles indiquent une incidence accrue de décès et de blessures accidentelles dans les petits établissements des Territoires du Nord-Ouest (Government of the Northwest Territories, 2004). La vitesse et le volume accrus de l'écoulement provenant de la fonte de la glace et de la neige créent un danger pour les jeunes enfants dans les collectivités nordiques. Parmi les impacts économiques qui découlent des changements de l'état de la glace figurent la perte de revenus due à la baisse des récoltes de phoques ou de narvals, les dommages causés à l'équipement et la difficulté d'accéder aux ressources fauniques pour se nourrir (Ford *et al.*, 2006b). Ces changements nuisent en outre à la cohésion sociale et au bien-être mental des résidents en perturbant le cycle traditionnel des

TABLEAU 16 : Sommaire des impacts indirects possibles sur la santé associés au climat dans les régions nordiques (selon Furgal *et al.*, 2002).

Changement climatique constaté	Impacts indirects potentiels sur la santé
Élevation (ordre de grandeur et fréquence) des températures extrêmes	Augmentation de l'incidence et de la transmission de maladies infectieuses, perturbations psychosociales
Diminution de la superficie, de la stabilité et de la durée de la couverture de glace	Augmentation de la fréquence et de la gravité des accidents de chasse et de transport qui entraînent des blessures, la mort ou un stress psychosocial Diminution de l'accessibilité des aliments traditionnels, réduction de la sécurité alimentaire, érosion des valeurs sociales et culturelles associées à la préparation, au partage et à la consommation d'aliments traditionnels
Transformation de la composition de la neige (augmentation de l'humidité entraînant une baisse de la qualité de la neige pour la construction d'igloos)	Difficulté de construire des abris (igloos) pour assurer la sécurité des déplacements sur terre
Accroissement de l'aire de répartition et de l'activité des agents infectieux nouveaux ou déjà présents (p. ex. les mouches piqueuses)	Augmentation de l'exposition aux maladies à transmission vectorielle, nouvelles ou déjà présentes
Changement de l'écologie locale des agents infectieux d'origine hydrique ou alimentaire (introduction de nouveaux parasites et baisse perçue de la qualité des sources naturelles)	Augmentation de l'incidence de maladies diarrhéiques et autres maladies infectieuses Émergence de nouvelles maladies
Augmentation de la fonte et de l'instabilité du pergélisol	Effets négatifs sur la stabilité de l'infrastructure de santé publique, de logement et de transport Perturbations psychosociales associées au déménagement (partiel ou complet) des collectivités
Élevation du niveau de la mer	Perturbations psychosociales associées aux dommages causés à l'infrastructure et au déménagement (partiel ou complet) des collectivités
Changements de la pollution atmosphérique (contaminants, pollens et spores)	Incidence accrue de maladies respiratoires et cardiovasculaires, augmentation de l'exposition aux contaminants environnementaux et répercussions subséquentes

pratiques liées à la terre (p. ex., Furgal *et al.*, 2002; Berner *et al.*, 2005). On signale que des changements semblables touchent les glaces en eau douce et l'accès aux ressources halieutiques, éléments essentiels pour beaucoup de populations autochtones et non autochtones du Nord (*voir* la section 4.7).

Pour s'adapter à l'évolution des conditions glacielles, les habitants ont dû modifier leurs comportements personnels et adopter de nouvelles technologies. Plusieurs collectivités déclarent avoir modifié leurs activités de chasse en réaction aux changements des conditions de la glace sur la mer, les lacs ou les cours d'eau. La collectivité d'Arctic Bay (Nunavut) a reporté une partie de son quota de chasse au narval du printemps à l'été afin d'atténuer les risques pour la sécurité liés à une rupture des glaces hâtive et moins prévisible, tout en augmentant les chances de récolter des animaux (Armitage, 2005; Collectivité d'Arctic Bay *et al.*, 2005). Certains chasseurs emportent désormais de petites embarcations au cas où ils resteraient pris sur des glaces à la dérive (Ford *et al.*, 2006b). Les chasseurs des collectivités côtières signalent qu'ils empruntent de nouvelles routes terrestres ou littorales pour accéder à des zones autrefois accessibles en circulant sur la glace de mer (Tremblay *et al.*, 2006). Certains résidents ont commencé à consulter l'imagerie satellitaire de l'état des glaces sur Internet avant de se rendre à la lisière de la banquise et nombre d'entre eux emportent un système de positionnement par satellites pour augmenter l'efficacité des déplacements et de la chasse et pour en atténuer les risques (Collectivités du Nunavut *et al.*, 2005; Ford *et al.*, 2006b; Gearheard *et al.*, 2006).

Réchauffement et maladies émergentes

Il y a, à l'heure actuelle, de nombreuses zoonoses chez des espèces hôtes de l'Arctique (p. ex., l'infection par *Trichinella* chez le morse et l'ours blanc et l'infection par *Cryptosporidium* chez les mammifères terrestres et marins), et certaines régions ont déjà signalé des cas majeurs de zoonoses chez les humains dans le passé (Proulx *et al.*, 2000). La relation entre les zoonoses et la température est confirmée par l'augmentation des cas de maladie et d'infections parasitaires chez les mammifères terrestres et marins, les oiseaux, les poissons et les mollusques et crustacés des régions arctiques pendant les années chaudes associées au phénomène El Niño-oscillation australe (El Niño-Southern Oscillation; Kutz *et al.*, 2004). Il est probable que l'allongement de la saison chaude qui résultera d'un climat en évolution transformera le type et l'incidence de maladies susceptibles de se transmettre de ces espèces aux résidents du Nord (Bradley *et al.*, 2005). On doit aussi prévoir des changements dans la manifestation géographique de ces maladies.

Dans les Territoires du Nord-Ouest, les maladies d'origine alimentaire et hydrique les plus courantes sont la giardiasie (contractée en buvant de l'eau contaminée) et l'infection à *Salmonella* et aux campylobactéries, qu'on contracte habituellement en mangeant des aliments contaminés crus ou insuffisamment cuits (Government of the Northwest Territories, 2005). Depuis quelques années, malgré la consommation de certains aliments traditionnellement mangés crus dans les collectivités autochtones, le taux d'infection à *Salmonella* et au campylobactéries a chuté dans les Territoires du Nord-Ouest (Government of the Northwest Territories, 2005). Cependant, des collectivités du centre et de l'est de l'Arctique ont constaté une multiplication des parasites chez le caribou depuis quelques années, constatation corroborée d'ailleurs par des études sur le bœuf musqué (Kutz *et al.*, 2004), et ils ont manifesté leur inquiétude quant à la comestibilité de cette viande (Nickels *et al.*, 2006).

Comme les hausses de température favorisent la survie hivernale et la répartition de certaines espèces d'insectes, le risque que représentent les maladies à transmission vectorielle d'origine humaine et animale endémiques à la région s'accroît, tout comme les possibilités d'introduction de nouvelles maladies dans les régions arctiques (Parkinson et Butler, 2005). Dans l'ouest de l'Arctique, des résidents inuvialuits ont signalé un nombre croissant d'insectes et d'espèces jamais observées auparavant à cet endroit, y compris des mouches piqueuses et des abeilles (Collectivités de la région des Inuvialuits *et al.*, 2005).

Sécurité alimentaire

Beaucoup de résidents du Nord se nourrissent d'une combinaison de produits alimentaires importés et d'aliments récoltés sur place (aliments traditionnels). Ces aliments traditionnels provenant du sol et de la mer, aussi bien des espèces animales que végétales, fournissent une grande part de l'énergie et des protéines nécessaires, aident les gens à satisfaire ou à dépasser leurs besoins nutritionnels quotidiens en plusieurs vitamines et éléments essentiels, aident l'organisme à lutter contre certains types de maladies cardiovasculaires et peuvent contribuer à atténuer les effets toxiques des contaminants (Blanchet *et al.*, 2000; Kuhnlein *et al.*, 2000; Van Oostdam *et al.*, 2005). La proportion du régime alimentaire que représentent les aliments traditionnels est beaucoup plus élevée chez les Autochtones et les personnes âgées que chez les autres résidents (Kuhnlein *et al.*, 2000; Van Oostdam *et al.*, 2005).

Par ailleurs, la chasse, la pêche et la cueillette occupent une place prédominante dans l'économie monétaire des collectivités nordiques et sont importantes pour préserver les relations sociales et l'identité culturelle des populations autochtones (Nuttall *et al.*, 2005). Les collectivités isolées, dont l'accès à des produits du marché frais et abordables est très limité, ont un plus grand besoin d'aliments traditionnels que les autres (*voir* la section 2.2 et le tableau 7). Malgré l'importance de ces aliments, les populations nordiques ont tendance à s'en éloigner pour privilégier de plus en plus les produits alimentaires du commerce, une tendance particulièrement marquée chez les jeunes et les résidents des collectivités qui y ont plus facilement accès (Receveur *et al.*, 1997).

Les modifications constatées dans la répartition des animaux, l'écologie locale et l'accès des habitants du Nord aux espèces comestibles traditionnelles par suite du changement climatique ont une incidence marquée sur la sécurité des aliments (Furgal *et al.*, 2002; Ford *et al.*, 2006b; Guyot *et al.*, 2006; Pratley, 2006). On signale que certains changements liés au climat qui touchent les espèces terrestres et marines (*voir* la section 4.8) ont une incidence sur la récolte d'espèces sauvages à certains endroits. Des résidents inuvialuits, par exemple, indiquent que les changements de la répartition des poissons et d'autres espèces sauvages, ajoutés aux violentes tempêtes et aux changements de la glace de mer et de la stabilité du pergélisol, rendent la récolte plus difficile qu'autrefois (Riedlinger, 2001). De nombreuses autres collectivités signalent aussi que la sécurité des aliments traditionnels souffre du changement des conditions environnementales (p. ex., Berkes et Jolly, 2002; Huntington *et al.*, 2005; Ford *et al.*, 2006b; Nickels *et al.*, 2006). Ces difficultés ne sont pas exclusives aux collectivités côtières. Les résidents de Beaver Creek (Yukon) et la Première

nation Deh Gah Got'ie de Fort Providence (Territoires du Nord-Ouest), par exemple, ont également été témoins de changements d'ordre climatique qui touchent certains aspects de leur récolte d'aliments traditionnels (Guyot *et al.*, 2006). Les discussions des impacts du changement climatique sur les moyens de subsistance des peuples autochtones concernent en premier lieu le maintien des relations entre l'homme et ses ressources alimentaires, et doivent tenir compte du fait que ces impacts risquent de provoquer des changements sociaux irréversibles (Nuttall *et al.*, 2005).

Par ailleurs, les aliments traditionnels sont la principale source d'exposition aux contaminants environnementaux pour les résidents du Nord (Van Oostdam *et al.*, 2005). Le changement climatique favorisera probablement le transport des contaminants, leur dépôt et leur absorption par les espèces sauvages de l'Arctique, ce qui aura des conséquences sur l'exposition de l'homme à ces contaminants (*voir* la section 4.8; Kraemer *et al.*, 2005). On connaît les effets nocifs des substances chimiques en cause sur les fonctions immunitaires et neuromotrices chez les enfants (Arctic Monitoring and Assessment Program 2003a; Després *et al.*, 2005). Le degré actuel d'exposition au mercure et à d'autres contaminants organochlorés de certains segments de la population du Nunavut dépasse le niveau recommandé de sécurité (Van Oostdam *et al.*, 2005).

La hausse des températures et l'allongement de la période de croissance offrent des possibilités de développement et de mise en valeur d'une agriculture nordique de petite échelle, surtout dans l'ouest de l'Arctique. En exploitant ces possibilités, on pourrait créer de nouvelles sources locales, plus rentables que les précédentes, de certains aliments. Le réchauffement aura, en outre, pour effet de rallonger la période sans glace et d'accroître la navigabilité des eaux nordiques (*voir* la section 4.5), ce qui permettrait éventuellement d'augmenter la fréquence des arrivages de produits dans les différentes localités et de réduire les coûts associés à certains produits du commerce.

Les individus s'adaptent de différentes façons aux difficultés d'accès aux aliments traditionnels, notamment en modifiant le calendrier de leurs activités de chasse et en changeant de mode de transport (p. ex., les véhicules tout terrain remplacent les motoneiges) pour atteindre les territoires de chasse et de pêche. Dans toutes les régions nordiques, des résidents ont affirmé avoir remplacé sur leur calendrier habituel d'activités de chasse des espèces maintenant difficiles à trouver par d'autres plus accessibles. Dans la localité de Kugaaruk (Nunavut), des résidents signalent que, lorsqu'il est trop dangereux de se déplacer sur la glace, les gens vont maintenant à la pêche au lieu de chasser le phoque sur la glace. Certaines régions ont indiqué qu'elles doivent avoir plus souvent recours au programme d'installation de congélateurs collectifs (Collectivités du Nunavik *et al.*, 2005; Collectivités de la région désignée des Inuvialuits *et al.*, 2005) ou qu'elles doivent mettre en place des programmes d'échanges intercommunautaires (p. ex., Collectivités du Nunavik *et al.*, 2005; Collectivité d'Arctic Bay *et al.*, 2006). Les coûts supplémentaires associés à quelquesunes de ces initiatives (p. ex., l'achat d'embarcations plus grandes, la consommation accrue de carburant pour atteindre les nouvelles voies de migration du caribou) n'ont pas fait l'objet d'évaluations, même s'ils ont des conséquences sur les budgets familiaux.

Qualité de l'eau

L'accès aux ressources en eau douce et leur qualité suscitent de graves préoccupations dans de nombreuses localités du Nord (*voir l'encadré 1*). Au Yukon, 25 p. 100 des résidents des Premières nations ont déclaré ne pas disposer d'eau de boisson salubre (Council of Yukon First Nations, 2006). Environ 2 p. 100 des résidents des Premières nations du Yukon tirent leur eau à usage domestique directement d'une source naturelle (Council of Yukon First Nations, 2006). On prévoit que les effets du climat sur le volume, la qualité et l'accessibilité des ressources en eau potable toucheront surtout les petites localités isolées du Nord, dont quelques-unes ont des problèmes à utiliser efficacement les systèmes de traitement municipaux (Moquin, 2005). Dans l'ouest de l'Arctique, on a signalé que l'élévation des températures a favorisé la croissance d'algues et de végétaux qui nuisent à la qualité de l'eau de source non traitée.

ENCADRÉ 1

Constatations locales des changements touchant les ressources hydriques

« *L'eau douce n'est plus aussi bonne qu'avant. Elle a un goût marécageux parce qu'elle reste trop immobile. Il y a beaucoup moins d'eau dans les ruisseaux maintenant... Certaines sources d'eau potable ont disparu.* » (Résident de Tuktoyaktuk; Collectivité de Tuktoyaktuk *et al.*, 2005 [traduction])

« *Les glaciers, qui autrefois descendaient jusqu'à la mer, ont tous reculé; certains ne sont même plus visibles. La neige, qui demeurait toute l'année dans les coins ombragés, a commencé à fondre; on ne peut plus compter sur elle pour s'approvisionner en eau durant l'été ... Les Inuits ont vraiment besoin de cette eau pour leur thé.* » (Pijamini, Nunavut Tunngavik Incorporated Elders Conference, 2001 [traduction])

La baisse de la qualité et de l'accessibilité de l'eau pousse les résidents du Nord à emporter de plus en plus d'eau embouteillée pour leurs expéditions de chasse et de pêche (Nickels *et al.*, 2006). Plusieurs collectivités ont indiqué qu'il faut accroître la fréquence des essais de qualité de l'eau, aussi bien pour l'eau de source non traitée que pour celle des réseaux municipaux, afin d'en garantir la salubrité et de rassurer les consommateurs d'eau potable.

Infrastructure communautaire

Les changements que subit le pergélisol risquent d'avoir d'importantes conséquences pour divers ouvrages d'infrastructure publique des établissements nordiques, y compris les réseaux d'égout et de traitement des eaux usées, les réseaux de distribution d'eau par canalisations, les logements et autres bâtiments et les routes d'accès (Warren *et al.*, 2005). Les problèmes actuels de surpeuplement, de qualité et de coût des logements que connaissent de nombreux résidents du Nord compliquent davantage la situation. En 2001, 54 p. 100 des résidents du Nunavut, 35 p. 100 de ceux de la région désignée des Inuvialuits, aux Territoires du Nord-Ouest, et 43 p. 100 de ceux du Yukon vivaient dans des logements surpeuplés (Statistique Canada, 2001; Council of Yukon First Nations, 2006), tandis que 16 p. 100 des logements des Territoires du Nord-Ouest et 33 p. 100 de ceux du Yukon avaient besoin de réparations majeures, comparativement à la moyenne nationale de 8 p. 100 (Statistique Canada, 2001; Government of the Northwest Territories, 2005;

Council of Yukon First Nations, 2006). Les petites localités sont les plus durement touchées par ces problèmes (Government of the Northwest Territories, 2005).

Les localités côtières situées sur des terres basses, dans les zones à haut risque de fonte du pergélisol (c.-à-d. là où on trouve beaucoup de glace massive dans le sol), sont les plus susceptibles de voir leur infrastructure subir des dommages (*voir Smith et Burgess, 2004*). Quelques collectivités de ces régions font déjà état de dommages à leurs bâtiments causés par les forces combinées de l'érosion côtière et de la dégradation du pergélisol (*voir la section 3.7; Collectivité d'Aklavik *et al.*, 2005; Collectivité de Tuktoyaktuk *et al.*, 2005*).

La dégradation du pergélisol et l'érosion côtière ont aussi des endommagé d'importants sites culturels (Colette, 2007), impacts susceptibles un jour d'obliger certaines collectivités à déménager leurs installations, en tout ou en partie (Barrow *et al.*, 2004). Bien qu'à certains endroits, comme à Tuktoyaktuk, on ait solidifié la côte pour atténuer l'érosion associée à l'intensification des ondes de tempête, à la réduction de la couverture de glace de mer et à la hausse du niveau de l'eau, la solution reste temporaire. La collectivité de Tuktoyaktuk a entrepris des consultations sur un éventuel plan de déplacement de certaines parties de ses installations (Collectivité de Tuktoyaktuk *et al.*, 2005). Dans de nombreuses localités, les résidents réagissent à l'érosion en éloignant les bâtiments de la côte (Collectivités de la région désignée des Inuvialuits *et al.*, 2005).

Dans l'une des rares études réalisées sur les coûts d'adaptation de l'infrastructure, Hoeve *et al.* (2006) ont dressé la liste des fondations de bâtiments de six collectivités des Territoires du Nord-Ouest et, à l'aide d'une méthode à base de scénarios, ils ont évalué le coût d'adaptation pour l'ensemble du territoire. Si on présume que les localités choisies étaient représentatives de celles de l'ensemble des Territoires du Nord-Ouest, l'évaluation des dépenses initiales associées à l'adaptation pourrait atteindre jusqu'à 420 millions de dollars (étant donné la situation du pire scénario possible, soit dans le cas où toutes les fondations auraient besoin de réfection).

Multiplicité des stress et des impacts

Les changements environnementaux agissent aussi sur la santé et le bien-être mentaux des nombreux résidents du Nord dont le gagne-pain et le mode de vie sont étroitement associés au milieu local. C'est particulièrement le cas pour environ la moitié des habitants de l'Arctique, dont la culture, la langue et l'identité sont inextricablement liées à la terre et à la mer de par leur patrimoine et leur identité autochtones (*voir les encadrés 2 à 4*). La perturbation des cycles et des habitudes de chasse traditionnels (Ford *et al.*, 2006b; Nickels *et al.*, 2006), la baisse de la capacité des aînés de prévoir les conditions météorologiques et de transmettre l'information aux autres membres de la collectivité, et l'inquiétude de voir disparaître des cimetières et des logements sous l'effet de l'érosion côtière (Collectivité de Tuktoyaktuk *et al.*, 2005) sont quelques exemples des perturbations sociales qui peuvent toucher des collectivités déjà aux prises avec d'importantes transformations dues à des forces internes et externes. Des chercheurs ont associé le stress qui résulte de ces changements multiples à certains symptômes de détresse psychosociale, mentale et sociale, comme l'alcoolisme, la violence et le suicide (Berner *et al.*, 2005; Curtis *et al.*, 2005).

Chaque région du Nord du Canada est unique en ce qui a trait aux forces environnementales, sociales, culturelles, économiques et politiques qui régissent le changement aux échelles locale et

régionale. Cet état de choses concerne particulièrement les régions et localités qui connaissent divers types de changements accélérés dans plusieurs secteurs à la fois (Chapin *et al.*, 2005). Dans plusieurs régions, par exemple, la place grandissante de l'économie basée sur les salaires a réduit non seulement le besoin de chasse, de pêche et de cueillette, mais aussi le temps disponible pour pratiquer ces activités. Dès lors, il s'est développé et transmis moins de connaissances traditionnelles et de respect pour l'environnement, au détriment des jeunes générations, et les avantages de la consommation d'aliments locaux pour la santé s'en sont trouvés réduits. L'économie basée sur les salaires apporte cependant des ressources permettant aux gens de s'adapter en achetant de l'équipement de chasse (p. ex., des embarcations, des VTT, des motoneiges) qui leur permet de chasser un plus grand nombre d'espèces sur un territoire plus vaste. Les divers aspects de l'évolution du climat peuvent renforcer, affaiblir ou modifier les principaux facteurs de changement dans une localité ou région donnée (McCarthy *et al.*, 2005). Après avoir examiné les principaux facteurs et leurs interactions, Chapin *et al.* (2005) ont conclu que la

détérioration des liens culturels avec les activités traditionnelles et de subsistance, et tout ce qu'elles représentent, est la cause la plus alarmante de la diminution du bien-être constatée à l'heure actuelle chez les Autochtones des régions arctiques circumpolaires (Chapin *et al.*, 2005).

5.3 CAPACITÉ D'ADAPTATION

L'adaptation se fait au niveau de l'individu, de la collectivité ou du système et aux échelles locale, régionale ou nationale (*voir* le chapitre 10; Gouvernement du Canada, 2001). Dans de nombreux cas, les mesures d'adaptation les plus efficaces et durables se prennent à l'échelle locale et impliquent directement les personnes concernées (Clark, 2006; Furgal et Seguin, 2006). Les institutions qui facilitent les relations entre différentes échelles aident à accroître la résilience face au changement (Berkes *et al.*, 2005). À ce jour, les études de l'adaptation réalisées sur le Nord du Canada portent principalement sur les collectivités isolées regroupant surtout des résidents autochtones (p. ex., Berkes et Jolly, 2002, et des chapitres

ENCADRÉ 2

Points de vue autochtones sur les impacts du changement climatique et l'adaptation nécessaire : les préoccupations et les priorités des Inuits (préparé par l'Inuit Tapiriit Kanatami)

Le Canada compte environ 53 400 Inuits, regroupés dans la région désignée des Inuvialuits, sur la mer de Beaufort; dans les régions de Kitikmeot, Kivalliq et Qikiqtani, au Nunavut; au Nunavik, dans le nord du Québec; et au Nunatsiavut, dans le nord du Labrador (Statistique Canada, 2001). Les collectivités inuites partagent plusieurs caractéristiques qui les distinguent des autres Autochtones du Nord et des populations du sud du Canada et qui ont une grande incidence sur leur vulnérabilité à l'évolution du climat.

Dans presque tous les cas, les collectivités inuites ont été établies au cours des 50 à 60 dernières années, sont situées sur la côte de l'Arctique ou de l'Atlantique, ne disposent d'aucun accès routier et dépendent de la santé et de la gestion des terres et des océans pour soutenir un mode de vie fondé principalement sur les activités et les ressources marines. Avant de se regrouper en collectivités, la majorité des Inuits étaient nomades, vivant dans des camps de chasse dispersés dans l'Arctique et suivant les espèces sauvages en migration. Aujourd'hui, les collectivités tentent de trouver le moyen de fournir une infrastructure et des services suffisants pour répondre aux besoins existants tout en anticipant les pressions supplémentaires qui s'exercent sur une population jeune en croissance rapide. Comme les autres peuples autochtones du Canada, les Inuits ont vu leur société, leur langue et leur culture changer rapidement et fondamentalement depuis le moment où a eu lieu le contact initial, et ces changements se poursuivent. D'importants écarts séparent les Inuits des autres Canadiens dans des domaines comme la santé, le niveau de scolarisation secondaire et postsecondaire, les besoins de logement, l'accès aux initiatives de développement préscolaire, le taux d'incarcération, le taux d'emploi et le revenu.

Les institutions politiques et administratives innovantes mises sur pied par les Inuits, sous la forme des quatre accords sur les revendications territoriales visant des territoires inuits traditionnels, jouent un rôle essentiel pour résoudre les difficultés et saisir les occasions liées au changement climatique. Le Nunaat inuit (les terres

inuites visées par les quatre accords) représente environ 40 p. 100 de la masse terrestre du Canada et une proportion encore plus grande de la superficie totale, terrestre et marine, du Canada. Il comprend un peu moins de la moitié des côtes du Canada, la quasi-totalité d'un territoire (le Nunavut) et des parties de deux autres territoires (les Territoires du Nord-Ouest et le Yukon) et de deux provinces (le Québec et Terre-Neuve-et-Labrador). À titre de propriétaires fonciers de quelques-unes des régions du pays les plus sensibles et les plus vulnérables aux impacts du changement climatique, les Inuits ont un rôle essentiel à jouer dans la résolution de ce problème crucial.

Par l'entremise de leurs organisations régionales, nationales et internationales, les Inuits ont pris des mesures pour déterminer les impacts de la variabilité et de l'évolution du climat qui ont une importance particulière pour leurs populations; le tableau 17 en donne un aperçu. L'accord de partenariat conclu le 31 mai 2005 entre les Inuits du Canada et le gouvernement fédéral comprend un plan d'action des Inuits qui décrit les activités et les initiatives à réaliser dans un délai de trois ans. Une des plus importantes questions abordées par ce plan est celle de la variabilité et du changement du climat. À cet égard, le plan demande : 1) un processus stratégique qui intègre les connaissances inuites et scientifiques; 2) la mise en place d'un processus dirigé par les Inuits pour traiter des préoccupations qui leur sont propres; 3) une collaboration accrue des Inuits et du gouvernement du Canada dans l'examen de moyens d'atténuer le changement climatique et de s'y adapter, aux échelles nationale et internationale; 4) un processus de suivi des recommandations de l'*Arctic Climate Impact Assessment*; 5) l'élaboration d'outils de renforcement durable des capacités pour soutenir le travail de recherche et de planification effectué par les Inuits relativement aux impacts et à l'adaptation; 6) l'établissement d'une stratégie sur le changement climatique dans l'Arctique canadien qui vise à la fois l'atténuation et l'adaptation. Le plan d'action insiste en outre sur l'importance de la collaboration dans les grandes activités internationales en matière de changement climatique, comme celles qui découlent de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC), de la Convention sur la diversité biologique (CDB), de la Commission nord-américaine de coopération environnementale et du Conseil de l'Arctique.

ENCADRÉ 2 (suite)

TABLEAU 17 : Priorités des Inuits du Canada en matière d'impacts du changement climatique et d'adaptation à ce changement.

Question prioritaire	Importance pour les Inuits
Espèces sauvages	Pour les Inuits, les espèces sauvages ne sont pas uniquement une question de subsistance et d'alimentation. Elles jouent un rôle dans la préservation et la promotion de la langue, de la culture et du savoir traditionnel. Aujourd'hui encore, la chasse est un processus social d'apprentissage et de transmission des connaissances au sein des collectivités. Certaines espèces clés (p. ex., l'ours blanc) doivent faire l'objet d'une attention particulière afin que l'on trouve un équilibre entre les intérêts de la conservation et ceux de la gestion en vue d'une exploitation judicieuse par les Inuits dans l'avenir.
Infrastructures	Les collectivités inuites, principalement situées sur les terres basses des zones côtières, doivent, dans bien des cas prendre des mesures immédiates pour protéger les côtes et les bâtiments. Elles doivent aussi envisager un futur déménagement par suite des dommages que ne cesse de causer une érosion dévastatrice.
Santé humaine	De nombreuses collectivités inuites témoignent déjà d'impacts sur la santé. L'état de santé des Inuits est menacé et le climat agira sur les vulnérabilités (sociales, physiques et mentales) existantes. La capacité d'adaptation est limitée par des facteurs tels que l'accès aux services médicaux et d'urgence, déjà beaucoup moins bons dans les localités inuites qu'ailleurs dans le pays.
Sécurité alimentaire et contaminants	Les impacts déjà observés sur la sécurité alimentaire des Inuits devraient s'ajouter aux effets actuellement reconnus des contaminants présents dans les aliments traditionnels. L'adaptation de la réaction à la présence de contaminants dépend de l'éducation et de la disponibilité des renseignements venus de l'extérieur. Actuellement, la capacité de surveillance et de recherche nécessaire pour prendre des décisions éclairées est limitée. Pour le moment, les Inuits ne disposent que d'un accès économique restreint aux aliments de remplacement (produits alimentaires sains du marché).
Savoir traditionnel	Le savoir environnemental traditionnel (cycles saisonniers, prévision météorologique, migration des animaux, qualité et volume de la glace de mer) forme une partie importante de la culture des Inuits. Les connaissances inuites jouent un rôle essentiel dans l'élaboration des politiques du Nord et des règlements sur les espèces en péril et la gestion des espèces sauvages. Le changement climatique, associé à l'évolution des collectivités, menace et érode le savoir traditionnel des Inuits. La contribution de ce savoir à la capacité d'adaptation permet cependant de s'éveiller à sa valeur et à son importance pour l'avenir.
Économie	Le changement climatique nuit à la capacité des Inuits de gagner un revenu, mais accroît leurs dépenses. Les Inuits ont déjà commencé à s'adapter, mais les ménages doivent porter le fardeau des impacts économiques, qui ne peut que s'alourdir.
Gestion des urgences	La protection civile est très critique pour les petites localités isolées, comme celles où vivent de nombreux Inuits. Les dangers environnementaux, de plus en plus graves et variés, mettent en péril un nombre croissant de jeunes Inuits lors des déplacements sur les terres. Les opérations de recherche et de sauvetage, de plus en plus fréquentes, deviennent aussi plus dangereuses. En raison de la multiplication des risques potentiels pour la santé, il faut améliorer la capacité et les plans d'intervention d'urgence, ainsi que les stratégies de secours.
Sécurité et souveraineté	Les terres traditionnelles inuites comprennent une grande partie des côtes de l'Arctique, et presque toutes les localités inuites sont côtières. L'accroissement du transport maritime et l'ouverture de ports dans l'Arctique apporteront d'importants changements dans les collectivités inuites, y compris des risques associés à d'éventuelles catastrophes environnementales (déversements), des changements socioculturels et certains avantages (multiplication des possibilités d'emploi rémunéré).

ENCADRÉ 3

Points de vue autochtones sur les impacts du changement climatique et l'adaptation nécessaire : les collectivités des Premières nations du Yukon (préparé par le Council of Yukon First Nations)

Le Council of Yukon First Nations (CYFN) représente 11 des 14 Premières nations du Yukon, de même que quatre Premières nations Gwich'in de la région du delta du Mackenzie. Le CYFN s'est engagé à promouvoir une gestion responsable des ressources humaines et naturelles au sein de tous les territoires traditionnels des Premières nations qui en sont membres. Des aînés et d'autres membres de Premières nations ont déjà signalé certains effets observables du changement climatique sur les écosystèmes, par exemple la modification du débit saisonnier des cours d'eau, des infestations d'insectes et la transformation de la composition des forêts. En partenariat avec l'Arctic Athabaskan Council (AAC), le CYFN a participé à l'*Arctic Climate Impact Assessment* et appuie la mise en œuvre de ses principales recommandations. Le CYFN a axé sa propre stratégie en matière de changement climatique sur ces mêmes objectifs. La réponse de l'organisation s'articule autour de trois grands thèmes :

- la capacité fondamentale de coordonner et de gérer les réactions des Premières nations du Yukon aux impacts du changement climatique;
- le soutien à la recherche communautaire dirigée;
- la communication, l'éducation du public et l'élaboration de partenariats.

Pour comprendre de façon globale les possibilités d'adaptation, on estime important de mener les recherches et la surveillance à l'échelle locale. Pour le CYFN, ce type de recherche et de surveillance soulignerait non seulement l'importance d'accumuler des connaissances détaillées sur les perspectives locales et de comprendre le changement climatique, mais aussi la nécessité que

l'information soit mise en commun entre divers groupes, notamment les collectivités, les scientifiques et les décideurs. Les différents ateliers et conférences organisés par le CYFN depuis quelques années ont permis de documenter les préoccupations et les priorités des collectivités. On y retrouve des préoccupations quant aux effets possibles du changement climatique sur les aspects traditionnels et non traditionnels de la société, sur les interactions sociales et culturelles de la collectivité et sur les activités économiques d'échelles locale et régionale. Les documents décrivent, en outre, les problèmes que les collectivités estiment bien présents aujourd'hui ou susceptibles de se présenter dans l'avenir, ainsi que la façon de s'organiser, à l'aide de mesures d'adaptation efficaces, pour tirer parti des nouvelles possibilités. Le tableau 18 présente les principaux thèmes de recherche définis en consultation avec les collectivités de Premières nations.

L'essentiel de la méthode adoptée par le CYFN pour améliorer la capacité d'adaptation des collectivités consiste à fournir les bons renseignements aux bonnes personnes, au moment opportun. D'après les conclusions des plus récentes recherches et évaluations, on fait valoir que, pour promouvoir et soutenir le maintien des moyens de subsistance et des traditions culturelles des peuples et collectivités autochtones, il faut transmettre ces renseignements aux décideurs de tous ordres afin de favoriser l'élaboration et la mise en œuvre proactives de politiques et de mesures appropriées. Les aînés des Premières nations du Yukon ont mis sur pied le comité des aînés sur le changement climatique, et participé et contribué à la direction des travaux du CYFN sur les questions liées au changement climatique. Ils estiment qu'en communiquant leur savoir, ils apporteront un nouvel éclairage qui favorisera la compréhension nécessaire pour formuler des stratégies nationales et circumpolaires visant à étudier et à résoudre la question. À court terme, les efforts du CYFN ont pour objectif premier de faire participer ses collectivités membres et de les aider à comprendre et à développer leur propre capacité d'adaptation, ainsi qu'à résoudre les conflits face aux impacts du changement climatique.

TABLEAU 18 : Thèmes prioritaires pour la recherche sur le changement climatique tels que définis par le Conseil des Premières nations du Yukon, en consultation avec les collectivités de Premières nations du Yukon.

Question prioritaire	Importance pour les collectivités du Council of Yukon First Nations
Sécurité alimentaire	Les pratiques traditionnelles liées aux ressources, comme la chasse, la garde de troupeaux, la pêche et la cueillette, demeurent d'une importance cruciale pour l'économie, la culture et la santé locales des Premières nations du Yukon. Depuis des siècles, les conditions environnementales caractéristiques de la région ont permis aux collectivités et aux peuples de mettre au point des techniques et des connaissances, transmises de génération en génération. Mais les conditions changent et les pratiques liées aux ressources s'en ressentent déjà. Les accords actuels protègent l'accès des Premières nations du Yukon aux poissons et aux espèces sauvages, ainsi que leur droit juridique de chasser et de pêcher, mais ces institutions risquent d'être remises en question par suite de l'évolution du climat. Pour protéger ces ressources au profit des membres des Premières nations, il est donc essentiel de bien comprendre les conséquences politiques qui touchent à la sécurité alimentaire.
Santé et bien-être communautaires	L'introduction possible de nouvelles maladies au Yukon menace directement les collectivités de Premières nations. Les effets combinés des changements biophysiques (climatiques), sociaux, économiques et culturels actuellement en cours risquent fort d'avoir des conséquences néfastes sur la santé, déjà attaquée de toutes parts. Les impacts possibles sur la durabilité de l'économie traditionnelle du Yukon et l'incidence indirecte sur la santé et le bien-être sont énormes, mais mal connus.
Conflits d'utilisation des ressources	En raison de la forte participation à l'économie basée sur les salaires comme à l'économie traditionnelle, et de l'incidence éventuelle du changement climatique sur ces deux secteurs économiques, il est essentiel de bien comprendre les conflits susceptibles de naître des impacts et de la concurrence entre ces secteurs. Il faut comprendre les effets cumulatifs, y compris les effets du climat, associés aux grands développements au Yukon.
Protection civile	Actuellement, on connaît trop peu le niveau de protection civile des collectivités de Premières nations du Yukon et les effets possibles du climat sur les localités isolées, surtout au vu de l'augmentation des risques associés aux phénomènes météorologiques extrêmes et aux catastrophes naturelles connexes, comme les feux de forêt.

ENCADRÉ 4

Points de vue autochtones sur les impacts du changement climatique et l'adaptation nécessaire : la Nation dénée (*tiré de Paci et al., 2005*)

La Nation dénée est l'organisation politique autochtone mandatée pour représenter les intérêts et les convictions du Denendeh, qui regroupe plus de 25 000 résidents répartis dans 29 localités et cinq zones culturellement et géographiquement distinctes. Comme les Premières nations des autres régions de l'Arctique, les Dénés constatent et signalent des changements d'ordre climatique et environnemental propres aux habitants de leur région. Un groupe de travail environnemental du Denendeh (Denendeh Environmental Working Group, ou DEWG) rassemble des Dénés et des invités du gouvernement, d'universités et d'organisations non gouvernementales dans des ateliers sur les connaissances et les constatations relatives au changement climatique. Des ateliers ont déjà eu lieu sur les thèmes du changement climatique et de ses impacts sur les forêts, l'eau et les poissons. Jusqu'ici, quatre grandes questions ont orienté les discussions du DEWG sur le climat (Paci et al., 2005, p. 80) :

- Le Denendeh est-il différent de ce qu'il était autrefois? Le changement climatique joue-t-il un rôle dans ces modifications? Peut-on envisager d'autres causes?
- Quels sont les programmes disponibles en matière de changement climatique? Comment les collectivités dénées peuvent-elles participer davantage à la recherche et à la communication à ce sujet?
- S'il est important de documenter les perspectives et les connaissances des Dénés sur le changement climatique, comment devrait-on les rassembler et les communiquer aux décideurs, aux gouvernements et aux gens de l'extérieur de la région nordique?
- Le DEWG est-il un mécanisme efficace pour discuter du changement climatique? De quoi devrait-on parler? Que doit-on faire d'autre?

Une description plus complète du changement climatique et de ses effets constatés au Denendeh par des Dénés figure dans l'*Arctic Climate Impact Assessment* (Paci et al., 2005).

de cet ouvrage; Nickels et al., 2002; Ford et al., 2006b). La documentation scientifique aborde assez rarement les effets de l'évolution du climat sur les résidents non autochtones ou l'adaptation dans les grandes municipalités. L'importance de questions comme celles ayant trait aux impacts et aux vulnérabilités des infrastructures municipales et de transport a été reconnue cependant et, depuis quelques années, certains gouvernements font des efforts pour trouver les solutions qui s'imposent (p. ex., Government of Nunavut, 2006).

Il ressort des ateliers et des projets de recherche menés dans l'ensemble de la région nordique que les particuliers ont déjà commencé à s'adapter pour réduire les impacts du changement climatique sur divers aspects de leur vie et de leurs moyens de subsistance, surtout de façon réactionnelle (*voir les exemples des sections ci-dessus*). La capacité d'adaptation dépend de facteurs tels que l'accès aux ressources économiques, à la technologie, à l'information et aux compétences, les dispositions institutionnelles, l'équité entre les membres du groupe, la perception du risque et l'état de santé (*voir le chapitre 2*; p. ex., Kovats et al., 2003; Smit et

Pilifosova, 2003). Comme le décrit la section 2.2, nombre de ces facteurs varient grandement d'une région à l'autre, mais également au sein d'une même région, entre les petites localités isolées et les municipalités ou centres régionaux plus grands. C'est ce qui explique que, face au changement climatique et autres, la capacité d'adaptation et la résilience des individus et des collectivités varient en fonction de facteurs géographiques, sociodémographiques, économiques et culturels. On peut, cependant, repérer un certain nombre de sources de résilience et de vulnérabilité sociales et économiques communes à beaucoup de sociétés de l'Arctique et y associer des possibilités d'adaptation (*voir le tableau 19*; Chapin et al., 2006).

Érosion des capacités traditionnelles

L'Arctique a déjà connu d'importants changements climatiques. Les enregistrements archéologiques, les analyses ethnohistoriques et la mémoire des aînés autochtones relatent en détail l'influence dominante que les changements périodiques, irréguliers et souvent spectaculaires des écosystèmes, déclenchés par des périodes de réchauffement et de refroidissement et des phénomènes météorologiques extrêmes, exercent depuis toujours sur la vie humaine dans l'Arctique. La présence continue des peuples autochtones dans l'Arctique ne peut s'expliquer que par la capacité de leurs pratiques sociales, économiques et culturelles de s'ajuster à la variabilité et à l'évolution du climat. Durant des millénaires, les populations de l'Arctique se sont adaptées à des changements environnementaux graduels, ou même soudains, en déplaçant leurs établissements vers des milieux plus favorables et le long des voies migratoires des animaux (Nuttall et al., 2005). Les énormes changements sociaux, culturels et économiques survenus depuis que les peuples autochtones se sont établis dans des localités permanentes, surtout au cours des 50 à 60 dernières années, ont considérablement érodé les aspects traditionnels de leur résilience socio-écologique et de leur capacité d'adaptation (Berkes et Jolly, 2002). Les nouvelles possibilités économiques qui pourraient découler du changement climatique devraient entraîner une hausse de l'emploi salarié, susceptible à son tour de réduire les occasions personnelles d'acquérir les compétences et les connaissances traditionnelles basées sur la terre qui sont nécessaires pour maintenir certains aspects de la subsistance et des modes de vie traditionnels.

Ressources économiques

Si petites ou isolées soient-elles, les collectivités nordiques ont un lien économique et politique avec les courants nationaux. Les obstacles au commerce, les régimes de gestion des espèces sauvages et les intérêts politiques, juridiques et de conservation nuisent à la capacité des habitants du Nord d'affronter les défis que pose un climat en évolution. Parmi les enjeux qui concernent le Nord, plusieurs ne s'appliquent à aucune autre région du Canada. Par exemple, même si le gouvernement du Nunavut estime qu'il en coûterait environ 35 millions de dollars canadiens par année pour remplacer les aliments obtenus au moyen d'activités traditionnelles et de subsistance, il est pratiquement impossible de convertir cette richesse traditionnelle en argent pour acheter, faire fonctionner et entretenir l'équipement des chasseurs. L'abandon de la chasse et le remplacement des aliments traditionnels par des aliments importés seraient non seulement nuisibles pour la santé, mais aussi extrêmement coûteux (Nuttall et al., 2005).

TABLEAU 19 : Sources de résilience et de vulnérabilité sociales et économiques qui caractérisent de nombreux systèmes arctiques (*tiré de Chapin et al., 2006*).

Caractéristiques de l'Arctique	Sources de résilience	Sources de vulnérabilité	Possibilités d'adaptation
Propriétés sociales et institutionnelles	Partage des ressources et des risques entre les réseaux de parenté Personnes possédant plusieurs emplois et compétences (« hommes à tout faire »)	Infrastructure scolaire insuffisante pour planifier en vue des changements à venir Main-d'œuvre relativement peu qualifiée	La grande diversité culturelle favorise l'apprentissage et l'innovation
Les méthodes de tenure et les droits d'utilisation des terres varient d'une région à l'autre; les plus fermes offrent une souplesse suffisante pour l'adaptation.			
Propriétés économiques	La combinaison de l'économie de subsistance et de l'économie basée sur les salaires comporte la souplesse requise pour l'adaptation au changement	Dissociation des stimulants et des conséquences économiques du changement climatique L'économie d'extraction non diversifiée résulte en une alternance d'expansion et de récession Certaines politiques et infrastructures font obstacle aux déménagements requis par le changement climatique	Remplacement des importations coûteuses (aliments, combustibles) par des ressources locales Richesse nationale suffisante pour investir dans l'adaptation
Le prélèvement de rentes associées au développement varie d'une région à l'autre; là où il existe, ce système permet de bâtir l'infrastructure et le capital social nécessaires à l'adaptation et à la diversification.			

Dans de nombreuses régions nordiques, l'économie axée sur l'exploitation des ressources naturelles constitue une base économique qui soutient diverses adaptations aux changements environnementaux. C'est pourquoi certaines régions bien placées pour profiter de ces activités ont une capacité d'adaptation à court terme beaucoup plus grande que les autres. Cependant, comme le note le juge Berger (Berger, 2006), les Inuits (comme tous les autres gens du Nord, d'ailleurs) doivent être éduqués et prêts à saisir les occasions économiques susceptibles de découler des changements à venir dans le Nord, comme la multiplication des projets d'exploration et de développement pétroliers et gaziers, la mise en valeur intensive des ressources minières, l'amélioration de la navigation, la poursuite d'activités portuaires et de travaux d'infrastructure. À l'heure actuelle, le niveau de scolarité et de qualification de la main-d'œuvre limite souvent la capacité des résidents du Nord à tirer parti de possibilités de ce genre.

Information et technologie

Dans leurs analyses de la vulnérabilité au changement climatique, Ford *et al.* (2006b) ont examiné l'importance des techniques et des connaissances traditionnelles, des réseaux sociaux et de la flexibilité quant à l'utilisation des ressources, particulièrement chez les chasseurs. De nombreuses autres études ont signalé l'importance de conjuguer les connaissances scientifiques et traditionnelles pour s'efforcer de comprendre les divers aspects du changement climatique, de ses impacts et des solutions envisagées à l'échelle locale (p. ex., Parlee *et al.*, 2005; Furgal *et al.*, 2006; Gearheard *et al.*, 2006; Laidler, 2006). Les techniques et les systèmes de connaissances traditionnels, essentiels à de nombreuses réactions individuelles au changement environnemental, sont malgré tout remis en question et parfois érodés par les forces combinées des changements environnementaux et sociaux que connaissent les collectivités nordiques (Nuttall *et al.*, 2005; Ford *et al.*, 2006b; Lacroix, 2006). Ce phénomène est particulièrement marqué chez les

jeunes résidents autochtones qui occupent un emploi rémunéré à plein temps. Malgré tout, si leur capacité d'adaptation au changement environnemental s'atténue d'une part, elle s'accroît d'autre part grâce à un accès amélioré aux ressources économiques et à la technologie. C'est pourquoi il est difficile de prévoir l'effet résultant de la combinaison de toutes les forces de changement dans un avenir tant soit peu lointain.

Politiques et capacité institutionnelle

Chapin *et al.* (2006) et Ford *et al.* (2007) ont recommandé des politiques d'adaptation visant à soutenir divers aspects de la résilience au sein des collectivités et des secteurs nordiques. Il s'agit notamment, entre autres, d'assurer la souplesse des régimes de gestion des ressources (p. ex., Adger, 2003), de soutenir l'enseignement structuré des compétences et des connaissances traditionnelles, et d'apporter un soutien économique au maintien des modes de vie traditionnel et de subsistance (p. ex., Ford *et al.*, 2007). Ces auteurs insistent en outre sur l'enseignement et le développement de compétences qui permettront aux résidents du Nord d'être mieux préparés pour s'adapter à l'évolution accélérée du milieu social, économique et physique du Nord, et à pouvoir en tirer profit (p. ex., Berger, 2006).

Pour élaborer et mettre en œuvre ce type de politiques, les institutions doivent être sensibilisées à la question et faire preuve de vision. Le mode d'interaction entre les organisations et les individus est particulièrement important, aussi bien dans le secteur public et dans l'ensemble des organisations gouvernementales et non gouvernementales qu'au sein de la société (Adger, 2003; Willems et Baumert, 2003; Berkes *et al.*, 2005). Il existe quelques exemples de la capacité des institutions dans le Nord de faire face au changement climatique. Là où, soit les ministères gouvernementaux et les organisations ont réussi à élaborer et à mettre en place des plans d'adaptation, soit des groupes se sont assuré le concours d'organismes autochtones, de représentants du gouvernement et du

public en général en vue d'identifier les problèmes qu'ils ont en commun et les moyens de les résoudre, on constate l'impact que peut avoir la mobilisation des ressources locales, territoriales et régionales. De toute façon, tout indique que la mise en œuvre des politiques et des mesures appropriées ne pourra se faire de façon efficace sans qu'on maintienne et renforce l'expertise en matière de climat, et qu'on crée même de nouvelles dispositions

institutionnelles dans divers domaines stratégiques propres au Nord, surtout liés à la sécurité publique et au développement économique. Il est important de viser à avoir recours à la capacité actuelle des institutions d'intégrer les préoccupations climatiques (générales) aux domaines couverts à l'heure actuelle par les politiques et les programmes.

6 CONCLUSIONS

Le climat de l'Arctique canadien a déjà subi des changements considérables qui provoquent des effets en cascade sur les systèmes physiques, biologiques, économiques et sociaux de la région. À cause de leur dépendance envers la prévisibilité et la stabilité caractéristique de la cryosphère (neige, glaciers, glace d'eau douce et de mer, pergélisol), ces systèmes ont une sensibilité relativement élevée au changement climatique. Selon toute probabilité, les tendances climatiques actuelles vont aller en s'intensifiant et engendreront des conditions, des difficultés et des perspectives exceptionnelles d'adaptation aussi bien pour la nature que pour l'homme.

On s'attend à des changements majeurs dans toute une gamme de secteurs de ressources naturelles, dont la production d'hydroélectricité, le pétrole et le gaz, les mines, la foresterie et les pêches. À divers endroits, il faudra adapter les installations hydroélectriques au changement de régime de débit associé aux modifications du moment de survenue et du volume du ruissellement provenant de la fonte des neiges. Mais, surtout, à mesure qu'augmenteront les besoins en énergie renouvelable, il faudra envisager les répercussions de la construction de nouveaux ouvrages de retenue, surtout dans le bassin du Mackenzie, qui coule vers le nord. Les plus anciens ouvrages d'infrastructure de l'Arctique, s'ils sont construits sur du pergélisol vulnérable au dégel, devront peut-être faire l'objet d'une adaptation structurale ou opérationnelle afin de résister au dégel du pergélisol, et on constate qu'à certains endroits des mesures d'adaptation ont déjà été entreprises (*voir la section 4.4*). L'industrie minière, elle, doit régler la grande question du confinement des déchets. Jusqu'ici, l'industrie a toujours tablé sur l'étanchéité du pergélisol pour l'entreposage à long terme, mais, dans l'avenir, le dégel de celui-ci risque d'exclure tout recours à des méthodes d'entreposage en surface et d'imposer l'assainissement des vieux sites de stockage. Dans le cas de l'industrie du pétrole et du gaz, le changement climatique aura des effets sur l'exploration, la production et le transport. La réduction projetée de la couverture de glace de mer, par exemple, sera probablement avantageuse pour l'exploration et la mise en valeur des secteurs de l'énergie et des mines, ce qui stimulera le développement économique.

Les activités de transport maritime et fluvial devront s'adapter à la réduction de l'épaisseur et de la superficie saisonnières de la couche de glace qui recouvre les cours d'eau, les lacs et les mers. Il pourrait se révéler nécessaire, d'une part, de changer de type de navire et de voies navigables pour le transport maritime ou, d'autre part,

d'accroître le transport terrestre et par barge si les routes et les franchissements sur la glace deviennent moins sûrs. Pour le transport maritime, l'accessibilité accrue soulève, en outre, des questions importantes quant à l'utilisation internationale du passage du Nord-Ouest. En permettant aux promoteurs d'accéder à des ressources naturelles jusque-là trop isolées et de les exploiter de façon rentable, le développement du transport maritime et terrestre créerait une synergie favorisant l'exploration de ces ressources. Ces changements s'accompagneront de nouveaux risques et de nouvelles possibilités pour les établissements humains. L'arrivée de l'emploi rémunéré pourrait améliorer la capacité d'adaptation à certains impacts climatiques, cependant une participation accrue au système d'emplois à plein temps ne peut que continuer d'être liée à la tendance actuelle à l'érosion des valeurs sociales et culturelles.

Dans les secteurs de la pêche et de la foresterie, le changement de qualité et de superficie des habitats nécessitera des adaptations touchant aussi bien les stratégies de gestion que les équipements utilisés. De plus, les espèces envahissantes et les changements constatés au niveau de la biodiversité y suscitent des inquiétudes. Les deux secteurs devront modifier leurs plans de gestion durable afin de faire face à l'évolution future du climat. Comme certaines espèces sauvages essentielles de l'Arctique ressentent déjà les impacts d'un climat en évolution à la limite sud de leur aire de répartition, il pourrait être nécessaire de modifier les régimes de gestion et, éventuellement, d'apporter des changements aux limites des aires de protection. Des mesures visant à mieux comprendre et à protéger les espèces génétiquement uniques et sensibles dont l'abondance a récemment périclité, comme les hardes de caribous du centre et de l'ouest de l'Arctique, contribueront à favoriser la santé et le bien-être culturel des populations autochtones de l'Arctique.

Les impacts des extrêmes climatiques et des catastrophes naturelles qui touchent directement la santé sont très importants pour les résidents des localités les plus exposées aux forces environnementales (p. ex., sur les terres basses des zones côtières éloignées et les régions montagneuses isolées), lesquelles sont situées loin des services de santé d'urgence et dotées de plans de protection civile peu élaborés. Les personnes âgées ou souffrant déjà de problèmes de santé sont les plus vulnérables aux températures extrêmes. Parmi les populations les plus durement exposées aux effets indirects du changement climatique, nombre d'entre elles subissent déjà un stress provoqué par d'autres types de changements, de sorte qu'il devient souvent difficile d'isoler le rôle

précis du climat. Compte tenu de l'augmentation de l'exposition associée à la consommation d'eau non traitée et des problèmes que pose l'utilisation efficace des réseaux municipaux d'assainissement des eaux dans de nombreuses petites collectivités, ces établissements sont plus vulnérables que les autres aux effets du réchauffement sur la qualité de l'eau potable. Cependant, les grandes collectivités risquent aussi de connaître des problèmes de qualité de l'eau et d'approvisionnement en eau, puisque la disponibilité, le traitement et la distribution de l'eau potable nécessitent en général une plate-forme de pergélisol stable pour servir d'assise au bassin ou au lac de rétention et, à l'heure actuelle, la stabilité de la plate-forme est en péril.

Les collectivités et les ménages les plus vulnérables aux impacts du climat sur la sécurité alimentaire sont ceux qui dépendent d'un nombre limité d'espèces comestibles traditionnelles, consomment beaucoup d'aliments traditionnels, sont situés loin des centres régionaux et ont un accès limité aux aliments du marché. Nombre de ces collectivités n'ont pas les ressources économiques nécessaires pour acheter l'équipement de chasse et de transport récent et puissant qui les aiderait à s'adapter aux nouvelles conditions environnementales. Certaines ont élaboré des mesures d'adaptation telles que des programmes d'échanges intercommunautaires, l'installation de congélateurs collectifs et diverses modifications des comportements individuels, dans le but d'atténuer les effets déjà ressentis.

En raison de la diversité politique, culturelle et économique du Nord canadien, les collectivités sont touchées de façons différentes par le changement environnemental et y réagissent différemment. Face à nombre des impacts climatiques recensés à l'heure actuelle, il semble que les grandes municipalités et leurs résidents présentent une vulnérabilité moins prononcée que les petites

collectivités isolées. En règle générale, les grandes municipalités sont moins exposées aux risques climatiques et ont une meilleure capacité d'adaptation (p. ex., un meilleur accès aux ressources économiques, à la technologie, à l'infrastructure et aux services de santé). Cependant, les groupes et les individus qui habitent les centres régionaux dépendent de l'infrastructure municipale, elle-même sensible au changement climatique. Dans les petites localités à prédominance autochtone, beaucoup d'autres facteurs déterminent de façon plus prononcée la capacité d'adaptation, dont les connaissances et les techniques traditionnelles, le capital social, ainsi que la perception et la conscience du risque. Comme la vulnérabilité dépend de l'exposition et de la capacité d'adaptation et que ces concepts, face aux divers impacts et possibilités associés au climat, varient d'une localité à l'autre et même au sein de chaque collectivité, il est impossible de tirer des conclusions générales sur la vulnérabilité au changement climatique dans le Nord canadien.

De toute évidence, l'Arctique canadien subit déjà une évolution notable du climat qui touche presque tous les aspects de l'environnement et de la population du Nord. Beaucoup de collectivités ont déjà commencé à s'adapter. Des lacunes sur le plan des connaissances persistent cependant, surtout en ce qui a trait aux seuils correspondant à la manifestation des impacts, à la meilleure façon d'appuyer les efforts d'adaptation en cours, à l'identification des endroits où l'adaptation demeure impossible et à la détermination des limites s'appliquant aux stratégies d'adaptation propres à certaines localités et à certains groupes spécifiques. En renforçant la compréhension dans ces domaines, il sera possible à l'avenir d'appuyer d'une façon plus avisée la prise de décisions à leur égard.

7 REMERCIEMENTS

Les auteurs expriment leur gratitude à Ross Mackay (Environnement Canada, Centre national de recherche hydrologique) qui a procédé à la capture et au traitement de données et Elaine Barrow qui a élaboré des scénarios climatiques prévisionnels. Les auteurs remercient également Steve Deschênes, Jane Drengson et Simon Van de Wall (Water and Climate Impacts Research Centre, Environnement Canada) pour leur lecture attentive des épreuves. Ils reconnaissent aussi la contribution de Margaret Treble et de Brian Dempson (tous deux de Pêches et Océans Canada) à la section du chapitre portant sur les pêches.

Les auteurs tiennent aussi à remercier les personnes suivantes qui, par leur participation à des ateliers régionaux, ont contribué à l'élaboration de ce chapitre sur le Nord du Canada:

Rick Armstrong, David Black, Jackie Bourgeois, Bob Bromley, Lilian Chau, Yanie Chauret, Rebecca Chouinard, Shirley Cook, Paul Crowley, Pauline Deehan, Cindy Dickson, Michelle Edwards, Karen Felker, Aleta Fowler, Savanna Hayes, Jenny Ipirq, Stanley James, Mary Jane Johnson, Tom Livingston, Hugh Lloyd, John MacDonald, Johanna Martin, Steve Matthews, David Milbourne, Scott Milton, Lorne Napier, Marie-Eve Neron, Mike Nitsiza, Aynslie Ogden, Bruce Rigby, Doug Ritchie, Julie Roberge, June Shappa, Jamal Shirley, John Streicker, Mary Tapsell, Jessica Thiessen, Mary-Ellen Thomas, Dan Utting, Jody Butler Walker, Laurie Anne White, Michael Westlake, Richard Zieba.

RÉFÉRENCES

- Abdalati, W., W. Krabill, E. Frederick, S. Manizade, C. Martin, J. Sonntag, R. Swift, R. Thomas, J. Yungel et R. Koerner. « Elevation changes of ice caps in the Canadian Arctic Archipelago », *Journal of Geophysical Research*, vol. 109, 2004, F04007, doi:10.1029/2003JF000045.
- Adams, W.P. « Snow and ice on lakes », dans *Handbook of Snow*, D.M. Gray et D.H. Male (éd.), Pergamon Press, Toronto (Ontario), 1981, pp. 437–474.
- Adger, W.N. « Social capital, collective action and adaptation to climate change », *Economic Geography*, vol. 79, n° 4, 2003, pp. 387–404.
- Affaires indiennes et du Nord Canada. Programme aliments-poste – Panier de provisions nordique, Affaires indiennes et du Nord Canada, 2007, <http://www.ainc-inac.gc.ca/ps/nap/air/Fruijui/NFB/nfb_f.html> [consultation : 30 juillet 2007].
- Agra Earth and Environmental Limited et Nixon Geotech Ltd. *Monograph on Norman Wells pipeline geotechnical design and performance*, Commission géologique du Canada, Dossier public 3773, 1999, 120 p.
- Alsek Renewable Resource Council. Strategic forest management plan for the Champagne and Aishihik traditional territory: community directions for a sustainable forest; Champagne and Aishihik Traditional Territory, 2004, <http://caforestry.ca/documents/catt_final_forestplan.pdf> [consultation : 19 juillet 2007].
- Amstrup, S.C., I. Stirling, T.S. Smith, C. Perham et G.W. Thiemann. « Recent observations of intraspecific predation and cannibalism among polar bears in the southern Beaufort Sea », *Polar Biology*, vol. 29, n° 11, 2006, pp. 997–1002.
- Anisimov, O.A., D.G. Vaughan, T.V. Callaghan, C. Furgal, H. Marchant, T.D. Prowse, H. Vilhjálmsson et J.E. Walsh. "Polar Regions (Arctic and Antarctic)", dans Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability, contribution du groupe de travail II au Quatrième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, M.L. Parry, J.P. Palutikof, P.J. vander Linden et C.E. Hanson (éd.), Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni, 2007, pp. 653–685.
- Anonyme. Municipal Climate Change Adaptation Workshop, Yellowknife, Ecology North, Yellowknife (Territoires-du-Nord-Ouest), 2006.
- Arctic Climate Impact Assessment. *Impacts of a Warming Arctic: Arctic Climate Impact Assessment*; Cambridge University Press, Cambridge (Royaume-Uni), 2004, 140 p, <<http://www.amap.no/workdocs/index.cfm?dirsub=%2FACIA%2Foverview>>, [consultation : 31 juillet 2007].
- Arctic Climate Impact Assessment. Arctic Climate Impact Assessment, Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni, 2005, 1042 p.
- Arctic Monitoring and Assessment Program. Arctic pollution 2002: persistent organic pollutants, heavy metals, radioactivity, human health, changing pathways, Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Oslo (Norvège), 2002, 112 p.
- Arctic Monitoring and Assessment Program (2003a): AMAP assessment 2002: human health in the Arctic, Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Oslo (Norvège), 2003a, 137 p.
- Arctic Monitoring and Assessment Program (2003b): AMAP assessment 2002: the influence of global change on contaminant pathways to, within, and from the Arctic, Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Oslo (Norvège), 2003b, 65 p.
- ArcticNet. ArcticNet Réseau de centres d'excellence du Canada, ArcticNet, Laval (Québec), 2007, <<http://www.arcticnet-ulaval.ca/>>, [consultation : 30 juillet 2007].
- Arendt, A.A., K.E. Echelmeyer, W.D. Harrison, C.A. Lingle et V.B. Valentine. « Rapid wastage of Alaska glaciers and their contribution to rising sea level », *Science*, vol. 297, n° 5580, 2002, pp. 382–386.
- Armitage, D.R. « Community-based narwhal management in Nunavut, Canada: change, uncertainty and adaptation », *Society and Natural Resources*, vol. 18, n° 8, 2005, pp. 715–731.
- Arnell, N.W. « Climate change and global water resources », *Global Environmental Change*, vol. 9, supplémentaire, 1999, pp. S31–S49.
- Arora, V.K. et G.J. Boer. « Effects of simulated climate change on the hydrology of major river basins », *Journal of Geophysical Research*, vol. 106, n° D4, 2001, pp. 3335–3348.
- Association canadienne des barrages. Dans *Canada Register, Association canadienne des barrages*, mars 2003.
- Atkinson, D.E. « Observed storminess patterns and trends in the circum-Arctic coastal regime », *Geo-Marine Letters*, vol. 25, 2005, pp. 98–109.
- Atkinson, D.E., R.Brown, B. Alt, T. Agnew, J. Bourgeois, M. Burgess, C. Duguay, H. Henry, S. Jeffers, R. Koerner, A.G. Lewkowicz, S. McCourt, H. Melling, M. Sharp, S. Smith, A. Walker, K. Wilson, S. Wolfe, M.-K. Woo et K. Young. « Canadian cryospheric response to an anomalous warm summer: a synthesis of the Climate Change Action Fund Project 'The state of the Arctic Cryosphere during the extreme warm summer of 1998' », *Atmosphere-Ocean*, vol. 44, 2006, pp. 347–375.
- Barber, D. et J. Iacozza. « Historical analysis of sea ice conditions in Mc Clintock Channel and the Gulf of Boothia, Nunavut: implications for ringed seal and polar bear habitat », *Arctic*, vol. 57, n° 1, 2004, pp. 1–14.
- Barber, D., L. Fortier et M. Byers. « The incredible shrinking sea ice », *Policy Options*, vol. 27, n° 1, 2006, pp. 66–71.
- Barber, V., G. Judy et B. Finney. « Reduced growth of Alaskan white spruce in the twentieth century from temperature-induced drought stress », *Nature*, vol. 405, n° 6787, 2000, pp. 668–672.
- Barron, M. *A summary of health related effects of climate change in four Arctic regions organized by health determinant, based on a synthesis of project and workshop reports*, rédigé par Barron Research Consulting, Dundas (Ontario) pour Santé Canada, Bureau du changement climatique et de la santé, 2006.
- Barrow, E., B. Maxwell et P. Gachon. Climate variability and change in Canada: past, present and future, Environnement Canada, Service météorologique du Canada, ACSD Science Assessment Series n° 2., 2004.
- Barry, R.G. « Canada's cold seas », dans *Canada's Cold Environments*, H.M. French et O. Slaymaker (éd.), McGill University Press, Montréal (Québec), 1993, pp. 29–61.
- Bathurst Inlet Port and Road Joint Venture Ltd. Bathurst port and road project, Bathurst Inlet Port and Road Joint Venture Ltd 2003, <<http://www.nunalogistics.com/projects/clients/bathurst/index.html>>, [consultation : 10 mai 2007].
- Bathurst Inlet Port and Road Joint Venture Ltd. The Bathurst inlet port and road project, Bathurst Inlet Port and Road Joint Venture Ltd, 2007, <<http://www.bipr.ca/>>, [consultation : 16 août 2007].
- Belchansky, G.I., D.C. Douglas et N.G. Platonov. « Spatial and temporal variations in the age structure of Arctic sea ice », *Geophysical Research Letters*, vol. 32, article n° L18504, 2005, doi:10.1029/2005GL023976.
- Beltaos, S. et T.D. Prowse. « Climate impacts on extreme ice jam events in Canadian rivers », *Hydrological Sciences Journal*, vol. 46, n° 1, 2001, pp. 157–181.
- Beorger, T.R. *Accord sur les revendications territoriales du Nunavut : négociations du contrat de mise en œuvre pour la deuxième période de planification 2003–2013 — Rapport final du conciliateur : « le Projet Nunavut »*, Affaires indiennes et du Nord Canada, 2006, 74 p.,
- Berkes, F. et D. Jolly. « Adapting to climate change: socio-ecological resilience in a Canadian western Arctic community », *Conservation Ecology*, vol. 5, n° 2, 2002, pp. 18–33.
- Berkes, F., N. Bankes, M. Marschke, D. Armitage et D. Clark. « Cross-scale institutions and building resilience in the Canadian North », dans *Breaking Ice: Renewable Resource and Ocean Management in the Canadian North*, F. Berkes, R. Huebert, H. Fast, M. Manseau et A. Diduck (éd.), University of Calgary Press, Calgary (Alberta), 2005, pp. 225–247.
- Berner, J., C. Furgal, P. Bjerregaard, M. Bradley, T. Curtis, E. DeFabio, J. Hassi, W. Keatinge, S. Kvernmo, S. Nayha, H. Rintamaki et J. Warren. « Human health », dans *Arctic Climate Impact Assessment*; Cambridge University Press, Cambridge (Royaume-Uni), 2005, pp. 863–906.
- BGC Engineering Ltd. *Implications of global warming and the precautionary principle in northern mine design and closure*, rapport rédigé par BGC Engineering Ltd. pour Affaires indiennes et du Nord Canada, 2003.
- Blanchet, C., E. Dewailly, P. Ayotte, S. Bruneau, O. Receveur et B.J. Holub. « Contribution of selected traditional and market foods to the diet of Nunavik Inuit women », *Revue canadienne de la pratique et de la recherche en diététique*, vol. 61, n° 2, 2000, pp. 1–9.
- Blanken, P.D., W.R. Rouse, A.D. Culf, C. Spence, L.D. Boudreau, J.N. Jasper, B. Kochtubajda, W.M. Schertzer, P. Marsh et D. Verseghehy. « Eddy covariance measurements of evaporation from Great Slave Lake, Northwest Territories, Canada », *Water Resources Research*, vol. 36, 2000, pp. 1069–1078.
- Bogoyavlenskiy, D. et A. Siggner. « Arctic demography », dans *Arctic Human Development Report*, N. Einarsson, J.N. Larsen, A. Nilsson et O.R. Young (éd.), Steffanson Arctic Institute, Akureyri (Islande), 2004, pp. 27–41.
- Bonsal, B.R. et T.D. Prowse. « Trends and variability in spring and autumn 0°C isotherm dates over Canada », *Climatic Change*, vol. 57, n° 3, 2003, pp. 341–358.
- Bonsal, B.R. et T.D. Prowse. « Regional assessment of GCM-simulated current climate over northern Canada », *Arctic*, vol. 59, n° 2, 2006, pp. 115–128.
- Bonsal, B.R., A. Shabbar et K. Higuchi. « Impacts of low frequency variability modes on Canadian winter temperature », *International Journal of Climatology*, vol. 21, n° 1, 2001a, pp. 95–108.
- Bonsal, B.R., X. Zhang, L.A. Vincent et W.D. Hogg. « Characteristics of daily and extreme temperature over Canada », *Journal of Climate*, vol. 14, n° 9, 2001b, pp. 1959–1976.
- Bradley, M.J., S.J. Kutz, E. Jenkins et T.M. O'Hara. « The potential impact of climate change on infectious diseases of Arctic fauna », *International Journal of Circumpolar Health*, vol. 65, n° 4, 2005, pp. 468–477.
- Broll, G., C. Tarnocai et J. Gould. *Long-term high Arctic ecosystem monitoring in Quttinirpaaq National Park, Ellesmere Island, Canada*, compte rendu de la 8e Conférence internationale sur le pergélisol tenue en juillet 2003 à Zurich (Suisse), M. Phillips, S.M. Springman et L.U. Arenson (éd.), A.A. Balkema, Lisse (Pays-Bas), 2003, pp. 89–94.
- Bromley, B., J. Row, M. Salkeld, P. SJoman, T. Weis et P. Cobb. *Wha Ti Community Energy Plan: options for energy supply and management for Wha Ti, Northwest Territories*, Ecology North et Pembina Institute, Yellowknife (Territoires du Nord-Ouest), 2004, 138 p.
- Brotton, J. et G. Wall. « Climate change and the Bathurst Caribou herd in the Northwest Territories, Canada », *Climatic Change*, vol. 35, n° 1, 1997, pp. 35–52.
- Brown, J., K.M. Hinkel et F.E. Nelson. « The Circumpolar Active Layer Monitoring (CALM) Program: research designs and initial results », *Polar Geography*, vol. 24, n° 3, 2000, pp. 165–258.
- Brown, R.D. « Northern Hemisphere snow cover variability and change, 1915–1997 », *Journal of Climate*, vol. 13, n° 13, 2000, pp. 2339–2355.

- Brown, R.D. et R.O. Braaten. « Spatial and temporal variability of Canadian monthly snow depths, 1946–1995 », *Atmosphere-Ocean*, vol. 36, n° 1, 1998, pp. 37–54.
- Brown, R.D. et P. Coté. « Interannual variability of landfast ice thickness in the Canadian high Arctic, 1950–89 », *Arctic*, vol. 45, n° 3, 1992, pp. 273–284.
- Brown, R.D., M.N. Demuth, B.E. Goodison, P. Marsh, T.D. Prowse, S.L. Smith et M.-K. Woo. « variabilité et changements climatiques — cryosphère », dans *Menaces pour la disponibilité de l'eau au Canada*, Environnement Canada, Service météorologique du Canada, Institut national de recherche sur les eaux, Série de rapports d'évaluation scientifique de l'INRE, no 3 et ACSD Science Assessment Series, n° 1, 2004, pp. 125–136.
- Brown, R.J.E. *Permafrost in Canada: Its Influence on Northern Development*, University of Toronto Press, Toronto (Ontario), 1970, 234 p.
- Bruce, J., I. Burton, H. Martin, B. Mills et L. Mortsch. *Water sector: vulnerability and adaptation to climate change*, rapport final rédigé pour le Programme sur les impacts et l'adaptation aux changements climatiques, Ressources naturelles Canada, 2000, 144 p., <http://adaptation.nrcan.gc.ca/projdb/pdf/37_e.pdf>, [consultation : 20 juillet 2007].
- Burgess, M.M. et S.L. Smith. *17 years of thaw penetration and surface settlement observations in permafrost terrain along the Norman Wells pipeline, Northwest Territories, Canada*, compte rendu de la 8e Conférence internationale sur le pergélisol tenue en juillet 2003 à Zurich (Suisse), M. Phillips, S.M. Springman et L.U. Arenson (éd.), A.A. Balkema, Lisse (Pays-Bas), 2003, pp. 107–112.
- Callaghan, T.V., L.O. Björn, F.S. Chapin, III, Y. Chernov, T.R. Christensen, B. Huntley, R. Ims, M. Johansson, D.J. Riedlinger, S. Jonasson, N. Matveyeva, W. Oechel, N. Panikov et G. Shaver. « Arctic tundra and polar desert ecosystems », dans *Arctic Climate Impact Assessment*, Cambridge University Press, Londres (Royaume-Uni), 2005, pp. 243–352.
- Carmack E.C. « The Arctic Ocean's freshwater budget: sources, storage and export », dans *The Freshwater Budget of the Arctic Ocean*, E.L. Lewis, E.P. Jones, P. Lemke, T. D. Prowse et P. Wadhams (éd.), Kluwer Academic Publishers, Dordrecht (Pays-Bas), 2000, pp. 91–126.
- Chapin, F.S., III, M. Berman, T.V. Callaghan, P. Convey, A.S. Crédit, K. Danell, H. Ducklow, B. Forbes, G. Kofinas, A.D. McGuire, M. Nuttall, R. Virginia, O. Young et S.A. Zimov. « Polar systems; in *Ecosystems and Human Well-being: Current State and Trends, Millennium Ecosystem Assessment*, Island Press, Washington, DC, 2005, pp. 717–743.
- Chapin, F.S., III, M. Hoel, S.R. Carpenter, J. Lubchenco, B. Walker, T.V. Callaghan, C. Folke, S. Levin, K.-G. Mäler, C. Nilsson, S. Barrett, F. Berkes, A.-S. Crédit, K. Danell, T. Rosswall, D. Starrett, T. Xepapadeas et S.A. Zimov. « Building resilience and adaptation to manage arctic change », *Ambio*, vol. 35, n° 4, 2006, pp. 198–202.
- Chartrand, A. « The Northwest Passage: is Canada's sovereignty floating away? », *International Journal*, vol. 60, n° 3, 2005, pp. 831–848.
- Chartrand, J., K. Lysyshyn, R. Couture, S.D. Robinson et M.M. Burgess. *Digital geotechnical borehole databases and viewers for Norman Wells and Tuktoyaktuk, Northwest Territories*, Commission géologique du Canada, Dossier public 3912, 2002, cédrom.
- Clague, J.J., B.H. Luckman, R.D. Van Dorp, R. Gilbert, D. Froese, B.J.L. Jensen et A. Reyes. « Rapid changes in the level of Kluane Lake in Yukon Territory over the last millennium », *Quaternary Research*, vol. 66, n° 2, 2006, pp. 342–355.
- Clark, D. *Climate change and social/cultural values in the southwest Yukon: a resilience-building perspective*, rapport rédigé pour le Northern Climate Exchange, tenu le 6 mars 2006 à Whitehorse (Yukon), 2006, <http://yukon.taiga.net/swyukon/extranet/social_backgrounder_2.pdf>, [consultation : 31 juillet 2007].
- Clarke, R.M. « An overview of Canada's Arctic marine fisheries and their management with emphasis on the Northwest Territories », dans *Perspectives on Canadian Marine Fisheries Management*, L.S. Parsons et W.H. Lear (éd.), *Journal canadien des sciences halieutiques et aquatiques*, vol. 226, 1993, pp. 211–241.
- Coad, B.W. et J.D. Reist. *Annotated list of the Arctic marine fish of Canada*, rapport manuscrit canadien des sciences halieutiques et aquatiques, vol. 2674, 2004, 112 p.
- Colette, A. *Case studies on climate change and world heritage*, Centre du patrimoine mondial de l'UNESCO, Paris, France, 2007, 79 p.
- Collectivité d'Aklavik, S. Nickels, C. Furgal, J. Castleden, B. Armstrong, M. Buell D. Dillon, R. Fonger et P. Moss-Davies. *Unikkaaqatigii: putting the human face on climate change — perspectives from Aklavik, Inuvialuit Settlement Region*, publication conjointe du Inuit Tapiritt Kanatami, du Nasivvik Centre for Inuit Health and Changing Environments à l'Université Laval et du Ajuungnginiq Centre à la National Aboriginal Health Organization, Ottawa (Ontario), 2005, 42 p.
- Collectivité d'Arctic Bay, S. Nickels, C. Furgal, J. Akumilik et B.J. Barnes. *Unikkaaqatigii: putting the human face on climate change — perspectives from Arctic Bay, Nunavut*, publication conjointe du Inuit Tapiritt Kanatami, du Nasivvik Centre for Inuit Health and Changing Environments à l'Université Laval et du Ajuungnginiq Centre à la National Aboriginal Health Organization, Ottawa (Ontario), 2006, 26 p.
- Collectivités de la région désignée des Inuvialuits, S. Nickels, M. Buell, C. Furgal et H. Moquin. *Unikkaaqatigii: putting the human Face on climate change — perspectives from the Inuvialuit Settlement Region*, publication conjointe du Inuit Tapiritt Kanatami, du Nasivvik Centre for Inuit Health and Changing Environments à l'Université Laval et du Ajuungnginiq Centre à la National Aboriginal Health Organization, Ottawa (Ontario), 2005, 30 p.
- Collectivité de Repulse Bay, S. Nickels, C. Furgal, J. Akumilik et B.J. Barnes. *Unikkaaqatigii: putting the human face on climate change — perspectives from Repulse Bay, Nunavut*, publication conjointe du Inuit Tapiritt Kanatami, du Nasivvik Centre for Inuit Health and Changing Environments à l'Université Laval et du Ajuungnginiq Centre à la National Aboriginal Health Organization, Ottawa (Ontario), 2005, 30 p.
- Collectivité de Tuktoyaktuk, S. Nickels, C. Furgal, J. Castleden, B. Armstrong, R. Binder, M. Buell, D. Dillon, R. Fonger et P. Moss-Davies. *Unikkaaqatigii: putting the human face on climate change — perspectives from Tuktoyaktuk, Inuvialuit Settlement Region*, publication conjointe du Inuit Tapiritt Kanatami, du Nasivvik Centre for Inuit Health and Changing Environments à l'Université Laval et du Ajuungnginiq Centre à la National Aboriginal Health Organization, Ottawa (Ontario), 2005, 26 p.
- Collectivités du Labrador, C. Furgal, M. Denniston, F. Murphy, D. Martin, S. Owens, S. Nickels et P. Moss-Davies. *Unikkaaqatigii: putting the human face on climate change — perspectives from Labrador*, publication conjointe du Inuit Tapiritt Kanatami, du Nasivvik Centre for Inuit Health and Changing Environments à l'Université Laval et du Ajuungnginiq Centre à la National Aboriginal Health Organization, Ottawa (Ontario), 2005, 54 p.
- Collectivités du Nunavut, C. Furgal, S. Nickels et le département de l'Environnement du gouvernement régional de Kativik. *Unikkaaqatigii: putting the human face on climate change — perspectives from Nunavut*, publication conjointe du Inuit Tapiritt Kanatami, du Nasivvik Centre for Inuit Health and Changing Environments à l'Université Laval et du Ajuungnginiq Centre à la National Aboriginal Health Organization, Ottawa (Ontario), 2005, 20 p.
- Collectivités du Nunavut, S. Nickels, C. Furgal, J. Akumilik, B.J. Barnes et M. Buell. *Unikkaaqatigii: putting the human face on climate change — perspectives from communities of Nunavut*, publication conjointe du Inuit Tapiritt Kanatami, du Nasivvik Centre for Inuit Health and Changing Environments à l'Université Laval et du Ajuungnginiq Centre à la National Aboriginal Health Organization, Ottawa (Ontario), 2005, 23 p.
- Comiso, J.C. « A rapidly declining perennial sea ice cover in the Arctic », *Geophysical Research Letters*, vol. 29, n° 20, 2002, p. 1956, doi:10.1029/2002GL015650.
- Comité fédéral-provincial-territorial sur le changement climatique et l'évaluation environnementale. Intégration des considérations relatives au changement climatique à l'évaluation environnementale : guide général des praticiens, Agence canadienne d'évaluation environnementale, 2003, <http://www.ceaa-acee.gc.ca/012/014/0_f.htm>, [consultation : 14 mai 2007].
- Commission mondiale des barrages. *Introduction to global change*, Secrétariat de la Commission mondiale des barrages, Cape Town, Afrique du Sud, document de travail, 2000, 16 p.
- Conference Board du Canada. *Nunavut economic outlook*, Conference Board du Canada, Direction des services économiques, Ottawa (Ontario), 2005, 100 p.
- Conseil du Bassin du Fleuve Mackenzie. Points saillants du rapport présenté par le Conseil du bassin de fleuve Mackenzie sur l'état de l'écosystème aquatique Mackenzie River basin state of the aquatic ecosystem report 2003, Mackenzie River Basin Board, Fort Smith (Territoires du Nord-Ouest), 2004, 10 p., <<http://www.mrbba.ca/documents/Final%20MRBB4%20%20HighlightsFSingle.pdf>>, [consultation : 31 juillet 2007].
- Conservation of Arctic Flora and Fauna. *Arctic flora and fauna: status and conservation*, Conservation of Arctic Flora and Fauna, Edita, Helsinki (Finland), 2001, 272 p.
- Council of Yukon First Nations. *Health status of Yukon First Nations*, Council of Yukon First Nations, Whitehorse, Yukon, 2006.
- Council of Yukon First Nations et Arctic Athabaskan Council. *Yukon First Nations Climate Change Forum*, rapport d'un atelier tenu les 26 et 27 février 2003 à Whitehorse (Yukon), 2003, 5 p., <<http://www.arcticathabaskancouncil.com/aacDocuments/public/CCForum.pdf>>, [consultation : 31 juillet 2007].
- Couture, R., S.D. Robinson et M.M. Burgess. *Climate change, permafrost degradation, and infrastructure adaptation: preliminary results from a pilot community case study in the Mackenzie valley*, Commission géologique du Canada, Recherches en cours 2000-B2, 2000, 9 p.
- Couture, R., S.D. Robinson et M.M. Burgess. *Climate change, permafrost degradation and impacts on infrastructure: two case studies in the Mackenzie Valley*, compte-rendu de la 54e Conférence de la Société canadienne de géotechnique, Calgary(Alberta), vol. 2, 2001, pp. 908–915.
- Couture, R., S. Smith, S.D. Robinson, M.M. Burgess et S. Solomon. *On the hazards to infrastructure in the Canadian North associated with thawing of permafrost*, compte rendu de Geohazards 2003, 3e Conférence canadienne sur la géotechnique et les risques naturels, Société canadienne de géotechnique, 2003, pp. 97–104.
- Croasdale, K.R. « Climate change impacts on northern offshore petroleum operations », dans *Impacts of Climate Change on Resource Management in the North*, G. Wall (éd.), University of Waterloo, Waterloo (Ontario), Department of Geography Publication Series, Publication hors-série n° 16, 1993, pp. 175–184.
- Curtis, T., S. Kverno et P. Bjerregaard. « Changing living conditions, lifestyle and health », *International Journal of Circumpolar Health*, vol. 64, n° 5, 2005, pp. 442–450.
- Davidson, D.J., T. Williamson et J.R. Parkins. « Understanding climate change risk and vulnerability in northern forest-based communities », *Revue canadienne de recherche forestière*, vol. 33, n° 11, 2003, pp. 2252–2261.
- den Hartog, G. et H.L. Ferguson. « Evaporation », planche 17 dans *Hydrological Atlas of Canada*, Département des Pêches et de l'Environnement du Canada, 1978.
- Derocher, A.E., N.J. Lunn et I. Stirling. « Polar bears in a warming climate », *Integrative and Comparative Biology*, vol. 44, n° 2, 2004, pp. 163–176.
- Dery, S.J., M. Stieglitz, E.C. McKenna et E.F. Wood. « Characteristics and trends of river discharge into Hudson, James, and Ungava Bays, 1964–2000 », *Journal of Climate*, vol. 18, n° 14, 2005, pp. 2540–2557.
- Després, C., A. Beuter, F. Richer, K. Poitras, A. Veilleux, P. Ayotte, E. Dewailly, D. Saint-Amour et G. Muckle. « Neuromotor functions in Inuit preschool children exposed to Pb, PCBs, and Hg », *Neurotoxicology and Teratology*, vol. 27, n° 2, 2005, pp. 245–257.
- Dickson, D.L. et H.G. Gilchrist. « Status of marine birds of the southeastern Beaufort Sea », *Arctic*, vol. 55, n° 1, 2002, pp. 46–58.

- Dore, M.H.I. et I. Burton. *The costs of adaptation to climate change in Canada: a stratified estimate by sectors and regions — social infrastructure*, rapport final remis au Programme sur les impacts et l'adaptation aux changements climatiques, Ressources naturelles Canada, Ottawa (Ontario), 2001, 338 p., <<http://c-ciarn.mcgill.ca/dore.pdf>>, [consultation : 31 juillet 2007].
- Dowdeswell, J.A. et J.O. Hagen. « Arctic ice masses », dans *Mass Balance of the Cryosphere*, J.L. Bamber et A.J. Payne (éd.), Cambridge University Press, Cambridge (Royaume-Uni), 2004, pp. 527–558.
- Drummond, K.J. Canada's discovered oil and gas resources north of 60°, Search and Discovery Article #10102, 2006, 7 p., <<http://www.searchanddiscovery.net/documents/2006/06022drummond/index.htm>>, [consultation : 23 juillet 2007].
- Duguay, C.R., T.D. Prowse, B.R. Bonsal, R.D. Brown, M.P. Lacroix et P. Menard. « Recent trends in Canadian lake ice cover », *Hydrological Processes*, vol. 20, n° 4, 2006, pp. 781–801.
- Duhaime, G., A. Lemelin, V. Didyk, O. Goldsmith, G. Winther, A. Caron, N. Bernard et A. Godmaire « Arctic economies », dans *Arctic Human Development Report*, N. Einarsson, J.N. Larsen, A. Nilsson et O.R. Young (éd.), Steffanson Arctic Institute, Akureyri, Islande, 2004, pp. 69–84.
- Dyke, L.D. « Contaminant migration through the permafrost active layer, Mackenzie Delta area, Northwest Territories, Canada », *Polar Record*, vol. 37, n° 202, 2001, pp. 215–228.
- Easterling, W.E., W.H. Hurd et J.B. Smith. Coping with global climate change: the role of adaptation in the United States, Pew Centre on Global Climate Change, Arlington, Virginie, 2004, 40 p., <<http://www.pewclimate.org/docUploads/Adaptation.pdf>>, [consultation : 31 juillet 2007].
- EBA Engineering Consultants Ltd. *Tailings management plan and preliminary design of retention structures*, rapport remis à BHP Billiton Diamonds Inc., décembre 1995.
- EBA Engineering Consultants Ltd. *Tibbitt to Contwoyo Winter Road: Project Description Report*.
- Einarsson, N., J.N. Larsen, A. Nilsson et O.R. Young (éd.). *Arctic Human Development Report*, Steffanson Arctic Institute, Akureyri, Islande, 2004, 242 p.
- Environmental Studies Research Funds. Drilling waste management best recommended practices, Environmental Studies Research Funds, Calgary (Alberta), 2004, 43 p., <<http://dsp-psd.pwgsc.gc.ca/Collection/NE22-4-152-2004E.pdf>>, [consultation : 8 août 2007].
- Environnement Canada. *Climate change impacts on permafrost engineering design*, Environnement Canada, Groupe de recherche sur l'adaptation environnementale, 1998.
- Environnement Canada. *Normales et moyennes climatiques au Canada (1971-2000)*, Environnement Canada, 2006, <http://www.climate.weatheroffice.ec.gc.ca/climate_normals/index_f.html>, [consultation : 23 juillet 2007].
- Environnement Canada. « National Snow Information System for Water », dans *State of the Canadian Cryosphere*, Environnement Canada, 2007, <<http://www.socc.ca/nsisw/>>, [consultation : 30 juillet 2007].
- Evans, C.K., J.D. Reist et C.K. Minns. *Life history characteristics of freshwater fishes occurring in the Northwest Territories and Nunavut, with major emphasis on riverine habitat requirements*, Rapport manuscrit canadien des sciences halieutiques et aquatiques, vol. 2614, 2002, 169 p.
- Ferguson, S.H., I. Stirling et P. McLoughlin. « Climate change and ringed seals (*Phoca hispida*) recruitment in western Hudson Bay », *Marine Mammal Science*, vol. 21, 2005, pp. 121–135.
- Flannigan, M.D., B.J. Stocks et B.M. Wotton. « Climate change and forest fires », *Science of the Total Environment*, vol. 262, 2000, pp. 221–229.
- Flato, G. et G. Brown. « Variability and climate sensitivity of landfast arctic sea ice », *Journal of Geophysical Research*, vol. 101, 1996, pp. 25 767–25 777.
- Forbes, D.L. « Coastal erosion », dans *Encyclopedia of the Arctic*, M. Nuttall (éd.), Routledge, 2005, pp. 391–393.
- Forbes, D.L., M. Craymer, G.K. Manson et S.M. Solomon. « Defining limits of submergence and potential for rapid coastal change in the Canadian Arctic », *Berichte zur Polar- und Meeresforschung*, vol. 482, 2004, pp. 196–202.
- Ford, J. et B. Smit. « A framework for assessing the vulnerability of communities in the Canadian Arctic to risks associated with climate change », *Arctic*, vol. 57, 2004, pp. 389–400.
- Ford, J., T. Bell et D. St-Hilaire. *Climate change, infrastructure risks, and vulnerability of Arctic coastal communities: a case study from Arctic Bay, Canada*, compte rendu de la Rencontre scientifique annuelle d'ArcticNet 2006, Victoria (Colombie-Britannique), 2006, pp. 52–53.
- Ford, J., T. Pearce, B. Smit, J. Wandel, M. Allurut, K. Shappa, H. Ittusujurat et K. Qrunnuit. « Reducing vulnerability to climate change in the Arctic: the case of Nunavut, Canada », *Arctic*, vol. 60, 2007, pp. 150–166.
- Ford, J., B. Smit et J. Wandel. « Vulnerability to climate change in the Arctic: a case study from Arctic Bay, Nunavut », *Global Environmental Change*, vol. 16, 2006b, pp. 145–160.
- Fowler, C., W.J. Emery et J. Maslanik. « Satellite-derived evolution of Arctic sea ice age: October 1978 to March 2003 », *Geoscience and Remote Sensing Letters*, vol. 1, 2004, pp. 71–74.
- Freeman, M.M.R. et G. Wenzel. « The nature and significance of polar bear conservation hunting in the Canadian Arctic », *Arctic*, vol. 59, n° 1, 2006, pp. 21–30.
- French, H.M. « Terrain, land use and waste drilling fluid disposal problems », *Arctic*, vol. 33, 1980, pp. 794–806.
- French, H.M. et O. Slaymaker. « Canada's cold landmass », dans *Canada's Cold Environments*, H.M. French et O. Slaymaker (éd.), McGill University Press, Montréal (Québec), 1993, pp. 3–27.
- Fulton, R.J. (éd.). *Géologie quaternaire du Canada et du Groenland; Commission géologique du Canada, Géologie du Canada*, no 1 (aussi *Geological Society of North America, The Geology of North America*, vol. K-1), 1989, 839 p.
- Furgal, C.M. et J. Seguin. « Climate change, health and community adaptive capacity: lessons from the Canadian North », *Environmental Health Perspectives*, vol. 114, n° 12, 2006, pp. 1964–1970.
- Furgal, C., M. Buell, L. Chan, V. Edge, D. Martin et N. Ogden. « Canadian North », dans *Assessment of Health Vulnerabilities to a Changing Climate in Canada* 2007, J. Seguin (éd.), Santé Canada, sous presse.
- Furgal, C.M., C. Fletcher et C. Dickson. *Ways of knowing and understanding: towards convergence of traditional and scientific knowledge of climate change in the Canadian North*, rapport rédigé pour Environnement Canada, 2006, 73 p.
- Furgal, C., S. Kalhok, E. Loring et S. Smith. *Knowledge in action: northern contaminants program structures, processes and products*, Affaires indiennes et du Nord Canada, Canadian Arctic Contaminants Assessment Report II, 2003, 90 p.
- Furgal, C., D. Martin et P. Gosselin. « Climate change and health in Nunavik and Labrador: lessons from Inuit knowledge », dans *The Earth Is Faster Now: Indigenous Observations of Arctic Environmental Change*, I. Krupnik et D. Jolly (éd.), Arctic Research Consortium of the United States en collaboration avec le Arctic Studies Center, Smithsonian Institution, Fairbanks, Alaska, 2002, pp. 266–299.
- Ganapolski, A. et S. Rahmstorf. « Rapid changes of glacial climate simulated in a coupled climate model », *Nature*, vol. 409, 2001, pp. 152–158.
- Gaston, A.J., H.G. Gilchrist et M. Hiffner. « Climate change, ice conditions and reproduction in the Arctic nesting marine bird: Brunnich's guillemot (*Uria lomvia* L.) », *Journal of Animal Ecology*, vol. 74, 2005, pp. 832–841.
- Gearheard, S., W. Matumeak, I. Angutikjuaq, J. Maslanik, H.P. Huntington, J. Leavitt, D. Matumeak-Kagak, G. Tigullaraq et R.G. Barry. « "It's not that simple": a comparison of sea ice environments, uses of sea ice, and vulnerability to change in Barrow, Alaska, USA, and Clyde River, Nunavut, Canada », *Ambio*, vol. 35, n° 4, 2006, pp. 203–211.
- Gibson, J.J., T.D. Prowse et D.L. Peters. « Hydroclimatic controls on water balance and water level variability in Great Slave Lake », *Hydrological Processes*, vol. 20, 2006, pp. 4155–4172.
- Gilchrist, H.G. et G.J. Robertson. « Observation of mating birds and mammals wintering at polynyas and ice edges in the Belcher Islands, Nunavut, Canada », *Arctic*, vol. 53, n° 1, 2000, pp. 61–68.
- Goering, D.J. « Experimental investigation of air convection embankments for permafrost-resistant roadway design », dans *Proceedings of 7th International Conference on Permafrost*, A.G. Lewkowicz et M. Allard (éd.), Université Laval, Québec (Québec), Collection Nordican, n° 54, 1998, pp. 319–326.
- Goering, D.J. « Thermal response of air convection embankments to ambient temperature fluctuations », dans *Proceedings of 8th International Conference on Permafrost*, July 2003, Zurich Switzerland. M. Phillips, S.M. Springman et L.U. Arenson (éd.), A.A. Balkema, Lisse, Pays-Bas, 2003, pp. 291–296.
- Gouvernement du Canada. *Troisième rapport national du Canada sur les changements climatiques : mesures prises en vertu de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements*, Gouvernement du Canada, 2001, 280 p., <<http://dsp-psd.communication.gc.ca/Collection/En21-125-2001EPdf>>, [consultation : 30 juillet 2007].
- Government of Northwest Territories. *Injury in the Northwest Territories — a descriptive report*, Government of the Northwest Territories, Department of Health and Social Services, 2004, 173 p.
- Government of Northwest Territories. *The NWT health status report: 2005*, Government of the Northwest Territories, Northwest Territories Health and Social Services, 2005, 96 p.
- Government of Nunavut. *Adaptation action in Arctic communities*, compte rendu de l'Atelier sur le changement climatique à Nunavut, tenu du 6 au 8 décembre 2006 à Iqaluit (Nunavut), Government of Nunavut, Department of the Environment, Environmental Protection Division, 2006.
- Government of Nunavut et Nunavut Tunngavik Incorporated. *Nunavut fisheries strategy*, 2005, 50 p. <<http://www.gov.nu.ca/Nunavut/environment/home/Fisheries%20Strategy.pdf>>, [consultation : 11 avril 2006].
- Government of Yukon. Forestry, Government of Yukon, Department of Energy, Mines and Resources, 2006, <<http://www.emr.gov.yk.ca/forestry/>>, [consultation : 23 juillet 2007].
- Gray, D.M. et T.D. Prowse. « Snow and floating ice », dans *Handbook of Hydrology*, D. Maidment (éd.), McGraw-Hill Publishers, New York, New York, 1993, pp. 7.1–7.58.
- Green, D. *2004 fire weather report: end of year report*, Government of Yukon Community Services, Wildland Fire Management, 2004.
- Griffiths, F. « The shipping news: Canada's Arctic sovereignty not on thinning ice », *International Journal*, vol. 58, n° 2, 2003, pp. 257–282.
- Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. « Résumé à l'intention des décideurs », dans *Bilan 2001 des changements climatiques : les éléments scientifiques*, contribution du Groupe de travail I au Troisième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, J.T. Houghton, Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell et C.A. Johnson (éd.), Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New York, New York, 2001a, pp. 1–20.
- Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. « Résumé à l'intention des décideurs », dans *Bilan 2001 des changements climatiques : conséquences, adaptation et vulnérabilité*, contribution du Groupe de travail II au Troisième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, J.J. McCarthy, O.F.

- Canziani, N.A. Leary, D.J. Dokken et K.S. White (éd.), Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New York , New York, 2001b, pp. 1-17.
- Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. « Summary for Policymakers », dans *Climate Change 2007 : The Physical Science Basis*, contribution du Groupe de travail I au Quatrième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor et H.L. Miller (éd.), Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New York, 2007a, pp. 1-18.
- Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. « Summary for Policymakers », dans *Climate Change Impacts, Adaptation and Vulnerability*, contribution du Groupe de travail II au Quatrième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikoff, P.J. van der Linden et C.E. Hanson (éd.) Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni, 2007b, pp. 1-23.
- Gunn, A., F. Miller, S.L. Barry et A. Buchan. « A near-total decline in caribou on Prince of Wales, Somerset, and Russell Islands, Canadian Arctic », *Arctic*, vol. 59, n° 1, 2006, pp. 1-13.
- Guyot, M., C. Dickson, K. Macguire, C. Paci, C. Furgal et H.M. Chan. « Local observations of climate change and impacts on traditional food security in two northern Aboriginal communities », *International Journal of Circumpolar Health*, vol. 65, n° 5, 2006, pp. 403-415.
- Hamilton, L. et O. Otterstad. « Demographic change and fisheries dependence in the North Atlantic », *Human Ecology Review*, vol. 5, 1998, pp. 16-22.
- Hamilton, L., P. Lyster et O. Otterstad. « Social change, ecology and climate in 20th-century Greenland », *Climatic Change*, vol. 41, 2000, pp. 193-211.
- Harding, L.E. « The future of Peary caribou (Rangifer tarandus pearyi) in a changing climate », dans *Proceedings of the Species at Risk 2004 Pathways Top Recovery Conference*, T.D. Hooper (éd.), conférence tenue du 2 au 6 mars 2004 à Victoria (Colombie-Britannique), 2004.
- Harding, R., P. Kuhry, T.R. Christensen, M.T. Sykes, R. Dankers et S. van der Linden. « Climate feedbacks at the tundra-taiga interface », *Ambio*, Rapport spécial, vol. 12, 2002, pp. 47-55.
- Hauer, G., M. Weber et D. Price. *Climate change impacts on agriculture and forestry land use patterns: developing and applying an integrated impact assessment model*, rapport inédit rédigé pour le Programme sur les impacts et l'adaptation aux changements climatiques, Ressources naturelles Canada, 2001, 61 p.
- Hayley, D.W. Climate change — an adaptation challenge for northern engineers, *The PEGG* (journal de l'Association of Professional Engineers, Geologists, and Geophysicists of Alberta), janvier 2004.
- Hebert, P.D.N. Canada's aquatic environment habitats, CyberNatural Software, University of Guelph, Guelph (Ontario), 2002, <www.aquatic.uoguelph.ca>, [consultation : 8 août 2007].
- Heginbottom, J.A., M.-A. Dubreuil et P.A. Harker. Canada — permafrost, Ressources naturelles Canada, *Atlas du Canada*, MCR 4177, 1995.
- Hoeve, T.E., F. Zhou, A. Zhang et J. Cihlar. *Assessment of building foundation sensitivity to climate change in the Northwest Territories*, compte rendu de la conference Climate Change Technology, 2006, Institut canadien des ingénieurs, 2006, pp. 1-9.
- Hogg, E.H. et R.W. Wein. « Impacts of drought on forest growth and regeneration in the southwestern Yukon, Canada », *Revue canadienne de recherche forestière*, vol. 35, n° 1, 2005, pp. 2141-2150.
- Holloway, G. et T. Sou. « Has Arctic sea ice rapidly thinned? », *Journal of Climate*, vol. 15, 2002, pp. 1691-1701.
- Huebert, R. « Climate change and Canadian sovereignty in the Northwest Passage », *Isuma*, vol. 2, n° 4, 2001, pp. 86-94.
- Huebert, R. « The shipping news, part II: how Canada's Arctic sovereignty is on thinning ice », *International Journal*, vol. 58, n° 3, 2003, pp. 395-308.
- Hughes, O.L. « Terrain and permafrost: their influence on northern construction », dans *Proceedings of Conference — Northern Hydrocarbon Development in the Nineties: A Global Perspective*, F.T. Frankling (éd.), Carleton University, Geotechnical Science Laboratories, Ottawa (Ontario), 1989, pp. 109-118.
- Huntington, H., S. Fox, F. Berkes, I. Krupnik, A. Whiting, M. Zacharoff, G. McGlashan, M. Brubaker, V. Gofman, C. Dickson, C. Paci, S. Tsetta, S. Gargan, R. Fabian, J. Paulette, M. Cazon, D. Giroux, P. King, M. Boucher, L. Able, J. Norin, A. Laboucan, P. Cheezie, J. Poitras, F. Abraham, B. Ts'elie, J. Pierrot, P. Cotchilly, G. Lafferty, J. Rabesca, E. Camille, J. Edwards, J. Carmichael, W. Elias, A. de Palham, L. Pitkänen, L. Norwegian, U. Qujaukitsoq, N. Moller, T. Mustonen, M. Nieminen, H. Eklund, E. Helander, S. Zavalko, J. Terva, A. Cherenkov, A. Henshaw, T. Fenge, S. Nickels et S. Wilson. « The changing Arctic: indigenous perspectives », dans *Arctic Climate Impact Assessment*, Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni, 2005, pp. 61-98.
- Imperial Oil Resources Ventures Limited. *Environmental impact statement, overview and impact summary* — volume 1, remis au Conseil national de l'énergie et le Joint Review Panel par Imperial Oil Resources Ventures Limited, Calgary (Alberta), 2004.
- Instanes, A., O. Anisimov, L. Brigham, D. Goering, L.N. Khrustalev, B. Ladanyi et J.O. Larsen. « Infrastructure: buildings, support systems, and industrial facilities », dans *Arctic Climate Impact Assessment*, Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni, 2005, pp. 907-944.
- Jenkins, R.E., P. Morse et S.V. Kokelj. *Snow cover and subnivean and soil temperatures at abandoned drilling mud sumps, Mackenzie Delta, Northwest Territories, Canada*, compte rendu de l'atelier 2005 Northern Latitudes Mining Reclamation Workshop, tenu à Dawson City (Yukon) en mai 2005.
- Johannessen, O.M., L. Bengtsson, M.W. Miles, S.I. Kuzmina, V.A. Semenov, G.V. Alekseev, A.P. Nagurnyi, V.F. Zakharov, L.P. Bobylev, L.H. Pettersson, K. Hasselmann et H.P. Cattle. « Arctic climate change: observed and modelled temperature and sea-ice variability », *Tellus*, vol. 56A, n° 4, 2004, pp. 328-341, doi:10.1111/j.1600-0870.2004.00060.x.
- Johannessen, O.M., E.V. Shalina et M.W. Miles. « Satellite evidence for an Arctic sea ice cover in transformation », *Science*, vol. 286, 1999, pp. 1937-1939.
- Johnstone, J.F. et F.S. Chapin, III. « Non-equilibrium succession dynamics indicate continued northern migration of lodgepole pine », *Global Change Biology*, vol. 9, n° 10, 2003, pp. 1401-1409.
- Juday, G.P. et V.A. Barber. Alaska tree ring data, Bonanza Creek Long-Term Ecological Research Database, Fairbanks, Alaska, 2005, <http://www.lter.ua.edu/data_detail.cfm?datafile_pkey=9>, [consultation : 31 juillet 2007].
- Juday, G.P., V. Barber, P. Duffy, H. Linderhorm, S. Rupp, S. Sparrow, E. Vaganov et J. Yarie. « Forests, land management and agriculture », dans *Arctic Climate Impact Assessment*, Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni, 2005, pp. 781-862.
- Kattsov, V.M., E. Kallen, H. Cattle, J. Christensen, H. Drange, I. Hanssen-Bauer, T. Johannessen, I. Karol, J. Raisanen, G. Svensson et S. Vavulin. « Future climate change: modeling and scenarios for the Arctic », dans *Arctic Climate Impact Assessment*, Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni, 2005, pp. 100-150.
- Kelmelis, J., E. Becker et S. Kirtland. *Workshop on the foreign policy implications of arctic warming — notes from an international workshop*, United States Geological Survey, Open-File Report 2005-1447, 2005, 44 p.
- Kerr, J.A. « Future water levels and flows for Great Slave and Great Bear Lakes, Mackenzie River and Mackenzie Delta », dans *Mackenzie Basin Impact Study*, S.J. Cohen (éd.), Environnement Canada, 1997, pp. 73-91.
- Kershaw, G.P. *Permafrost landform degradation over more than half a century, Macmillan/Caribou Pass region, NWT/Yukon, Canada*, compte rendu de la 8e Conférence internationale sur le pergélisol, tenue en juillet 2003 à Zurich, Suisse, M. Phillips, S.M. Springman et L.U. Arenson (éd.), A.A. Balkema, Lisse, Pays-Bas, 2003, pp. 543-548.
- Killaby, G. « "Great game in a cold climate": Canada's Arctic sovereignty in question », *Journal de l'Armée du Canada*, vol. 6, n° 4 (hiver 2005-2006), 2006, pp. 31-40.
- Klein, D.R., L.M. Baskin, L.S. Bogoslovskya, K. Danell, A. Gunn, D.B. Irons, G.P. Kofinas, K.M. Kovacs, M. Magomedova, R.H. Meehan, D.E. Russell et P. Valkenburg. « Management and conservation of wildlife in a changing Arctic environment », dans *Arctic Climate Impact Assessment*, Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni, 2005, pp. 597-648.
- Koerner, R.M. « Mass balance of glaciers in the Queen Elizabeth Islands, Nunavut, Canada », *Annals of Glaciology*, vol. 42, 2005, pp. 417-423.
- Kovats, S., K.L. Ebi et B. Menne. *Methods of assessing human health vulnerability and public health adaptation to climate change*, Organisation mondiale de la santé, Genève, Suisse, Health and Global Environmental Change Series, n° 1, 2003, 111 p.
- Kraemer, L.D., J. Berner et C. Furgal. « The potential impact of climate on human exposure to contaminants in the Arctic », *International Journal of Circumpolar Health*, vol. 64, n° 5, 2005, pp. 498-509.
- Kreutz, K.J., P.A. Mayewski, L.D. Meeker, M.S. Twickler, S.I. Whitlow et I.I. Pittalwala. « Bipolar changes in atmospheric circulation during the Little Ice Age », *Science*, vol. 277, 1997, pp. 1294-1296.
- Krupnik, I. et D. Jolly (éd.). *The Earth is Faster Now: Indigenous Observations of Arctic Environmental Change*, Arctic Research Consortium of the United States, Arctic Studies Centre, Smithsonian Institution, Washington, DC, 2002, 383 p.
- Kuhnlein, H.V., O. Receveur, H.M. Chan et E. Loring. *Assessment of dietary benefit/risk in Inuit communities*, Centre for Indigenous Peoples' Nutrition and Environment (CINE), McGill University, Montréal (Québec), 2000.
- Kunuk, M. et J. Stevens. *The Nunavut transportation system — evolving for Nunavummiut and their economy*, présentation technique faite à la conference annuelle de l'Association des transports du Canada en septembre 2003 à St. John's (Terre-Neuve-Labrador), 2003, 21 p.
- Kutz, S.J., E.P. Hoberg, J. Nagy, L. Polley et B. Elkin. « 'Emerging' parasitic infections in arctic ungulates », *Integrative and Comparative Biology*, vol. 44, n° 2, 2004, pp. 109-118.
- Labrecque, S. et C.R. Duguay. *Étude de la dynamique spatio-temporelle récente des lacs thermokarstiques de la plaine Old Crow Flats, Yukon, par télédétection*, compte rendu du 23e Symposium canadien de télédétection et du 10e Congrès de l'Association de télédétection du Québec, 2001, pp. 585-590.
- Lacroix, M.H. *L'impact des changements climatiques sur le savoir traditionnel Inuit*, thèse de maîtrise (environnementale) inédite, Centre universitaire de formation environnementale, Université de Sherbrooke, Sherbrooke (Québec), 2006.
- Lacroix, M.P., T.D. Prowse, B.R. Bonsal, C.R. Duguay et P. Ménard. « River ice trends in Canada », dans *Proceedings for Canadian Geophysical Union-Hydrology Section Committee on River Ice Processes and the Environment*, 13th Workshop on the Hydraulics of Ice Covered Rivers, Hanover, New Hampshire, atelier tenu du 15 au 16 septembre 2005.
- Lafortune, V., C. Furgal, J. Drouin, T. Annanack, N. Einish, B. Etidloie, M. Qiisiq. P. Tookalook et les collectivités de Kangiqsualujuaq, Umiujaq, Kangiqsualujuaq et Kawawachikamach. *Climate change in northern Quebec — access to land and resource issues*, Kativik Regional Government, juin 2004, Kuujjuuaq, Nunavik, 2004.
- Laidler, G. « Inuit and scientific perspectives on the relationship between sea ice and climate change: the ideal complement? », *Climatic Change*, vol. 78, 2006, pp. 407-444.

- Learmonth, J.A., C.D. Maclead, M.B. Santos, G.J. Pierce, H.Q.P. Crick et R.A. Robinson. « Potential effects of climate change on marine mammals », *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, vol. 44, 2006, pp. 431–464.
- Lee, R.J. *Changement climatique et évaluation environnementale, Partie 1 : examen des facteurs de changement climatique dans des évaluations antérieures choisies*, Agence canadienne d'évaluation environnementale, Collection de monographies en recherche et développement, 2000, <http://www.ceaa-acee.gc.ca/015/001/005/index_f.htm>, [consultation : 14 mai 2007].
- Lemieux, C.J. et D.J. Scott. « Climate change, biodiversity conservation and protected area planning in Canada », *Canadian Geographer*, vol. 49, n° 4, 2005, pp. 384–399.
- Lemke, P., J. Ren, R.B. Alley, I. Allison, J. Carrasco, G. Flato, Y. Fujii, G. Kaser, P. Mote, R.H. Thomas et T. Zhang, T. « Observations: changes in snow, ice and frozen ground », dans *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*, contribution du Groupe de travail 1 au Quatrième rapport d'évaluation du groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor et H.L. Miller; Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New York, New York, 2007.
- Lemmen, D.L. et F.J. Warren. *Impacts et adaptation liés aux changements climatiques : perspective canadienne*, Gouvernement du Canada, 2004, 191 p., <http://adaptation.nrcan.gc.ca/perspective/pdf/report_f.pdf>, [consultation : 6 mai 2007].
- Lenart, E.A., R.T. Bowyer, J. Ver Hoef et R. Ruess. « Climate change and caribou: effects of summer weather on forage », *Revue canadienne de zoologie*, vol. 80, n° 4, 2002, pp. 664–678.
- Lied, K. et U. Domås. « Avalanche hazard assessment in Nunavik and on Côte-Nord, Québec, Canada », *Institut géotechnique de Norvège*, Oslo, Norvège, 2000.
- Loeng, H., K. Brander, E. Carmack, S. Denisenko, K. Drinkwater, B. Hansen, K. Kovacs, P. Livingston, F. McLaughlin, E. Sakshaug, R. Bellerby, H. Brownman, T. Furevik, J.M. Grebmeier, E. Jansen, S. Jonsson, L. Lindal Jorgensen, S.-A. Malmberg, S. Osterhus, G. Ottersen et K. Shimada. « Marine systems », dans *Arctic Climate Impacts Assessment*, Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni, 2005, pp. 453–538.
- Lonergan, S., R. Difrancesco et M.-K. Woo. « Climate change and transportation in northern Canada: an integrated impact assessment », *Climatic Change*, vol. 24, 1993, pp. 331–351.
- Macdonald, R.W. « Climate change, risks and contaminants: a perspective from studying the Arctic », *Human and Ecological Risk Assessment*, vol. 11, 2005, pp. 1099–1104.
- Macdonald, R.W., T. Harner et J.Fyfe. « Recent climate change in the Arctic and its impact on contaminant pathways and interpretation of temporal trend data », *Science of the Total Environment*, vol. 342, 2005, pp. 5–86.
- Mackay, J.R. et C.R. Burn. « The first 20 years (1978–1979 to 1998–1999) of active-layer development, Illisarvik experimental drained lake site, western Arctic coast, Canada », *Revue canadienne des sciences de la Terre*, vol. 39, 2002, pp. 1657–1674.
- Magnuson, J.J., D.M. Robertson, R.H. Wynne, B.J. Benson, D.M. Livingstone, T. Arai, R.A. Assel, R.D. Barry, V. Card, E. Kuusisto, N.G. Granin, T.D. Prowse, K.M. Stewart et V.S. Vuglinski. « Ice cover phenologies of lakes and rivers in the Northern Hemisphere and climate warming », *Science*, vol. 289, n° 5485, 2000, pp. 1743–1746.
- Mallory, M.L., H.G. Gilchrist, A.J. Fontaine et J.A. Akearok. « Local ecological knowledge of ivory gull declines in Arctic Canada », *Arctic*, vol. 56, 2003, pp. 293–298.
- Manson, G.K., S.M. Solomon, D.L. Forbes, D.E. Atkinson et M. Craymer. « Spatial variability of factors influencing coastal change in the western Canadian Arctic », *Geo-Marine Letters*, vol. 25, 2005, pp. 138–145.
- Marsh, P. « Snow hydrology », dans *Northern Hydrology: Canadian Perspectives*, T.D. Prowse et C.S.L. Ommanney (éd.), Environnement Canada, Institut national de recherche sur les eaux, *NHRI Science Report* No. 1, 1990, pp. 37–61.
- Marsh, P. et L.F.W. Lesack. « The hydrologic regime of perched lakes in the Mackenzie Delta: potential responses to climate change », *Limnology and Oceanography*, vol. 41, n° 5, 1996, pp. 849–885.
- Marsh, P. et N. Neumann. « Processes controlling the rapid drainage of two ice-rich permafrost-dammed lakes in NW Canada », *Hydrological Processes*, vol. 15, 2001, pp. 3433–3446.
- McBean, G., G. Alekseev, D. Chen, E. Forland, J. Fyfe, P.Y. Groisman, R. King, H. Melling, R. Vose et P.H. Whitfield. « Arctic climate: past and present », dans *Arctic Climate Impact Assessment*, Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni, 2005, pp. 22–60.
- McCarthy, J.J., M. Long Martello, R. Corell, N.E. Selin, S. Fox, G. Hovelsrud-Broda, S.D. Mathiesen, C. Polksy, H. Selin et N.J.C. Tyler. « Climate change in the context of multiple stressors and resilience », dans *Arctic Climate Impact Assessment*, Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni, 2005, pp. 945–988.
- McClelland, J.W., S.J. Dery, B.J. Peterson et M. Stieglitz. « A pan-Arctic evaluation of changes in river discharge during the latter half of the 20th century », *Geophysical Research Letters*, vol. 33, n° 6, article no. L06715, 2006, doi:10.1029/2006GL025773.
- McCoy, V.M. et C.R. Burn. « Potential alteration by climate change of the forest fire regime in the boreal forest of central Yukon Territory », *Arctic*, vol. 58, n° 3, 2005, pp. 276–285.
- McLain, A.S., J.J. Magnuson et D.K. Hill. « Latitudinal and longitudinal differences in thermal habitat for fishes influenced by climate warming: expectations from simulations », *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, vol. 25, 1994, pp. 2080–2085.
- Meier, M.F. et M.B. Dyurgerov. « How Alaska affects the world », *Science*, vol. 297, 2002, pp. 350–351.
- Mekis, E. et W.D. Hogg. « Rehabilitation and analysis of Canadian daily precipitation time series », *Atmosphere-Ocean*, vol. 37, 1999, pp. 53–85.
- Melling, H. « Sea ice of the northern Canadian Arctic Archipelago », *Journal of Geophysical Research C: Oceans*, vol. 107, 2002, doi:10.1029/2001JC001102.
- Michel, F.A. et R.O. van Everdingen. « Changes in hydrogeologic regimes in permafrost regions due to climatic change », *Permafrost and Periglacial Processes*, vol. 5, 1994, pp. 191–195.
- Milburn, D. et M.J. Brodie. « Mine reclamation for the Northwest Territories », dans *Proceedings of Arctic Remediation and Contaminated Site Assessment Conference*, Edmonton (Alberta), avril 2003, pp. 49–57.
- Millennium Ecosystem Assessment. *Ecosystems and human well-being: biodiversity synthesis*, World Resources Institute, Washington, DC, 2005, 86 p.
- Miller, F.L. et A. Gunn. « Catastrophic die-off of Peary caribou on the western Queen Elizabeth Islands, Canadian high Arctic », *Arctic*, vol. 56, n° 4, 2003, pp. 381–390.
- Miller, F.L., S.J. Barry et W.C. Calvert. « Conservation of Peary caribou based on a recalculation of the 1961 aerial survey on the Queen Elizabeth Islands, Arctic Canada », *Rangifer*, numéro spécial, vol. 16, 2005, pp. 65–75.
- Mine Environmental Neutral Drainage (MEND) Program. *Roles of ice, in the water cover option, and permafrost in controlling acid generation from sulphide tailings*, Ressources naturelles Canada, MEND Report 1.61.1, 1997, 88 p.
- Mine Environmental Neutral Drainage (MEND) Program. *Covers for reactive tailings location in permafrost review*, Ressources naturelles Canada, MEND Report 1.61.4, 2004, 111 p.
- Moberg, A., D.M. Sonechkin, K. Holmgren, N.M. Datsenko et W. Karlén. « Highly variable Northern Hemisphere temperatures reconstructed from low- and high-resolution proxy data », *Nature*, vol. 433, n° 7026, 2005, pp. 613–617.
- Monnett, C. et J.S. Gleason. « Observations of mortality associated with extended open-water swimming by polar bears in the Alaskan Beaufort Sea », *Polar Biology*, vol. 29, 2006, pp. 681–687.
- Moquin, H. Freshwater and climate change, *ITK Environment Bulletin, Inuit Tapiruit Kanatami, Ottawa (Ontario)*, n° 3, 2005, pp. 4–9.
- Moshenko, R.W., S.E. Cosen et T.A. Thomas. *Stratégie de conservation pour les baleines boréales (Balaena mysticetus) de l'est de l'Arctique canadien*, Programme national de rétablissement des espèces canadiennes en péril (RESCAPÉ), Ottawa (Ontario), Plan de rétablissement national n° 24, 2003, 55 p.
- Neudorf, R. *Northwest Territories transportation infrastructure, opportunities and challenges*, présentation faite à la Conférence des transports dans le Nord, tenue du 8 au 10 novembre 2005 à Yellowknife (Territoires du Nord-Ouest), 2005, <https://dspace.ucalgary.ca/bitstream/1880/44347/1/Russell_Neudorf.pdf>, [consultation : 31 juillet 2007]
- Newton, J., C.D.J. Paci et A. Ogden. « Climate change and natural hazards in northern Canada: integrating indigenous perspectives with government policy », *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, vol. 10, 2005, pp. 541–571.
- Nickels, S., C. Furgal, M. Buell et H. Moquin. *Unikkaaqatigiit: putting the human face on climate change – perspectives from Inuit in Canada*, publication conjointe du Inuit Tapiruit Kanatami, du Nasivvik Centre for Inuit Health and Changing Environments de l'Université Laval et du Ajuunginiq Centre à la National Aboriginal Health Organization, Ottawa (Ontario), 2006, 195 p.
- Nickels, S., C. Furgal, J. Castleden, P. Moss-Davies, M. Buell, B. Armstrong, D. Dillon et R. Fonger. « Putting the human face on climate change through community workshops », dans *The Earth is Faster Now: Indigenous Observations of Arctic Environmental Change*, I. Krupnik et D. Jolly (éd.), Arctic Research Consortium of the United States, Arctic Studies Centre, Smithsonian Institution, Washington, DC, 2002, pp. 301–333.
- Nickels, S., S. Milne et G. Wenzel. « Inuit perceptions of tourism development: the case of Clyde River, Baffin Island », *Études Inuit Studies*, vol. 15, n° 1, 1991, pp. 157–169.
- Nixon, J.F. et M. Burgess. « Norman Wells pipeline settlement and uplift movements, Revue canadienne de géotechnique », vol. 36, 1999, pp. 119–135.
- Nixon, M., C. Tarnocai et L. Kutny. *Long-term active layer monitoring: Mackenzie Valley, northwest Canada*, compte rendu de la 8e Conférence sur le pergélisol, tenue en juillet 2003 à Zurich (Suisse), M. Phillips, S.M. Springman et L.U. Arenson (éd.), A.A. Balkema, Lisse, Pays-Bas, 2003, pp. 821–826.
- Noonan, G., E.C. Weatherhead, S. Gearheard et R.G. Barry. *Arctic weather change: linking indigenous (Inuit) observations with the surface temperature record*, affiche A33D-0938 à la réunion annuelle de l'American Geophysical Union, 2005.
- Northern Climate Exchange. « The effects of warmer winters in the NWT: an indication of future trends », *Weathering Change* (Newsletter of the Northern Climate Exchange), automne, 2006, pp. 1–3.
- Nunavut Tunngavik Incorporated. *Elder's Conference on Climate Change*, Nunavut Tunngavik Incorporated, Iqaluit (Nunavut), 2001.
- Nunavut Wildlife Management Board. *The Nunavut Wildlife Harvest Study: final report*, Nunavut Wildlife Management Board, Iqaluit (Nunavut), 2004, 822 p.
- Nuttall, M., F. Berkes, A. Forbes, G. Kofinas, T. Vlassova et G. Wenzel. « Hunting, herding, fishing and gathering: Indigenous peoples and renewable resource use in the Arctic », dans *Arctic Climate Impacts Assessment*, Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni, 2005, pp. 649–690.
- Ogden, A.E. *Forest management in a changing climate: building the environmental information base for southwest Yukon: overview report*, Northern Climate ExChange, Whitehorse (Yukon), 2006, 35 p., <<http://yukon.taiga.net/swyukon/>>, [accessed July 24, 2007].
- Ogden, A.E. et J. Innes. « Incorporating climate change adaptation considerations into forest management and planning in the boreal forest », *International Forestry Review*, vol. 9, n° 3, 2007a, pp. 713–733.
- Ogden, A.E. et J. Innes. « Perspectives of forest practitioners on climate adaptation in the Yukon and Northwest Territories of Canada », *Forestry Chronicle*, vol. 83, n° 4, 2007b, pp. 557–569.

- Ohlson, D.W., G.A. McKinnon et K.G. Hirsch. « A structured decision-making approach to climate change adaptation in the forest sector », *Forestry Chronicle*, vol. 81, n° 1, 2005, pp. 97–103.
- Oswald C.J. et W.R. Rouse. « Thermal characteristics and energy balance of various-size Canadian Shield lakes in the Mackenzie River basin », *Journal of Hydrometeorology*, vol. 5, 2004, pp. 129–144.
- Oswell, J.M. « Geotechnical aspects of northern pipeline design and construction », dans *Proceedings of 4th International Pipeline Conference, American Society of Mechanical Engineers*, conference tenue du 29 septembre au 3 octobre 2002 à Calgary (Alberta), IPC2002-27327 sur céderom, 2002.
- Ouranos. *Sadaper aux changements climatiques*, Consortium Ouranos, Montréal (Québec), 2004, 83 p.
- Overpeck, J., K.Hughen, D. Hardy, R. Bradley, R. Case, M. Douglas, B. Finney, K. Gajewski, G. Jacoby, A. Jennings, S. Lamoureux, A. Lasca, G. MacDonald, J. Moore, M. Retelle, S. Smith, A. Wolfe et G. Zielinski. « Arctic environmental change of the last four centuries », *Science*, vol. 278, 1997, pp. 1251–1256.
- Overpeck, J.T., M. Sturm, J.A. Francis, D.K. Perovich, M.C. Serreze, R. Benner, E.C. Carmack, F.S. Chapin, III, S.C. Gerlach, L.C. Hamilton, L.D. Hinzman, M. Holland, H.P. Huntington, J.R. Key, J. Lin, A.H. Lloyd, G.M. MacDonald, J. McFadden, D. Noone, T.D. Prowse, P. Schlosser et C. Vorosmarty. « Arctic system on trajectory to new state », *EOS*, vol. 86, n° 34, 2005, pp. 309–311.
- Paci, C., S. Tsetta, S. Gargan, R. Fabian, J. Paulette, M. Cazon, D. Giroux, P. King, M. Boucher, L. Able, J. Norin, A. Laboucan, P. Cheezie, J. Poitras, F. Abraham, B. T'selle, J. Pierrot, P. Cotchilly, G. Lafferty, J. Rabesa, E. Camille, J. Edwards, J. Carmichael, W. Elias, A. de Palham, L. Pitkanen et L. Norwegian. « Denendeh: the Dene Nation's Denendeh Environmental Working Group », dans *Arctic Climate Impact Assessment*, Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni, 2005, pp. 78–82.
- Pagnan, J.L. *The impact of climate change on Arctic tourism — a preliminary review*, rapport rédigé pour l'Organisation mondiale du tourisme, Djerba, Tunisie, 17 p., 2003, <<http://www.world-tourism.org/sustainable/climate/pres/jeanne-pagnan.pdf>>, [consultation : 31 juillet 2007].
- Parkinson, A.J. et J.C. Butler. « Potential impacts of climate change on infectious diseases in the Arctic », *International Journal of Circumpolar Health*, vol. 64, n° 5, 2005, pp. 478–486.
- Parkinson, C.L., D.J. Cavalieri, P. Gloersen, H.J. Zwally et J.C. Comiso. « Arctic sea ice extents, areas and trends », *Journal of Geophysical Research*, vol. 104, 1999, pp. 20837–20856.
- Parlee, B., M. Manseau et Lutsel K'e Dene First Nation. « Using traditional ecological knowledge to adapt to ecological change: Denésoliné monitoring of caribou movements », *Arctic*, vol. 58, n° 1, 2005, pp. 26–37.
- Parmesan, C. « Ecological and evolutionary responses to recent climate change », *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, vol. 37, 2006, pp. 637–669.
- Parmesan, C. et G. Yohe. « A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems », *Nature*, vol. 421, 2003, pp. 37–42.
- Pharand, D. « The Arctic waters and the Northwest Passage: a final revisit », *Ocean Development and International Law*, vol. 38, n° 1, 2007, pp. 3–69.
- Phillips, D. Les climats du Canada, Les Éditions du Gouvernement du Canada, Ottawa (Ontario), 1990, 176 p.
- Poff, N.L., M.M. Brinson et J.W. Day. *Aquatic ecosystems and global climate change*, Pew Center on Global Climate Change, Arlington, Virginie, 2002, 45 p.
- Polyakov, I.V., G.V. Alekseev, R.V. Bekryaev, U.S. Bhatt, R. Colony, M.A. Johnson, V.P. Karklin, D. Walsh et A.V. Yulin. « Long-term ice variability in Arctic marginal seas », *Journal of Climate*, vol. 16, n° 12, 2003, pp. 2078–2085.
- Pomeroy, J.W., D.M. Gray, K.R. Shook, B. Toth, R.L.H. Essery, A. Pietroniro et N. Hedstrom. « An evaluation of snow accumulation and ablation processes for land surface modelling », *Hydrological Processes*, vol. 12, 1998, pp. 2339–2367.
- Pratley, R. *Changing livelihoods/changing diets: the implications of changes in diet for food security in Arctic Bay, Nunavut*, thèse de maîtrise inédite, Department of Geography, University of Guelph, Guelph (Ontario), 2006, 163 p.
- Prentice, B.E. et S. Turriff (éd.). *Airlships to the Arctic Symposium*, Proceedings, University of Manitoba Transportation Institute, Winnipeg (Manitoba), 2002, 180 p.
- Proshutinsky, A., V. Pavlov et R.H. Bourke. « Sea level rise in the Arctic Ocean », *Geophysical Research Letters*, vol. 28, 2001, pp. 2237–2240, doi:10.1029/2000GL012760.
- Proulx, J.F., D. Leclair et S. Gordon. *Trichinellosis and its prevention in Nunavik, Quebec, Canada*, ministère de la santé et des services sociaux du Québec et Santé Nunavik, 2000.
- Prowse T.D. « An overview », dans *Northern Hydrology: Canadian Perspectives*, T.D. Prowse et C.S.L. Ommannay (éd.), Environnement Canada, Centre national de recherche en hydrologie, 1990, pp. 1–36.
- Prowse, T.D. « River-ice ecology, part A: hydrologic, geomorphic and water-quality aspects », *Journal of Cold Regions Engineering*, vol. 15, n° 1, 2001, pp. 1–16.
- Prowse, T.D. et S. Beltaos. « Climatic control of river-ice hydrology: a review », *Hydrological Processes*, vol. 16, n° 4, 2002, pp. 805–822.
- Prowse, T.D. et T. Carter. « Significance of ice-induced hydraulic storage to spring runoff: a case study of the Mackenzie River », *Hydrological Processes*, vol. 16, n° 4, 2002, pp. 779–788.
- Prowse, T.D. et J.M. Culp. « Ice breakup: a neglected factor in river ecology », *Revue canadienne de génie civil*, vol. 30, 2003, pp. 128–144.
- Prowse, T.D., F.J. Wrona et G. Power. « Barrages, réservoirs et régulation du débit des eaux », dans *Menaces pour la disponibilité de l'eau au Canada*, Environnement Canada, Institut national de recherche sur les eaux, Série des rapports d'évaluation scientifique, n° 3, 2004, pp. 11–22.
- Prowse, T.D., F.J. Wrona, J. Reist, J.E. Hobbie, L.M.J. Lévesque et W. Vincent. « General features of the Arctic relevant to climate change in freshwater ecosystems », *Ambio*, vol. 35, n° 7, 2006, pp. 330–338.
- Receveur, O., M. Boulay et H.V. Kuhnlein. Decreasing traditional food use affects diet quality for adult Dene/Mé'tis in 16 communities of the Canadian Northwest Territories, *Journal of Nutrition*, vol. 127, n° 11, 1997, pp. 2179–2186.
- Reist, J.D., F.J. Wrona, T.D. Prowse, J.B. Dempson, M. Power, G. Koeck, T.J. Carmichael, C.D. Sawatzky, H. Lehtonen et R.F. Tallman. Effects of climate change and UV radiation on fisheries for Arctic freshwater and anadromous species, *Ambio*, vol. 35, 2006a, pp. 402–410.
- Reist, J.D., F.J. Wrona, T.D. Prowse, M. Power, J.B. Dempson, D. Beamish, J.R. King, T.J. Carmichael et C.D. Sawatzky. General effects of climate change on Arctic fishes and fish populations, *Ambio*, vol. 35, n° 7, 2006b, pp. 370–380.
- Reist, J.D., F.J. Wrona, T.D. Prowse, M. Power, J.B. Dempson, J.R. King et R.J. Beamish. An overview of effects of climate change on selected Arctic freshwater and anadromous fishes, *Ambio*, vol. 35, 2006c, pp. 381–387.
- Réseau canadien de recherche sur les impacts climatiques et l'adaptation (C-CIARN)-Nord. Northern Regions Chapter — Consultation Meeting 1, Whitehorse, Yukon, Northern Climate Exchange and Yukon College, Whitehorse (Yukon), 2006a, 20 p., <http://www.taiga.net/nce/adaptation/FINAL_Consultation_Report_Whitehorse.pdf>, [consultation : 21 septembre 2007].
- Réseau canadien de recherche sur les impacts climatiques et l'adaptation (C-CIARN)-Nord. Northern Regions Chapter — Consultation Meeting 2, Yellowknife, Northwest Territories, Northern Climate Exchange and Yukon College, Whitehorse (Yukon), 2006b, 21 p., <http://www.taiga.net/nce/adaptation/FINAL_Consultation_Report_Yellowknife.pdf>, [consultation : 21 septembre 2007].
- Réseau canadien de recherche sur les impacts climatiques et l'adaptation (C-CIARN)-Nord. Northern Regions Chapter — Consultation Meeting 3, Iqaluit, Nunavut, Northern Climate Exchange and Yukon College, Whitehorse (Yukon), 2006c, 20 p., <http://www.taiga.net/nce/adaptation/FINAL_Consultation_Report_Iqaluit.pdf>, [consultation : 21 septembre 2007].
- Ressources naturelles Canada. *L'état des forêts au Canada 2004–2005 : la forêt boréale*, Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts, 2005, 96 p., <<http://warehouse.pfc.forestry.ca/HQ/25649.pdf>>, [consultation : 31 juillet 2007].
- Richardson, E.S., J.D. Reist et C.K. Minns. *Life history characteristics of freshwater fishes occurring in the Northwest Territories and Nunavut, with major emphasis on lake habitat requirements*, Rapport manuscrit canadien des sciences halieutiques et aquatiques, vol. 2569, 2001, 149 p.
- Riedlinger, D. Responding to climate change in northern communities: impacts and adaptations, *Arctic* (InfoNorth), vol. 54, 2001, pp. 96–98.
- Riedlinger, D. et F. Berkes. Contributions of traditional knowledge to understanding climate change in the Canadian Arctic, *Polar Record*, vol. 37, n° 203, 2001, pp. 315–328.
- Rignot, E. et R.H. Thomas. Mass balance of the polar ice sheets. *Science*, vol. 297, 2002, pp. 1502–1506.
- Rigor, I.G. et J.M. Wallace. Variations in the age of Arctic sea-ice and summer sea-ice extent, *Geophysical Research Letters*, vol. 31, article L09401, 2004, doi:10.1029/2004GL019492.
- Rigor, I.G., J.M. Wallace et R.L. Colony. Response of sea ice to the Arctic Oscillation, *Journal of Climate*, vol. 15, 2002, pp. 2648–2663.
- Root, T.R. et S.H. Schneide. Can large-scale climatic models be linked with multi-scale ecological studies?, *Conservation Biology*, vol. 7, 1993, pp. 256–270.
- Rothrock, D.A., Y. Yu et G.A. Maykut. Thinning of Arctic sea-ice cover, *Geophysical Research Letters*, vol. 6, n° 23, paper 1999GL900000, 1999, pp. 3469–3472.
- Rouse, W.R., E.M. Blyth, R.W. Crawford, J.R. Gyakum, J.R. Janowicz, B. Kochtubajda, H.G. Leighton, P. Marsh, L. Martz, A. Pietroniro, H. Ritchie, W.M. Schertzer, E.D. Soulis, R.E. Stewart, G.S. Strong et M.-K. Woo. Energy and water cycles in a high-latitude, north-flowing river system, *Bulletin of the American Meteorological Society*, vol. 83, 2003, pp. 73–87.
- Rouse, W.R., M.S.V. Douglas, R.E. Hecky, A.E. Hershey, G.W. Kling, L. Lesack, P. Marsh, M. McDonald, B.J. Nicholson, N.T. Roulet et J.P. Smol. Effects of climate change on the freshwaters of Arctic and subarctic North America, *Hydrological Processes*, vol. 11, 1997, pp. 873–902.
- Russell, D.E., A.M. Martell et W.A.C. Nixon. Ecology of the Porcupine caribou herd in Canada, *Rangifer*, n° spécial 8, 1993, 168 p.
- Scholze, M., W. Knorr, N.W. Arnell et I.C. Prentice. *A climate change risk analysis for world ecosystems*, Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, vol. 103, n° 35, 2006, pp. 12 116–13 120.
- Serreze, M. et R.G. Barry. *The Arctic Climate System*, Cambridge University Press, New York, New York, 2005, 402 p.
- Shirley, J. C-CIARN North — Nunavut community research needs survey: summary report, Nunavut Research Institute, Iqaluit (Nunavut), 2006, 24 p.
- Skre, O., R. Baxter, R.M.M. Crawford, T.V. Callaghan et A. Fedorkov. How will the tundra-taiga interface respond to climate change?, *Ambio Special Report*, vol. 12, 2002, pp. 37–46.
- Smit, B. et O. Piliposova. From adaptation to adaptive capacity and vulnerability reduction, dans *Climate Change, Adaptive Capacity and Development*, J.B. Smith, R.J.T. Klein et S. Huq (éd.), Imperial College Press, London, Royaume-Uni, 2003, pp. 9–28.
- Smith, S.L. et M.M. Burgess. *Sensitivity of permafrost to climate warming in Canada*, Commission géologique du Canada, Bulletin 579, 2004, 24 p.

- Smith, S.L., M.M. Burgess et J.A. Heginbottom. *Permafrost in Canada, a challenge to northern development*, dans *A Synthesis of Geological Hazards in Canada*, G.R. Brooks (éd.), Commission géologique du Canada, Bulletin 548, 2001a, pp. 241-264.
- Smith, S.L., M.M. Burgess et F.M. Nixon. *Response of active-layer and permafrost temperatures to warming during 1998 in the Mackenzie Delta, Northwest Territories and at Canadian Forces Station Alert and Baker Lake, Nunavut*, Commission géologique du Canada, Recherches en cours 2001-E5, 2001b, 8 p.
- Smith, S.L., M.M. Burgess, D. Riseborough et F.M. Nixon. *Recent trends from Canadian permafrost thermal monitoring network sites*, *Permafrost and Periglacial Processes*, vol. 16, 2005, pp. 19-30.
- Smith, S.L., M.M. Burgess et A.E. Taylor. *High Arctic permafrost observatory at Alert, Nunavut – analysis of a 23 year data set*, compte rendu de la 8e Conférence internationale sur le pergélisol, tenue en juillet 2003 à Zurich (Suisse), M. Phillips, S.M. Springman et L.U. Arenson (éd.), A.A. Balkema, Lisse, Pays-Bas, 2003, pp. 1073-1078.
- Solomon, S.M. Spatial and temporal variability of shoreline change in the Beaufort Mackenzie region, Northwest Territories, Canada, *Geo-Marine Letters*, vol. 25, 2005, pp. 127-137.
- Spence, C., K. Dies, A. Pietroniro, M.-K. Woo, D. Verseghy et L. Martz. Incorporating new science into water management and forecasting tools for hydropower in the Northwest Territories, Canada, dans *Proceedings of 15th International Northern Research Basins Symposium and Workshop*, symposium tenu 29 août au 2 septembre 2005, Luleå à Kvikkjokk, Suède, 2005, pp. 205-214.
- Spittlehouse, D.L. et R.B. Stewart. Adaptation to climate change in forest management, *BC Journal of Ecosystems and Management*, vol. 4, n° 1, 2003, pp. 1-11.
- Statistique Canada. Indicateurs de la santé, 2001, index chronologique, Statistique Canada, no au catalogue .82-221-XWF, 2001, <<http://www.statcan.ca/bscol/francais/bscol?catno=82-221-X&CHROPG=1>>, [consultation : 2 juillet 2007].
- Statistique Canada. *La santé dans les collectivités canadiennes*, Statistique Canada, no au catalogue 82-003-SIF2002001, Rapports sur la santé - supplément, vol. 13, 2002, 25 p.
- Statistique Canada. *In sécurité alimentaire*, Statistique Canada, no au catalogue 82-003 XIF, Rapports sur la santé, vol. 16, n° 3, 2005a, pp. 55-59.
- Statistique Canada. *Projections démographiques pour le Canada, les provinces et les territoires*, 2005-2031, Statistique Canada, no au catalogue 91-520-XIF, 2005b, 213 p.
- Statistique Canada. Mortalité, liste sommaire des causes, 2003, Statistique Canada, Division de la statistique de la santé, n° au catalogue 84F0209XIE, 137 p., 2006, <<http://www.statcan.ca/cgi-bin/downpub/listpub.cgi?catno=84F0209XIF2003000>>, [consultation : 31 juillet 2007].
- Stewart, E.J., D. Draper et M.E. Johnston. A review of tourism research in the polar regions, *Arctic*, vol. 58, n° 4, 2005, pp. 383-394.
- Stirling, I. Reproductive rates of ringed seals and survival of pups in northwestern Hudson Bay, Canada, 1991-2000, *Polar Biology*, vol. 28, 2005, pp. 381-387.
- Stirling, I. et T.G. Smith. Implications of warm temperatures and an unusual rain event for the survival of ringed seals on the coast of southeastern Baffin Island, *Arctic*, vol. 57, n° 1, 2004, pp. 59-67.
- Stirling, I., N. J. Lunn et J. Iacozza. Long-term trends in the population ecology of polar bears in western Hudson Bay in relation to climatic change, *Arctic*, vol. 52, 1999, pp. 294-306.
- Stocks, B.J., M.A. Fosberg, M.B. Wotton, T.J. Lynham et K.C. Ryan. Climate change and forest fire activity in North American boreal forests, dans *Fire, Climate Change, and Carbon Cycling in the Boreal Forest*, E.S. Kasischke et B.J. Stocks (éd.), Springer-Verlag, New York, New York, 2000, pp. 368-376.
- Tarnocai, C. « The effect of climate change on carbon in Canadian peatlands », *Global and Planetary Change*, vol. 53, 2006, pp. 222-232.
- Tarnocai C., F.M. Nixon et L. Kutny. *Circumpolar Active Layer Monitoring (CALM) sites in the Mackenzie Valley, northwestern Canada*, *Permafrost and Periglacial Processes*, 2004, vol. 15, 2004, pp. 141-153.
- Tesar, C. What price the caribou?, *Northern Perspectives* (Canadian Arctic Resources Committee Newsletter), vol. 31, n° 1, 2007, pp. 1-3.
- Thorpe, W. *A review of the literature and miscellaneous other parameters relating to water levels in the Peace-Athabasca delta, particularly with respect to the effect on muskrat numbers*, Parcs Canada, Parc national Wood Buffalo, Fort Chipewyan (Alberta), 1986, 9 p.
- Tremblay, M., C. Furgal, V. Lafontaine, C. Larivière, J.P. Savard, M. Barrett, T. Annanack, N. Enish, P. Tookalook et B. Etidloie. Climate change, communities and ice: bringing together traditional and scientific knowledge for adaptation in the North, dans *Climate Change: Linking Traditional and Scientific Knowledge*, R. Rieuw et J. Oakes (éd.), Aboriginal Issues Press, University of Manitoba, Winnipeg (Manitoba), 2006, 285 p.
- Trenberth, K.E., P.D. Jones, P. Arbenje, R. Bojariu, D. Easterling, A. Klein Tank, D. Parker, F. Rahimizadeh, J.A. Renwick, M. Rusticucci, B. Soden et P. Zhai. Observations: surface and atmospheric climate change, dans *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*, contribution du Groupe de travail I au Quatrième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor et H.L. Miller (éd.), Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New York, New York, 2007.
- Tynan, C.T. et D.P. DeMaster. Observations and predictions of Arctic climatic change: potential effects on marine mammals, *Arctic*, vol. 50, 1997, pp. 308-322.
- Usher, M.B., T.V. Callaghan, G. Gilchrist, B. Heal, G.P. Juday, H. Loeng, M.A.K. Muir et P. Prestrud. Principles of conserving the Arctic's biodiversity, dans *Arctic Climate Impact Assessment*, Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni, 2005, pp. 539-596.
- Van Oostdam, J., S.G. Donaldson, M. Feeley, D. Arnold, P. Ayotte, G. Bondy, L. Chan, E. Dewailly, C.M. Furgal, H. Kuhnlein, E. Loring, G. Muckle, E. Myles, O. Receveur, B. Tracy, U. Gill et S. Kalhok. Human health implications of environmental contaminants in Arctic Canada: a review, *Science of the Total Environment*, vol. 51-352, 2005, pp. 165-246.
- Vincent, W.F. et J.E. Hobbie. Ecology of Arctic lakes and rivers, dans *The Arctic: Environment, People, Policy*, M. Nuttal et T.V. Callaghan (éd.), Harwood Academic Publishers, Amsterdam, Pays-Bas, 2000, pp. 197-232.
- Walsh, J.E., O. Anisimov, J.O.M. Hagen, T. Jakobsson, J. Oerlemans, T.D. Prowse, V. Romanovsky, N. Savelieva, M. Serreze, A. Shiklomanov, I. Shiklomanov, S. Solomon, A. Arendt, D. Atkinson, M.N. Demuth, J. Dowdeswell, M. Dyurgerov, A. Glazovsky, R.M. Koerner, M. Meier, N. Reich, O. Sigurdsson, K. Steffen et M. Truffer. Cryosphere and hydrology, dans *Arctic Climate Impact Assessment*, Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni, 2005, pp. 183-242.
- Warren, J., J. Berner et J. Curtis. Climate change and human health: infrastructure impacts to small remote communities in the North, *International Journal of Circumpolar Health*, vol. 64, n° 5, 2005, pp. 487-497.
- Wenzel, G. Nunavut Inuit and polar bear: the cultural politics of the hunt, dans *Indigenous Use and Management of Marine Resources*, N. Kishigami et J. Savelle (éd.), Musée national d'ethnologie, Osaka, Japon, *Senri Ethnological Series*, n° 67, 2005, pp. 363-388.
- White, R.G. et J. Trudell. Habitat preference and forage consumption by reindeer and caribou near Atkasook, Alaska, *Arctic and Alpine Research*, vol. 12, 1980, pp. 511-529.
- Willems, S. et K. Baumert. *Institutional capacity and climate action*, Organisation de coopération et de développement économiques, Agence internationale de l'énergie, Paris, France, 2003, 50 p.
- Wilson, K.J., J. Falkingham, H. Melling et R. De Abreu. Shipping in the Canadian Arctic: other possible climate change scenarios, *International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, vol. 3, 2004, pp. 1853-1856.
- Woo, M.-K. Permafrost hydrology, dans *Northern Hydrology: Canadian Perspectives*, T.D. Prowse et C.S.L. Ommannay (éd.), Environnement Canada, Centre national de recherche en hydrologie, NHRI Science Report no 1, 1990, pp. 63-76.
- Woo, M.-K. *Northern hydrology*, dans *Canada's Cold Environments*, H.M. French et O. Slaymaker (éd.), McGill-Queen's University Press, Montréal (Québec), 1993, pp. 93-142.
- Woo, M.-K., A.G. Lewkowicz et W.R. Rouse. Response of the Canadian permafrost environment to climate change, *Physical Geography*, vol. 13, 1992, pp. 287-317.
- Wood, K. et J.E. Overland. Accounts from 19th-century Canadian Arctic explorers' logs reflect present climate conditions, *EOS (Transactions of the American Geophysical Union)*, vol. 84, 2003, pp. 410-412.
- Wrona, F.J., T.D. Prowse, J.D. Reist, R. Beamish, J.J. Gibson, J. Hobbie, E. Jeppesen, J. King, G. Koeck, A. Korholak, L. Lévesque, R. Macdonald, M. Power, V. Skvortsov, W. Vincent, R. Clark, B. Dempson, D. Lean, H. Lehtonen, S. Perin, R. Pienitz, M. Rautio, J. Smol, R. Tallman et A. Zhulidov. Freshwater ecosystems and fisheries, dans *Arctic Climate Impact Assessment*, Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni, 2005, pp. 353-452.
- Wrona, F.J., T.D. Prowse, J.D. Reist, J.E. Hobbie, L.M.J. Lévesque et W.F. Vincent. Climate change effects on aquatic biota, ecosystem structure and function, *Ambio*, vol. 35, n° 7, 2006a, pp. 359-369.
- Wrona, F.J., T.D. Prowse, J.D. Reist, J.E. Hobbie, L.M.J. Lévesque et W.F. Vincent. Key findings, science gaps and policy recommendations, *Ambio*, vol. 35, n° 7, 2006b, pp. 411-415.
- Zhang, X., K.D. Harvey, W.D. Hogg et T.R. Yuzyk. Trends in Canadian streamflow, *Water Resources Research*, vol. 37, 2001a, pp. 987-998.
- Zhang, X., W.D. Hogg et E. Mekis. Spatial and temporal characteristics of heavy precipitation events over Canada, *Journal of Climate*, vol. 14, 2001b, pp. 1923-1936.
- Zhang, X., L.A. Vincent, W.D. Hogg et A. Niitsoo. Temperature and precipitation trends in Canada during the 20th century, *Atmosphere-Ocean*, vol. 38, 2000, pp. 395-429.
- Zielinski, P.A. *Flood frequency analysis in dam safety assessment*, compte rendu de la Conférence annuelle de l'Association canadienne des barrages, Tenue du 30 septembre au 4 octobre 2001, à Fredericton (Nouveau-Brunswick), 2001, pp. 79-86.
- Zimov, S.A., S.P. Davydov, G.M. Zimova, A.I. Davydova, E.A.G. Schuur, K. Dutta et F.S. Chapin, III. Permafrost carbon: stock and decomposability of a globally significant carbon pool, *Geophysical Research Letters*, vol. 33, article L20502, 2006, doi:10.1029/2006GL027484.