

CHAPITRE 9

Le Canada dans le contexte international

Auteurs principaux :

James P. Bruce¹ et Erik Haites²

Collaborateurs :

Aaron Cosbey (*Institut de prévention des sinistres catastrophiques*),
John Drexhage (*Institut international du développement durable*),
Terry Fenge (*Inuit Circumpolar Conference*), Paul Kovacs (*Institut de
prévention des sinistres catastrophiques*) et Gordon A. McBean
(*University of Western Ontario*)

Notation bibliographique recommandée :

Bruce, J.P. et E. Haites. « Le Canada dans le contexte international », 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. 387-424.

¹ Soil and Water Conservation Society, Ottawa, (Ontario)

² Margaree Consultants, Toronto, (Ontario)

TABLE DES MATIÈRES

1 INTRODUCTION.....	391
1.1 Objectif du chapitre	391
1.2 Tendances et projections internationales du changement climatique	391
2 QUESTIONS D'ORDRE PLANÉTAIRE.....	394
2.1 Aperçu des impacts et des mesures d'adaptation à l'échelle mondiale – questions d'équité.....	394
2.2 Catastrophes naturelles, assurance et réassurance, et aide humanitaire.....	394
2.3 Questions relatives au commerce.....	396
2.4 Implications du changement climatique en matière de conflits	401
2.5 Implications pour la migration internationale en direction du Canada.....	401
2.6 Effets sur la santé.....	402
2.7 Effets sur le tourisme	404
3 OCÉANS	405
3.1 Océan Atlantique et mer du Labrador	406
3.2 Océan Pacifique.....	407
3.3 Océan Arctique	408
4 EFFETS SUR LES CONTINENTS (Amérique du Nord).....	411
4.1 Implications en matière d'eau	411
4.2 Questions liées à l'énergie.....	413
4.3 Qualité transfrontalière de l'air.....	415
5 OBLIGATIONS INTERNATIONALES DU CANADA EN MATIÈRE D'ADAPTATION	416
5.1 Besoins en adaptation dans les pays en développement	416
5.2 Actions entreprises jusqu'ici	418
6 SYNTHÈSE.....	419
RÉFÉRENCES	420

PRINCIPALES CONCLUSIONS

Le changement climatique touche déjà les populations, les économies et les environnements de toutes les régions du monde : hausse des températures, élévation du niveau de la mer, augmentation du nombre d'épisodes de fortes précipitations, intensification des tempêtes et des sécheresses, fonte des glaciers, changements des débits fluviaux, accroissement de l'évaporation, dégradation du pergélisol, réduction de la glace de mer et de lac, et augmentation du nombre des vagues de chaleur. On s'attend à ce que ces impacts, défavorables pour la plupart, se poursuivent et même s'intensifient.

Les impacts du changement climatique et les mesures d'adaptation mises en œuvre dans d'autres pays pour y faire face peuvent toucher le Canada de diverses manières. Au Canada, les effets se feront sentir selon que les impacts surviennent ailleurs en Amérique du Nord, dans les océans qui l'entourent ou à l'échelle mondiale.

QUESTIONS RELATIVES À L'AMÉRIQUE DU NORD

- Les émissions de particules fines et de précurseurs de l'ozone aux États-Unis et au Canada s'accompagnent d'une augmentation des problèmes de santé et de la mortalité dont les conséquences seront fort répandues, aussi bien d'un côté de la frontière que de l'autre. Même si des vagues de chaleur de durée plus longue et plus intenses entraîneront vraisemblablement l'intensification des épisodes de smog, en réduisant davantage ces émissions, le Canada et les États-Unis contribueraient à la réduction des risques sanitaires.
- La baisse des débits dans de nombreux cours d'eau du sud du Canada entraîne des problèmes croissants de partage de la ressource et de qualité de l'eau dans les plans d'eau situés sur la frontière entre le Canada et les États-Unis, y compris les Grands Lacs.
- La croissance de la demande aux fins de climatisation et une baisse probable de l'approvisionnement en hydroélectricité aux États-Unis et dans certaines régions du Canada se traduisent par des modifications du processus d'échange transfrontalier d'énergie électrique.
- Avec l'augmentation projetée des sécheresses dans le sud-ouest des États-Unis et au Mexique, on peut s'attendre à une croissance de la demande d'exportation d'eau.

QUESTIONS RELATIVES AUX OCÉANS ET AUX ZONES CÔTIÈRES

- Le réchauffement de l'Arctique entraînera une diminution de la glace de mer et une augmentation de la navigation et des projets de développement dans les eaux arctiques canadiennes, rendant ainsi plus pressant le besoin de trouver les ressources nécessaires afin d'assurer la poursuite des activités de protection de la sécurité du Canada dans cette région ainsi que de ses intérêts en matière d'environnement, et de la communauté inuite.
- L'élévation du niveau marin, l'augmentation de l'activité cyclonique et la réduction de la couverture de glace augmenteront l'érosion du littoral et obligeront à construire des routes dans d'autres endroits et à modifier les installations portuaires, les systèmes de navigation, les navires et les capacités de recherche et de sauvetage sur les côtes des océans Atlantique, Pacifique et Arctique.
- Les effets sur la répartition des poissons et sur les régimes de pêche de pays étrangers sont encore mal compris, mais ils pourraient s'avérer d'une importance majeure pour les communautés canadiennes vivant de la pêche; il existe donc là une importante lacune sur le plan des connaissances.

QUESTIONS D'ORDRE MONDIAL

Santé

- Des maladies actuellement présentes dans des climats plus chauds menaceront de plus en plus le Canada en raison de la présence accrue de maladies et d'organismes porteurs de maladies dans des pays qui entretiennent des liens de commerce et de tourisme avec le Canada.
- Le transport de matières toxiques et de polluants persistants vers le nord du Canada augmentera à mesure que le réchauffement des lacs eurasiens et nord-américains causera la volatilisation d'un

nombre croissant de substances chimiques, ayant ainsi un effet délétère sur la population du Nord canadien et sur les écosystèmes.

- Il faudra accroître l'aide internationale aux pays en développement pour assurer la salubrité de leur approvisionnement en eau et du traitement des aliments afin de réduire les décès et les maladies liés à la diarrhée et autres troubles.

Déplacements de populations

- Dans nombre de pays, l'élévation du niveau de la mer et l'augmentation des pénuries d'eau et de nourriture obligeront beaucoup de gens à déménager dans leur propre pays ou à l'étranger, entraînant des conséquences sur les politiques et les activités du Canada en matière d'aide, de maintien de la paix et d'immigration.

Augmentation des catastrophes

- On prévoit l'augmentation de la fréquence et de l'ampleur des catastrophes d'ordre météorologique, notamment des sécheresses à l'échelle mondiale, ce qui fera croître les besoins en secours et en aide de la part du Canada, et les pertes pour les Canadiens possédant des entreprises et des biens à l'étranger.

Tourisme au Canada

- À long terme, on devrait noter un accroissement du tourisme de saison chaude au Canada. Les installations de tourisme hivernal devront avoir recours à des mesures d'adaptation importantes pour rester viables.
- On prévoit que les Canadiens voyageront moins vers des destinations chaudes en raison de l'allongement de la saison chaude au Canada.

Commerce canadien

- Une augmentation de la productivité forestière mondiale devrait contribuer à faire baisser les prix des produits du bois canadiens si les effets des incendies et des proliférations d'insectes à l'étranger sont minimisés.
- Les exportations canadiennes de céréales et de maïs pourraient trouver de nouveaux marchés, et les importations de fruits et légumes pourraient diminuer.

Le Canada est non seulement en mesure, mais a l'obligation d'aider les pays en développement à s'adapter au changement climatique. Avec d'autres pays industrialisés, il s'est engagé à réduire ses émissions de gaz à effet de serre, à aider les pays en développement à s'adapter aux effets désavantageux du changement climatique et à contribuer au transfert de technologies et de savoir-faire respectueux de l'environnement. La participation du Canada à des programmes internationaux liés au changement climatique contribue à la compréhension internationale et à l'évaluation des connaissances scientifiques canadiennes. Les connaissances des experts canadiens acquises grâce à cette participation sont également mises à profit dans l'élaboration des politiques et des programmes nationaux.

La compréhension de ces questions d'ordre international contribue à l'élaboration de la politique étrangère du Canada, stimule et protège le commerce international, et protège les ressources, l'environnement et la santé du Canada. Les effets et les exigences, possiblement de grande portée, découlant de cette situation doivent être pris en considération par tous les niveaux de gouvernement et par de nombreuses entreprises. Ces questions n'ont fait l'objet que de peu de recherches dans une perspective canadienne, mais des études menées ailleurs, y compris celles citées dans le présent chapitre, ont d'importantes conséquences pour le Canada.

1 INTRODUCTION

1.1 OBJECTIF DU CHAPITRE

Le climat modifie l'économie et l'environnement de toute la planète. Dans un monde où les voyages et les échanges commerciaux font croître les interactions entre individus et entreprises de pays différents, et avec la migration des espèces et les menaces d'ordre transfrontalier auxquelles font face les écosystèmes, les impacts du changement climatique se jouent des frontières nationales. Pour le Canada, les préoccupations majeures concernent des modifications dans les régimes du commerce, de l'immigration et du tourisme, les effets transfrontaliers sur l'eau, la santé et la pollution de l'air, l'augmentation du stress ressenti à l'étranger au sujet de l'accès aux ressources et le besoin de réponses mondiales à des catastrophes de plus en plus fréquentes et de plus en plus graves. Dans certains cas, les stress entraînés par la mondialisation économique seront aggravés par le changement du climat.

Les pays du Nord circumpolaire constatent déjà de sérieux effets du changement climatique, et les mesures d'adaptation mises en œuvre par une nation auront des incidences sur les autres pays. Les changements des courants et de la répartition des poissons, l'augmentation du nombre de violentes tempêtes hivernales et l'élévation des températures et niveaux de la mer survenant dans les trois océans qui bordent le Canada déclencheront des mesures à l'étranger, qui pourront avoir des répercussions profondes au Canada.

En résumé, les impacts du changement climatique et les mesures d'adaptation prises à l'étranger pourront avoir des effets prononcés sur le Canada. Le présent chapitre constitue une première tentative d'identifier les questions clés pour le Canada dans une perspective internationale, et de discuter des réponses possibles.

1.2 TENDANCES ET PROJECTIONS INTERNATIONALES DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Quels changements du climat ont été observés à l'étranger dans les récentes décennies, et à quels changements peut-on s'attendre d'ici 40 ou 50 ans? Une grande partie de l'information présentée ici provient des rapports d'évaluation préparés par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) et de documents scientifiques publiés depuis 2000.

Température

La température planétaire moyenne a monté d'environ 0,74 °C au cours du dernier siècle, et ce, à un rythme beaucoup plus rapide après 1979 (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, 2007a). D'une région à l'autre, les valeurs peuvent s'écarter considérablement de cette moyenne, comme le montre la figure 1. D'ici 2050, l'échelle du réchauffement prévu (1,3 °C à 1,7 °C comparativement à la période s'étendant de 1980 à 1999) est peu sensible au choix de scénarios d'émissions (Groupe d'experts

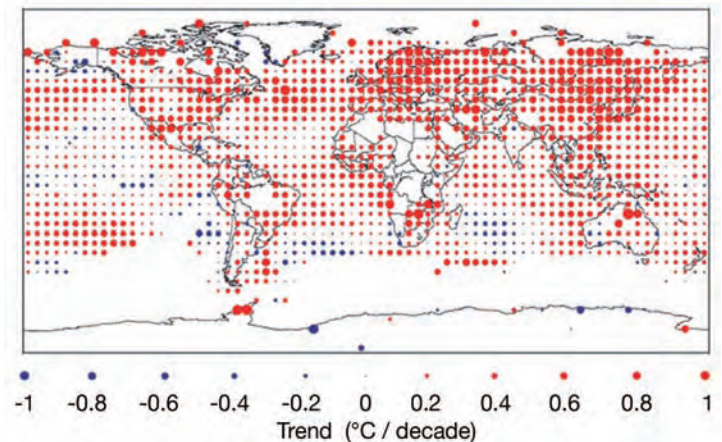


FIGURE 1 : Tendances des températures annuelles (°C/décennie) de 1976 à 2000. La couleur rouge indique une tendance au réchauffement, le bleu, une tendance au refroidissement, et la taille des cercles est proportionnelle à l'ampleur du changement (Folland *et al.*, 2001).

intergouvernemental sur l'évolution du climat, 2007a). Là encore, on s'attend à d'importants écarts régionaux par rapport à ces valeurs de température moyennes. Les taux d'évaporation vont généralement augmenter à mesure que monteront les températures de l'air et, en particulier, de l'eau.

Précipitations

Depuis les années 1960, les précipitations moyennées à l'échelle de la planète sont restées pratiquement stationnaires (Gruber et Levizzani, 2006), bien que d'autres études révèlent une augmentation moyenne d'environ 2 p. 100 dans les régions terrestres (Folland *et al.*, 2001). Les hausses et les baisses des précipitations annuelles au cours des 30 à 40 dernières années présentent des variations régionales (Groisman *et al.*, 2005). Parmi les régions où la pluviométrie accuse des baisses figurent une grande partie du bassin méditerranéen et le nord du Sahara, le sud de l'Afrique et l'Argentine, certaines parties du Moyen-Orient, le nord du Mexique et le sud-ouest des États-Unis. Les prévisions de changements en matière de précipitations réalisées à l'aide de modèles de circulation générale pour les prochaines décennies, même si elles manquent un peu de cohérence, semblent indiquer une continuation des régimes constatés depuis 1970. Pour de nombreux endroits, il peut être plus utile de simplement extrapoler les tendances des récentes décennies. Dans la plupart des régions, les changements observés dans les précipitations fortes à très fortes sont plus significatifs que les changements observés dans les précipitations moyennes (Groisman *et al.*, 2005). La figure 2 présente la répartition à l'échelle planétaire des tendances en matière de précipitations fortes. Les modèles climatiques prévoient une poursuite de l'intensification des épisodes de pluie qui ont été constatés dans de nombreuses parties du monde (p. ex., Alexander *et al.*, 2006).



FIGURE 2 : Régions de changements disproportionnés des précipitations intenses et très intenses. Les seuils servant à déterminer ce qui constitue des précipitations intenses et très intenses varient en fonction de la saison et de la région (extrait modifié tiré de Groisman *et al.*, 2005).

Élévation du niveau de la mer et des océans

Le niveau moyen de la mer a monté d'environ 18 cm à l'échelle planétaire au cours du dernier siècle et de 3 mm/a depuis 1992. L'élévation supplémentaire projetée par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (2007a) pour la période s'étendant de 2090 à 2099 (comparativement à la période de 1980 à 1999) se situe entre 18 et 59 cm. Cependant, ces résultats ne comprennent pas l'effet total causé par les changements possibles survenant au niveau de l'écoulement ou de la rupture de l'inlandsis du Groenland ou en Antarctique (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, 2007a). Entre 2001 et 2004, la fonte des glaciers a contribué pour environ 1 mm/a à l'élévation du niveau marin, et pour 20 à 30 p. 100 à l'élévation totale survenue entre 1991 et 2004 (Kaser *et al.*, 2006). De nombreuses plaines côtières et de petits États insulaires de faible altitude sont vulnérables à l'élévation du niveau marin – surtout lors de tempêtes.

Des moyennes établies à l'échelle de la planète indiquent que les températures de la surface de la mer ont monté de 0,4 °C depuis 1970 et de 0,6 °C au cours du dernier siècle (Rayner *et al.*, 2003; Pierce *et al.*, 2006). La signature anthropique (gaz à effet de serre) du réchauffement est manifeste dans tous les bassins océaniques : Indien, Pacifique, Atlantique et Arctique (Pierce *et al.*, 2006). Cet état de choses a également contribué à une élévation du niveau de la mer par expansion thermique. On a également constaté une augmentation de l'acidité des couches océaniques superficielles liée à un accroissement de l'absorption de CO₂, augmentation qui risque de faire en sorte que le taux de pH s'en trouve davantage réduit, soit entre 0,14 et 0,35 unités d'ici à 2100 (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, 2007a).

Phénomènes extrêmes

Dans l'hémisphère Nord, les fortes tempêtes hivernales ont augmenté d'intensité dans certaines régions (McCabe *et al.*, 2001) et, selon les prévisions, cette tendance devrait se maintenir (Lambert, 1996; Lambert et Fyfe, 2006). Combinée à l'élévation du niveau marin, cette augmentation se traduira par une intensification des ondes de tempête, de l'érosion des côtes et des inondations dans de nombreuses régions côtières.

Le nombre moyen annuel de tempêtes tropicales (ouragans) n'a pas changé, mais elles sont devenues plus intenses; en effet, on a constaté depuis 1970 une augmentation de la proportion des

tempêtes de catégories 4 et 5 (Emmanuel, 2005; Webster *et al.*, 2005). Les modèles révèlent que cette intensification est liée au réchauffement de la surface de la mer et qu'elle va se poursuivre (Knutson et Tuleya, 2004).

Parmi les changements d'autres phénomènes extrêmes évalués par le GIEC (2001a, 2007a) figurent une augmentation de la fréquence des pluies intenses dans de nombreuses régions, des sécheresses plus fréquentes et plus graves dans les régions centrales et méridionales des continents et un accroissement des régions sujettes à la sécheresse (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, 2007a).

Autres tendances et répercussions

- La fonte du **pergélisol** en Amérique du Nord, en Europe et en Asie va se poursuivre, ou même s'accélérer, ce qui aura des incidences sur l'hydrologie, la faune et l'environnement bâti (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, 2001b, Arctic Climate Impact Assessment, 2004).
- La **couverture de neige** au moment de la fonte printanière dans l'hémisphère Nord (mars à avril) continue à rétrécir; de plus, il y a en général plus de fonte pendant les mois d'hiver (Mote *et al.*, 2005). La baisse des débits pendant les saisons sèches d'été et d'automne a un effet, non seulement maintenant mais pour les années à venir, sur la disponibilité de l'eau aux fins d'irrigation et d'autres utilisations.
- La superficie des **zones très sèches** a augmenté à l'échelle planétaire, soit de 12 p. 100 à 30 p. 100 de toute la surface terrestre depuis 1970 (Dai *et al.*, 2004). L'indice Palmer de gravité des sécheresses (voir la figure 3) révèle des tendances à l'assèchement dans des régions très répandues, y compris dans une grande partie de l'Afrique. Une sécheresse à la hausse caractérise maintenant plusieurs régions productrices importantes, notamment les grandes plaines d'Amérique du Nord.
- La **hauteur des vagues** a augmenté de 1 cm par décennie (entre 1950 et 2002) dans une grande partie du Pacifique Nord et de l'Atlantique Nord, en Méditerranée et sur la côte est de l'Amérique du Sud (Gulev et Grigorieva, 2004), phénomène dont les effets se sont fait sentir sur la navigation et les plates-formes de forage. Des études récentes ont établi que cette tendance à l'augmentation va se poursuivre (Caires *et al.*, 2006).
- L'**augmentation de la variabilité des pluies de mousson d'été en Asie** est probablement la cause d'épisodes plus graves de sécheresse et d'inondation en Inde et dans le sud-est de l'Asie (Lal *et al.*, 2001). Les pluies de mousson au Mexique et dans le nord des Caraïbes, dans les prairies subsahariennes et dans le sud-est de l'Afrique accusent un déclin depuis 1975 (Chen *et al.*, 2004).
- Une **réduction de la couverture de glace de lac**, des floraisons précoces d'algues printanières, des températures de l'eau de surface plus élevées au printemps et une stratification des lacs se manifestant de deux à quatre semaines plus tôt ont été constatées en Europe et dans d'autres régions tempérées (Mortsch *et al.*, 2003).
- Certains **phénomènes phénologiques** chez des espèces terrestres se produisent maintenant 5 à 14 jours plus tôt dans l'année, ce qui, depuis les années 1950, représente, pour divers végétaux de l'hémisphère Nord, un allongement de la saison de croissance. Selon les mesures satellitaires, la production primaire terrestre

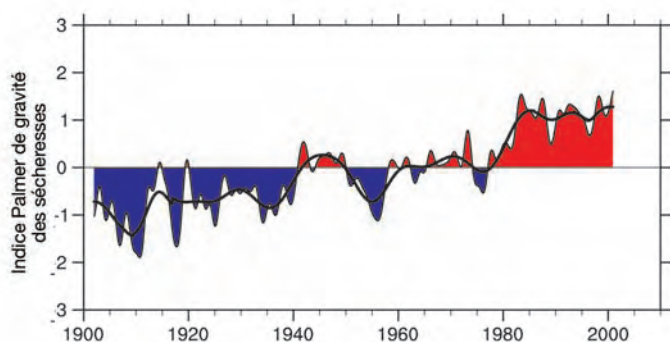
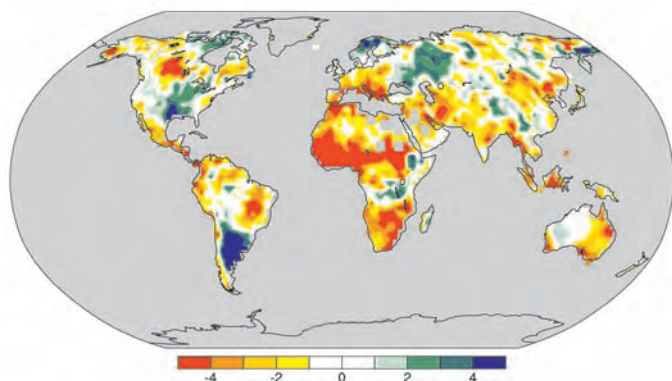


FIGURE 3 : « La variation spatiale la plus importante (en haut) de l'indice Palmer de gravité des sécheresses (Palmer Drought Severity Index, ou PDSI) pour la période de 1900 à 2002. Le PDSI est un des principaux indices de sécheresse; il mesure le déficit cumulatif en humidité à la surface du sol (par rapport aux conditions moyennes locales), en tenant compte des précipitations antérieures et des estimations de l'humidité entraînée dans l'atmosphère (selon les températures de l'atmosphère) pour établir le bilan hydrologique. Le panneau du bas montre à quel point le signe et l'ampleur des variations ont changé depuis 1900. Les zones rouge et orange représentent des régions plus sèches (plus humides) que la moyenne, et les zones en bleu et en vert représentent des régions plus humides (plus sèches) que la moyenne lorsque les valeurs de la courbe inférieure sont positives (négatives). La courbe noire lisse représente les variations décennales. La série chronologique correspond à peu près à une tendance; cette tendance et ses variations représentent 67 p. 100 de la tendance linéaire de l'indice PDSI entre 1900 et 2002 à l'échelle de la planète. Elle met donc en évidence une augmentation généralisée de la sécheresse en Afrique, en particulier au Sahel, par exemple. À noter également les zones plus humides, surtout dans l'est de l'Amérique du Nord et du Sud, et dans le nord de l'Eurasie. » (Trenberth *et al.*, 2007 p. 263, selon Dai *et al.*, 2004 [traduction]).

nette a augmenté de 6 p. 100 à l'échelle planétaire entre 1982 et 1999, surtout aux latitudes tempérées de l'hémisphère Nord (Nemani *et al.*, 2003).

- On a constaté une **augmentation des vagues de chaleur** dans la plupart des régions terrestres. En plus d'avoir des implications considérables sur le plan de la santé et d'être la cause de décès prématurés (comme cela s'est produit en Europe pendant l'été 2003), les vagues de chaleur peuvent aussi entraîner des pertes

pour l'agriculture, des changements dans les écosystèmes et au sein de la faune, et une augmentation de la demande d'énergie aux fins de climatisation. Par contre, la poursuite de la tendance actuelle à la diminution du nombre de jours très froids (Alexander *et al.*, 2005) fait baisser les besoins en chauffage et le nombre de blessures et de décès liés au froid.

- **Dans l'Arctique, la superficie couverte chaque année par la glace de mer** a sensiblement diminué, soit de 7,4 p. 100 (Johannessen *et al.*, 2004), au cours des 25 ans qui ont précédé 2002. En septembre 2005, l'étendue de glace de mer dans l'Arctique était la plus petite que l'on ait notée depuis le début des observations satellitaires, en 1979. Ces changements, susceptibles d'ailleurs de se poursuivre, pourraient accélérer l'utilisation des chenaux de navigation et la recherche de ressources pétrolières, gazières et minérales, mais ils pourraient aussi avoir des effets défavorables sur la faune et les activités de chasse des peuples de l'Arctique (voir la section 3.3 et le chapitre 3).
- On constate un **recul général des glaciers** dans l'ouest des Amériques, dans les Alpes et dans la plus grande partie de l'Himalaya, situation qui menace des approvisionnements en eau cruciaux pour les pays d'Amérique du Sud (Mark et Seltzer, 2003) et d'autres régions. La perte de glace totale de l'inlandsis du Groenland en 2005 était le double qu'en 1996 (Rignot et Kanagarathan, 2006), ce qui contribue à un adoucissement des eaux du nord de l'Atlantique Nord par contre, le centre de la calotte glaciaire n'a pas connu de changement et s'est peut-être même épaissi grâce à un accroissement de l'apport en neige. L'adoucissement de la branche nord du Gulf Stream pourrait affaiblir la circulation thermohaline (circulation méridionale de retour), dont le Gulf Stream lui-même. Si cet état de choses se poursuit selon les projections, il entraînera un réchauffement moindre que prévu en Europe et dans le nord-est de l'Amérique du Nord (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, 2007a).

À la lumière de ces tendances et répercussions, et compte tenu des capacités d'adaptation, on peut conclure que les régions évaluées comme très vulnérables aux risques liés au changement climatique et à l'élévation du niveau de la mer sont l'Arctique, l'Afrique subsaharienne, les petites îles et les grands deltas d'Asie (Adger *et al.*, 2007). Il faut cependant se rappeler qu'il y a des zones, des collectivités et des secteurs vulnérables dans toutes les régions du monde (Adger *et al.*, 2007).

2 QUESTIONS D'ORDRE PLANÉTAIRE

2.1 APERÇU DES IMPACTS ET DES MESURES D'ADAPTATION À L'ÉCHELLE PLANÉTAIRE – QUESTIONS D'ÉQUITÉ

Équité géographique

Le changement climatique met en jeu un cas classique d'iniquité entre les riches et les pauvres de la planète. Les peuples et les pays qui se sont enrichis grâce à des économies reposant sur l'utilisation de combustibles fossiles infligent aux pays les plus pauvres des changements préjudiciables qui se manifestent sous forme de catastrophes et de menace aux approvisionnements en eau et en nourriture, conséquences d'un climat en évolution. Pourtant, ce sont ces pays les plus pauvres et les plus vulnérables qui contribuent le moins au fardeau mondial des gaz à effet de serre (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, 1994; Stern, 2006). La disparité entre les riches et les pauvres due à des facteurs sociaux et économiques sera probablement aggravée par le changement climatique (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, 2001c).

Le changement climatique pourra aussi avoir des conséquences disproportionnées sur les collectivités côtières. En effet, ses répercussions les plus répandues sont entre autres celles dues au réchauffement des océans du globe, qui contribue à l'élévation du niveau de la mer, à une augmentation de l'intensité et de la durée des cyclones tropicaux et à des changements de la répartition des populations de poissons. Parmi les répercussions touchant les zones côtières et les collectivités littorales figurent l'érosion des plages et des traits de côte, la perte de récifs coralliens et une augmentation de la fréquence et de la gravité des inondations de terres basses pendant les tempêtes. Des mesures d'adaptation de grande portée devront être prises, sans quoi 80 millions de personnes de plus seront en danger d'être inondées dans les zones côtières d'ici les années 2080, et le danger ne fera que s'intensifier avec le temps (Parry *et al.*, 2001).

Les incidences sur la santé humaine découlant des changements de la disponibilité et de la qualité de l'eau, de la propagation de maladies tropicales, ainsi que les répercussions sur les systèmes alimentaires et les catastrophes naturelles touchent aussi, et très gravement, les collectivités les plus pauvres, soit celles qui sont le moins en mesure de s'adapter (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, 2001b, 2007b). On décrit ailleurs, dans le présent chapitre, comment l'aide technique du Canada peut appuyer l'adaptation dans les pays moins développés. L'adoption de mesures de développement durable permet de réduire de façon significative les impacts du changement climatique (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, 2007b).

Équité intergénérationnelle

Outre les préoccupations liées à l'iniquité géographique, la question du changement climatique se caractérise aussi par une iniquité dans le temps. En effet, les émissions actuelles auront également des répercussions, pour la plupart défavorables, sur de nombreuses générations à venir. Par exemple, si les concentrations de gaz à effet de serre étaient immédiatement stabilisées aux niveaux de 2006 (379 ppm de CO₂), le niveau de la mer continuerait de monter pendant plus de 500 ans en raison de l'expansion thermique et pendant des millénaires en raison de la fonte des glaces terrestres (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, 2007a). Les mesures d'adaptation concernant les régions côtières exigent donc des stratégies à long terme.

2.2 CATASTROPHES NATURELLES, ASSURANCE ET RÉASSURANCE, ET AIDE HUMANITAIRE

Les phénomènes météorologiques extrêmes peuvent se transformer en catastrophes naturelles lorsqu'ils frappent des collectivités vulnérables qui ne se sont pas préparées à y faire face. La population du Canada peut subir les effets des catastrophes naturelles survenues dans d'autres pays du fait des répercussions indirectes sur la disponibilité et le coût de biens et services, de changements dans les marchés financiers, et de demandes de dons en argent, en vêtements et en nourriture. On en a vu un exemple frappant avec la hausse subite des prix du pétrole et du gaz au Canada après l'ouragan Katrina, en 2005, et son incidence sur la production de pétrole dans le golfe du Mexique (Kovacs, 2005).

Les conséquences possibles des tendances liées au climat, qui vont se poursuivre à mesure qu'il évolue, ont des implications majeures pour l'industrie de l'assurance et sur le plan de la souffrance humaine. Ces tendances révèlent aussi qu'on observera un besoin croissant d'aide humanitaire d'urgence à l'étranger et qu'il faudra reconnaître l'importance d'aider les régions en voie de développement à mettre au point des projets d'atténuation des pertes dues aux catastrophes comme mesure d'adaptation au changement climatique.

Évolution des conditions

La croissance de la population mondiale et l'exposition des infrastructures à des catastrophes d'ordre météorologique s'accompagnent aussi d'une augmentation prévue des pertes économiques. On a cependant des indications que les pertes causées par des phénomènes climatiques ou météorologiques ont augmenté plus rapidement que ne pourrait l'expliquer la seule exposition. Il appert également que la fréquence des événements météorologiques violents responsables de pertes majeures, notamment les tempêtes, les inondations et les sécheresses, a elle aussi augmenté. Sur la planète, le nombre annuel de tempêtes violentes causant des dégâts, qui était en moyenne de 150 au début des années 1980, a atteint les 250 à 300 au

cours de la période de 2000 à 2004 (Mills, 2005). Les pertes totales de biens (à l'exclusion des incidences sur la santé) ont augmenté deux fois plus vite que ne l'aurait laissé penser la croissance de l'économie et de la population mondiale (Mills, 2005). Une fraction significative de la croissance des pertes dues à des catastrophes est donc attribuable au climat en évolution, comme le montre la tendance à la hausse des extrêmes climatiques de diverses sortes (voir la section 1.2) et tel que le confirment les projections des modèles du climat (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, 2001a, 2007a). Elle s'est aussi produite malgré les tentatives de nombreux pays de réduire ces pertes, par exemple par l'adoption de codes de construction plus stricts, de meilleurs systèmes d'avertissement et de projets de réduction des pertes dues à l'inondation. Il faut cependant constater que l'amélioration des systèmes d'avertissement a permis de faire baisser le nombre de décès au cours des années 1990 par rapport aux années 1970, même si les populations concernées ont connu une augmentation fulgurante (voir la figure 4; Organisation météorologique mondiale, 2006).

Pour 1975 et compte tenu des effets de l'inflation, les pertes économiques mondiales imputables à des catastrophes d'ordre météorologique se sont chiffrées à 4 milliards de dollars US; 30 ans plus tard, en 2005, elles dépassaient 200 milliards de dollars US, soit cinquante fois plus (Munich Reinsurance, 2006). Les sommes versées par les compagnies d'assurances pour des dommages aux biens ont également été multipliées par 50 au cours de la même période, passant de 1,6 à 83 milliards de dollars US, montants ajustés pour tenir compte des effets de l'inflation. Bien que l'industrie de l'assurance existe depuis plus de 300 ans, sept des dix catastrophes qui lui ont coûté le plus cher se sont manifestées depuis 2001 (Mills, 2005). Des données provenant du Centre for Research on Epidemiology of Disasters (Centre de recherches sur l'épidémiologie des désastres) révèlent que, pour la période allant de 1996 à 2005, 80 p.100 de toutes les catastrophes naturelles ont été d'ordre météorologique ou hydrologique; elles indiquent en outre que plus de 1,5 milliard de personnes ont été touchées par de telles catastrophes entre 2000 et 2004 (Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture, 2006).

La Fédération internationale des Sociétés de la Croix-Rouge et du Croissant-Rouge (2004) a étudié 3 000 catastrophes naturelles survenues un peu partout sur la planète entre 1994 et 2003. Plus de 80 p. 100 d'entre elles découlaient de phénomènes météorologiques à fortes répercussions. Au cours de cette période, on a enregistré 580 000 morts et des pertes économiques de 680 milliards de dollars US, et en moyenne, 250 millions de personnes par année ont été chassées de leur maison. Plus de 95 p. 100 des dommages aux biens se sont produits dans des pays aisés ou à revenu modéré, les pertes les plus importantes ayant lieu aux États-Unis. En contraste, plus de 90 p. 100 des décès dus aux catastrophes sont survenus dans des pays à revenu modéré ou bas, surtout en Asie et en Afrique (Fédération internationale des Sociétés de la Croix-Rouge et du Croissant-Rouge, 2004), où vivaient par ailleurs 98 p. 100 des personnes déplacées par ces catastrophes. Les conditions météorologiques à fortes répercussions constituent essentiellement un stress économique dans des pays aisés comme le Canada mais, dans les pays plus pauvres, elles peuvent devenir une menace sensible pour la vie, la santé et la sécurité.

Le nombre moyen de décès par catastrophe est de 23 dans les pays très industrialisés, mais grimpe à plus de 1000 dans les pays moins développés (Organisation météorologique mondiale, 2006). Bien

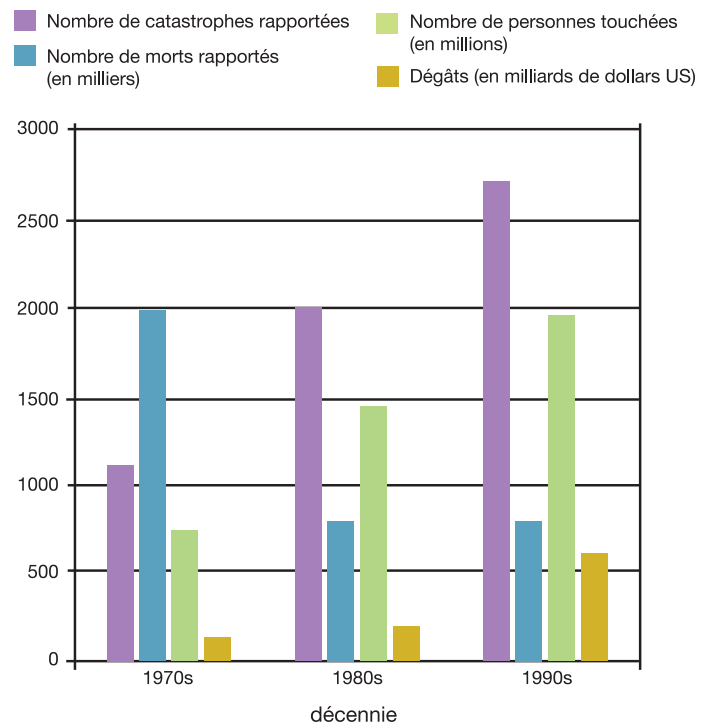


FIGURE 4 : Fréquence mondiale des répercussions des catastrophes naturelles et pertes humaines et économiques connexes entre les années 1970 et 1990 (Organisation météorologique mondiale, 2006).

que les coûts absolus des catastrophes dans les pays très développés soient élevés, ils sont généralement très inférieurs au produit intérieur brut (PIB) des pays en question (Handmer, 2003); par exemple, bien que l'ouragan Katrina ait causé des pertes énormes, celles-ci ne représentent qu'une petite fraction du PIB des États-Unis. En contraste, les pertes causées par l'ouragan Mitch, qui a frappé le Honduras en 1998, ont dépassé 75 p. 100 du PIB de ce pays. En Amérique centrale et dans les Caraïbes, les dégâts causés par les ouragans peuvent retarder le développement économique de ces régions pendant de nombreuses années, car ils exigent que les investissements soient consacrés aux efforts de remise sur pied plutôt qu'à la croissance (International Strategy for Disaster Reduction, 2005a).

Aide internationale

Depuis longtemps, les Canadiens appuient les efforts internationaux de secours en cas de catastrophe, et cette aide a augmenté au cours des dernières années. Récemment, les sinistrés du tsunami dans le sud de l'Asie, de la sécheresse en Afrique et des ouragans qui ont frappé les Caraïbes, l'Amérique centrale et les États-Unis ont reçu un secours considérable de la part d'individus provenant de partout au Canada.

Depuis plusieurs décennies, l'aide internationale et canadienne aux victimes de catastrophes croît avec l'augmentation de l'occurrence des phénomènes extrêmes. Le grand défi est maintenant de voir plus loin que le secours aux sinistrés et de commencer à se concentrer sur le renforcement de la résilience des collectivités, de manière à ce qu'elles puissent mieux faire face aux menaces que présentent les conditions météorologiques à fort impact. La période de reconstruction qui suit une catastrophe naturelle est probablement le moment idéal pour investir dans une

infrastructure et des bâtiments résilients aux catastrophes ainsi que dans de nouveaux emplacements plutôt que de replacer les populations et les infrastructures dans des conditions vulnérables. En outre, il s'agit d'une période favorable aux investissements dans des mesures de nature non structurale visant la réduction des risques associés aux catastrophes, telles que des systèmes améliorés d'avertissement et de préparation en cas d'urgence et des modifications appropriées apportées à l'utilisation des terres. Il s'agit de concepts importants dont il faut tenir compte dans le cadre de l'aide offerte en vue de la réduction des pertes dues aux catastrophes.

Industrie internationale de l'assurance

L'industrie mondiale de l'assurance fournit un mécanisme essentiel pour évaluer et regrouper les menaces aux biens liées aux conditions météorologiques à fort impact.

Ces dernières années, le coût de l'assurance des maisons et des entreprises a augmenté dans les régions où de nouvelles recherches ont démontré que les dommages prévus seront plus élevés que par le passé. On en a eu des preuves en Floride et sur la côte du golfe du Mexique, aux États-Unis. Cependant, sur la plupart des marchés, le coût de l'assurance des biens est resté stable, voire a baissé, comparativement à la valeur des propriétés. Certains épisodes météorologiques violents n'ont pas eu d'incidence sur le coût de l'assurance. Par exemple, la tempête de verglas de 1998, l'événement le plus coûteux pour les assureurs canadiens, n'a pas entraîné de hausse des primes, parce qu'elle a généralement été considérée par l'industrie comme un risque dont la probabilité n'avait pas changé. Qui plus est, plus de 90 p. 100 des facteurs ayant une incidence sur le coût de l'assurance ne sont pas liés aux conditions météorologiques, puisqu'il s'agit de facteurs tels que la fréquence des vols, le nombre d'incendies urbains ou le coût de réparation des véhicules; c'est pourquoi les augmentations des dégâts liés à des phénomènes météorologiques violents n'ont qu'une faible incidence sur le coût global des polices d'assurances tous risques.

Certaines compagnies assurent les compagnies d'assurances; c'est ce qui s'appelle la réassurance. Une grande partie des coûts de réparation des propriétés endommagées par des phénomènes météorologiques violents est assumée par l'industrie de la réassurance, par l'intermédiaire des sommes qu'elle verse aux compagnies d'assurances. Le secteur de la réassurance est toujours en effervescence. Les compagnies d'assurances ont des primes de réassurance plus élevées dans les régions où augmente le risque de phénomènes météorologiques violents, comme les Caraïbes et la côte atlantique des États-Unis. Il s'ensuit que le coût de l'assurance cesse d'être abordable pour nombre de gens moins aisés de ces régions. À ce jour, toutefois, le coût de la réassurance est resté stable pour les compagnies d'assurances au Canada.

Fourniture de biens et de services internationaux

Les phénomènes climatiques extrêmes ont une incidence sur la disponibilité et le coût des biens et des services acquis par les Canadiens. L'effet de l'ouragan Katrina sur le prix et l'approvisionnement en essence a déjà été mentionné (Kovacs, 2005). Par le passé, le mauvais temps a déjà touché la production de certaines cultures, comme celle du caféier ou de l'oranger. L'augmentation de l'activité des ouragans a perturbé les plans de vacances de Canadiens au Mexique, dans les Caraïbes et aux États-Unis. Nombre d'entreprises et de particuliers canadiens possèdent

des propriétés menacées, surtout en Floride, dans les États du golfe du Mexique et dans les Caraïbes, et ils ont subi des hausses importantes de leurs primes d'assurance.

Les grandes catastrophes peuvent aussi agir sur les marchés financiers internationaux, ceux-là mêmes qui sont fréquentés par de nombreux Canadiens, mais leur effet s'est plutôt fait sentir sur des secteurs ou des entreprises spécifiques, notamment les secteurs de l'énergie et de l'alimentation, comme dans le cas de l'ouragan Katrina. Ces chocs financiers ont une incidence immédiate sur le marché financier canadien, même si la catastrophe survient dans un pays très éloigné.

2.3 QUESTIONS RELATIVES AU COMMERCE

Le Canada, plus peut-être que tout autre pays de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE), a toutes les raisons de se demander quelle incidence le changement climatique pourrait avoir sur son commerce international, en raison du rôle extrêmement important que ce dernier joue dans son économie nationale. Les exportations et importations canadiennes constituaient 70 p. 100 du produit intérieur brut en 2006, et le commerce y contribuait directement pour 12,8 p. 100 (Affaires extérieures et Commerce international Canada, 2006).

Les répercussions les plus probables du changement climatique sur le commerce international tiennent au fait qu'il peut imposer des altérations majeures à sa base d'avantages comparatifs – un des moteurs clés du commerce. Ces répercussions pourraient se manifester :

- d'abord, en altérant la compétitivité des producteurs canadiens (de manière positive ou négative);
- ensuite, en altérant aussi la compétitivité des entreprises étrangères qui font concurrence aux producteurs canadiens tant sur le marché canadien que sur celui de pays tiers;
- enfin, en menant à l'adoption de politiques qui, à leur tour, auront une incidence sur la compétitivité sur les marchés étrangers.

La troisième situation (répercussions en matière de politiques) n'entre pas dans le cadre de la présente analyse. Les deux premières feront, par contre, l'objet de la discussion qui va suivre, en examinant les conséquences du changement climatique pour certains des secteurs exportateurs clés du Canada : la foresterie, l'agriculture et les pêches. La question de l'énergie est traitée à la section 4.2.

Il n'est pas possible d'établir avec certitude, pour aucun de ces secteurs, quelles incidences le changement climatique aura sur les régimes commerciaux du Canada. Dans bien des cas, il persiste une incertitude quant aux changements régionaux et locaux du climat, et à la dynamique des liens entre ces changements et leurs conséquences biophysiques (p. ex., sur la productivité primaire nette). De plus, certains types d'impacts (comme les phénomènes météorologiques extrêmes) ne peuvent, dans le meilleur des cas, être exprimés qu'en termes de probabilité. Et, alors que la documentation se concentre majoritairement sur les questions liées à l'offre, pour traduire cet état de choses en termes de répercussions sur les prix, il faut auparavant avoir recours à des hypothèses extrêmement conjecturales sur la demande à moyen et à long termes d'exportations canadiennes. Enfin, il demeure une diversité de modèles du

changement climatique, de modèles sectoriels et d'hypothèses en matière d'atténuation et d'adaptation entre lesquels choisir, de façon à ce que l'on dispose de toute une gamme de scénarios plausibles.

Foresterie

La foresterie est un des grands secteurs exportateurs du Canada. Sur la période de cinq ans se terminant en 2005, les exportations de produits forestiers ont représenté plus de 10 p. 100 des exportations totales de marchandises du Canada, atteignent une moyenne de 45 milliards de dollars par an (voir le tableau 1). Dans l'ensemble, le secteur forestier crée plus de 370 000 emplois directs (Ressources naturelles Canada, 2001) et un total estimatif de 555 000 emplois indirects et induits (Ressources naturelles Canada, 2005).

Le plus grand marché d'exportation est de loin celui des États-Unis, qui absorbe environ 85 p. 100 des exportations de produits forestiers du Canada et sur lequel les producteurs canadiens de bois d'œuvre sont en concurrence directe avec leurs homologues américains. Il est suivi par la Chine, le Japon et l'Union européenne. Ce sont les produits de l'industrie des pâtes et papiers qui dominent les exportations, totalisant environ la moitié de la valeur des marchandises (voir le tableau 2). Les produits bruts du bois et les semi-produits en bois se partagent à peu près également l'autre moitié. La plus grande partie de la production est centrée soit dans l'est (Québec et Ontario), soit dans l'ouest (Colombie-Britannique et Alberta), la première région contribuant le plus aux exportations de produits transformés et la seconde, aux exportations de produits

TABLEAU 1 : Principaux secteurs exportateurs du Canada (en millions de dollars de 2005; Industrie Canada, 2006).

Secteur	Valeur (en millions de dollars de 2005)					Pourcentage (2005)
	2001	2002	2003	2004	2005	
Produits minéraux	61 560	53 826	64 996	72 373	92 651	21,3
Véhicules, aéronefs, navires et autres équipements de transport	97 394	98 988	90 107	91 199	89 676	20,6
Machinerie; appareils ou équipements mécaniques, électriques et électroniques	56 785	52 601	47 764	51 589	54 286	12,5
Métaux communs et articles de métaux communs	24 946	26 591	24 934	30 690	32 613	7,5
Pâte de bois, papier	27 769	26 471	24 102	24 677	23 707	5,4
Produits des industries chimiques et connexes	16 275	16 890	16 877	20 106	22 881	5,3
Bois et articles de bois	19 127	19 023	17 694	22 003	20 316	4,7
Plastiques, caoutchouc et articles faits avec ces matières	15 628	16 180	15 791	17 088	18 210	4,2
Animaux vivants et produits animaux	11 274	11 830	9 701	9 912	10 522	2,4
Produits maraîchers	10 284	9 013	9 118	10 258	9 480	2,2
Produits alimentaires, boissons, alcools, produits du tabac	8 436	8 912	9 207	9 523	9 176	2,1
Total des exportations	404 085	396 381	381 000	411 840	435 641	88,0

TABLEAU 2 : Exportations canadiennes de produits forestiers, par région (Statistique Canada, 2004).

	Valeur en 2004 (en millions de dollars actuels)					
	Pourcentage					
	Québec	Ontario	Alberta	Colombie-Britannique	Autre	Canada
Produits bruts du bois (surtout des billes de résineux)	4 580	3 204	1 902	9 174	2 189	18 860
	24,3 p. 100	17,0 p. 100	10,1 p. 100	48,6 p. 100	10,4 p. 100	
Semi-produits en bois (bois d'œuvre, contreplaqué)	7 246	5 653	1 467	4 954	3 343	19 321
	37,5 p. 100	29,3 p. 100	7,6 p. 100	25,6 p. 100	14,8 p. 100	
Produits de pâtes et papiers (pâte, papier, papier journal)	11 896	8 978	3 399	14 693	5 601	38 966
	30,5 p. 100	23,0 p. 100	8,7 p. 100	37,7 p. 100	12,6 p. 100	

bruts. Les exportations de panneaux de bois augmentent régulièrement depuis dix ans et dépassent maintenant les exportations de papier journal, autrefois au premier rang mais qui, avec celles de pâte de bois, ont baissé au cours de la même période (Ressources naturelles Canada, 2005).

Le changement climatique aura une incidence sur la productivité, la répartition et la composition en espèces des forêts d'Amérique du Nord (Shugart *et al.*, 2003; Lemmen and Warren, 2004). Les études ont tendance à examiner soit les effets sur la productivité forestière (découlant des changements de la température et de l'augmentation de la fertilisation par le CO₂), soit les effets de perturbations telles que les incendies, les ravageurs, les sécheresses et les tempêtes. Il n'existe malheureusement qu'un nombre limité d'études qui intègrent ces deux pistes de recherche.

Les études du premier type ont tendance à conclure que, durant le prochain siècle, on disposera de plus de bois d'œuvre grâce à un accroissement de la productivité découlant elle-même d'un allongement de la saison de croissance, d'une augmentation des précipitations (par endroits) et d'une augmentation de la fertilisation par le CO₂ (Medlyn *et al.*, 2000; Irland *et al.*, 2001; Sigurdsson *et al.*, 2002), bien qu'une incertitude persiste quant à savoir si ce dernier aspect aura plus qu'un effet à court terme. Les effets précis varieront d'une région à l'autre, selon les changements climatiques qui y prendront place, les conditions de départ et le type de forêt. Par exemple, bien qu'une élévation de la température fasse en général croître la productivité, elle peut aussi se traduire par une augmentation des sécheresses dans la tremblaie-parc de l'Ouest et par un dépérissement considérable (Hogg *et al.*, 2002).

Les études portant sur les perturbations des forêts formulent leurs prédictions en termes de superficie perdue. À partir d'une modélisation, Sohngen *et al.* (2001) ont estimé qu'environ 1,6 million d'hectares du dépérissement qui touche chaque année les forêts d'Amérique du Nord est imputable au changement climatique. Un certain nombre d'insectes ravageurs étendent leur aire de répartition à mesure que les hivers se réchauffent (Hogg *et al.*, 2002; Williams et Liebhold, 2002; Carroll *et al.*, 2004). La forêt boréale, où les insectes peuvent faire jusqu'à deux fois plus de dommages que les feux, est particulièrement vulnérable (Volney et Flemming, 2000). Le danger de feu est un autre problème important, puisqu'un certain nombre d'études prédisent pour le Canada une augmentation de la durée et de la gravité des saisons de feux dans les scénarios de changement climatique (Li *et al.*, 2000; Flannigan *et al.*, 2001, 2005; Brown *et al.*, 2004; Gillett et Weaver, 2004). La plupart d'entre elles prévoient un accroissement des risques dans l'ouest du Canada et une baisse due à l'augmentation projetée des précipitations dans les forêts boréales de l'Est. Selon Flannigan *et al.* (2005), on pourrait voir d'ici à 2100 un doublement de la superficie brûlée chaque année au Canada. On prévoit aussi une augmentation de l'activité de la foudre et de la superficie brûlée aux États-Unis.

La Colombie-Britannique et l'Alberta (voir le tableau 2) semblent très susceptibles de souffrir des effets de l'augmentation combinée du stress hydrique, du risque d'incendie et de l'activité croissante des ravageurs. D'ailleurs, la prolifération du dendroctone du pin ponderosa en Colombie-Britannique touche déjà le commerce, entraînant une accélération de la coupe de récupération et présageant un rétrécissement de l'offre à moyen terme (voir le chapitre 8; Ressources naturelles Canada, 2005). Le dendroctone du pin ponderosa a commencé sa progression vers l'est et, au printemps

2007, infestait déjà quelque 2,8 millions d'arbres en Alberta (Alberta Sustainable Resource Development, 2007). Les deux autres grands producteurs de produits forestiers, soit le Québec et l'Ontario, en particulier dans le domaine des pâtes et papiers, pourraient tirer profit autant de l'augmentation des précipitations que de celle de la productivité dans certaines sous-régions de ces provinces. Cependant, les gains potentiels dans certaines régions de l'Ontario seraient modérés par des pertes dans d'autres parties de la province dues à une baisse de l'humidité du sol et au stress causé par la sécheresse (voir le chapitre 6).

Sohngen *et al.* (2001) ont effectué une des rares analyses mondiales à inclure à la fois les effets d'une augmentation de la productivité et ceux liés aux perturbations. D'un côté, cette étude prédit une expansion nette de 3 à 4 p. 100 des forêts canadiennes (et nord-américaines), mais, de l'autre, elle indique que l'Amérique du Nord connaîtra un dépérissement plus prononcé que ses concurrents du reste du monde (28 à 29 p. 100 contre 6 à 14 p. 100 respectivement). On prévoit que le résultat économique de l'augmentation de l'offre nord-américaine sera une baisse des prix des produits forestiers et que cette dernière ne serait pas compensée par une augmentation des ventes (Sohngen et Sedjo, 2005). De plus, les augmentations de la productivité seront moins prononcées en Amérique du Nord que dans les autres pays producteurs (p. ex., 17 p. 100 contre 32 à 42 p. 100 respectivement; Sohngen *et al.*, 2001). Cette étude semble être la seule à indiquer que l'on assistera à une baisse des prix mondiaux (selon les hypothèses concernant la demande) et à une réduction de la part du marché mondial pour les producteurs canadiens (et nord-américains en général).

En fin de compte, les prix des produits forestiers exportés par le Canada semblent devoir chuter avec l'augmentation de l'offre. Dans l'ouest du Canada, il pourrait s'agir d'un phénomène à plus court terme, attribuable à une accélération de la coupe de récupération (voir le chapitre 8). L'augmentation de la productivité chez les concurrents étrangers y contribuera également, surtout en ce qui a trait aux exportations vers des pays autres que les États-Unis. L'accroissement des volumes exportés pourrait ne pas suffire à compenser la baisse des prix.

Agriculture

L'agriculture est un autre grand secteur exportateur au Canada qui représente une moyenne de 5 p. 100 du total des marchandises exportées sur la période de cinq ans se terminant en 2005 et plus de 20,2 milliards de dollars de ventes par année (voir le tableau 1). Les producteurs canadiens sont très conscients du fait qu'ils vont être touchés non seulement par un climat en évolution, ici, au Canada, mais aussi par les phénomènes climatiques survenant dans d'autres parties du monde, comme en témoignent ces titres parus dans *The Western Producer* (2006) : « Le blé des États-Unis souffre de la sécheresse » et « La sécheresse en Australie bouleverse le marché des ventes aux enchères » (Duckworth, 2007 [traduction]).

Les céréales et les oléagineux, et leurs produits dérivés, dominent ce secteur au Canada, puisqu'ils représentent environ 40 p. 100 de la valeur des exportations (Agriculture et Agroalimentaire Canada, 2005). Les exportations d'animaux vivants et de viande rouge, surtout à destination des États-Unis, y ont de tous temps occupé une place importante, soit environ 25 p. 100, mais leur contribution est tombée à 20 p. 100 depuis les interdictions déclarées en 2003 par les grands marchés d'exportation en raison de l'encéphalopathie spongiforme

bovine (ESB). En 2004, plus de 60 p. 100 des exportations agricoles du Canada se sont faites en direction des États-Unis, suivis du Japon et de l'Union européenne qui, respectivement, comptent pour 9,4 p. 100 et 6 p. 100 de ces exportations. Le blé est la plus importante culture du Canada, aussi bien par rapport aux superficies emblavées que par rapport à la valeur des exportations; il constitue la plus grosse source agricole de revenus d'exportation, ayant totalisé 3,8 milliards de dollars en 2004 (Agriculture et Agroalimentaire Canada, 2004).

Tel que décrit dans les divers chapitres régionaux du présent volume, le secteur agricole du Canada doit s'attendre à ce que le changement climatique ait sur lui des effets tant positifs que négatifs. Parmi les impacts positifs figurent un allongement des saisons de croissance, une augmentation de la productivité liée au réchauffement et à la fertilisation par le CO₂ et, dans certaines régions, une baisse du stress hydrique. Les impacts négatifs, quant à eux, sont entre autres un accroissement du stress hydrique dans de nombreuses régions, une augmentation des pertes dues aux ravageurs, un processus de planification des cultures rendu plus complexe en raison de l'accroissement de la variabilité climatique (des choix inadéquats entraînant des pertes de cultures) et une augmentation des dommages aux cultures attribuables aux phénomènes météorologiques extrêmes (p. ex., vagues de chaleur, grêle, inondations, sécheresses, etc.). Les répercussions définitives sur la disponibilité de l'eau – un problème clé dans des régions arides telles que les grandes plaines (où croît la majeure partie de la production de blé) et les vallées de l'intérieur de la Colombie-Britannique – dépendront des changements dans les régimes de précipitations faibles et des augmentations de l'évapotranspiration sous l'effet du réchauffement.

L'incertitude règne quant aux répercussions nettes sur l'agriculture canadienne (Lemmen et Warren, 2004). De façon générale, on comprend les effets du réchauffement et de l'augmentation des concentrations de CO₂ : ils entraîneront un accroissement de la productivité primaire nette et de la perte d'humidité. Par contre, l'évolution d'autres variables clés est moins claire : disponibilité de l'eau et incidence des mauvaises herbes, des ravageurs et des maladies. Ces incertitudes sont en grande partie attribuables à une modélisation imparfaite du changement climatique aux échelles locale et régionale (p. ex., changements des régimes de précipitations, variabilité et prévisibilité du comportement du climat, incidence des phénomènes météorologiques extrêmes).

Dans le cas des États-Unis, les évaluations faites par Thomson *et al.* (2005a, b, c) leur permettent de parler avec plus de certitude. Des régions comme le Midwest et le sud-ouest des États-Unis, où la disponibilité de l'eau constitue un facteur limitatif, pourraient connaître des problèmes à mesure que cette ressource se fera de plus en plus rare et que sa variabilité interannuelle augmentera de façon significative. C'est ainsi que le potentiel de rendement du blé a subi les effets de la sécheresse de 2005, au cours de laquelle l'Oklahoma et certaines parties du Texas ont connu des déficits de précipitations de plus de 50 cm sous la normale (*The Western Producer*, 2006). La culture sous irrigation de blé d'hiver devrait croître en superficie, tandis que l'on prévoit que celle du soya et du maïs va diminuer. Par contre, ces résultats ne prennent pas en considération une foule de facteurs complexes tels que les effets régionaux ou locaux, les ravageurs et les mauvaises herbes. Le modèle ne tient également pas compte des phénomènes météorologiques extrêmes, comme les inondations qui, selon certains chercheurs, entraîneraient des changements importants dans les résultats obtenus à l'aide de la modélisation (Rosenzweig *et al.*, 2002).

Au niveau mondial, Parry *et al.* (2004) prédisent dans leur étude couvrant quatre grandes cultures et cinq régions que le changement climatique aura probablement une incidence défavorable d'importance légère à modérée sur les rendements, mais cette conclusion suppose l'absence des éventuels effets défavorables causés par les types de stress perturbateurs envisagés plus haut. À l'aide de scénarios faisant intervenir de fortes élévations finales de la température, ils ont constaté que les rendements des céréales baissent beaucoup plus dans les pays en développement que dans les pays développés. Le Canada connaîtrait de faibles accroissements de la productivité, mais la répartition des effets aux échelles locale et régionale n'est pas bien établie.

À l'aide de modèles qui eux aussi font abstraction de nombreux effets défavorables possibles, Rosenzweig et Iglesias (1999) ont constaté que les productions canadiennes de céréales et de cultures protéagineuses pourraient augmenter en moyenne (sur trois modèles) de 15,7 p. 100 et 20,7 p. 100 respectivement à des concentrations atmosphériques de CO₂ de 550 ppm et en ayant recours à certaines mesures d'adaptation, les valeurs correspondantes étant de -4,7 p. 100 et 0 p. 100 aux États-Unis. Les exportations de blé font particulièrement bonne figure dans la plupart des scénarios, la productivité canadienne augmentant, alors que celle de la plupart des autres pays baisse. Selon ces modèles, seule la production de blé de la Nouvelle-Zélande se compare à celle du Canada, mais la Chine et la Communauté des États indépendants connaissent aussi des gains appréciables. L'Amérique latine et le Moyen-Orient se caractérisent par des pertes énormes, et l'Afrique, par des pertes importantes. De plus récentes études prévoient que l'augmentation de la production agricole à des latitudes moyennes à élevées connaîtra une baisse avec une élévation de la température moyenne globale supérieure à 3°C (Group d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, 2007b).

La non-prévisibilité des mesures d'adaptation vient ajouter à la complexité des résultats concernant le secteur agricole. La capacité des pays à s'adapter aura en effet un impact important sur ces résultats; dans de nombreux scénarios, les rendements baissent en Afrique et, en raison de l'insuffisance de la capacité d'adaptation, l'impact pourrait y être bien pire que dans d'autres régions où on prévoit des baisses similaires (Parry *et al.*, 1999).

Au Canada, le climat deviendrait plus propice à la production de fruits et légumes dans plusieurs régions, et ce, peut-être même au point de faire baisser la dépendance à l'égard des importations. L'avantage concurrentiel du Canada dans la production de raisin de cuve pourrait augmenter par rapport aux régions plus chaudes et plus sèches d'Australie et de Californie, par exemple. En fin de compte, pour un certain nombre de cultures, la plupart des modèles prédisent une augmentation de la productivité des agriculteurs canadiens relativement à leurs concurrents étrangers. Cependant, ces modèles n'ont qu'une portée limitée, et c'est probablement l'étude de Lemmen et Warren (2004) qui donne les résultats les plus fiables, concluant sur une note d'incertitude. On ignore encore les répercussions d'un certain nombre d'influences potentiellement défavorables pour bien en comprendre les effets sur la productivité. Les répercussions sur les prix à long terme seront donc de même difficiles à prédire.

En fin de compte, on peut prédire avec un assez bon degré de certitude les grandes lignes des effets du changement climatique à court terme : augmentation de la productivité de l'agriculture canadienne, surtout pour les céréales telles que le blé, par rapport

aux partenaires commerciaux que sont les pays en développement, mais à un moindre degré par rapport aux producteurs des États-Unis. On ne sait cependant toujours pas dans quelle mesure ces tendances générales seront atténuées par des influences perturbatrices, comme les ravageurs et les phénomènes météorologiques extrêmes.

Pêches

Les exportations du secteur des pêches, estimées à 4,3 milliards de dollars en 2005 (Pêches et Océans Canada, 2005), contribuent moins à l'économie du Canada que celles de la foresterie et de l'agriculture, mais elles demeurent importantes et, dans certaines collectivités, représentent une fraction énorme des revenus. Un peu plus de la moitié de la valeur de ce secteur est liée aux exportations de mollusques et crustacés, dominées par le homard, le crabe et la crevette. Le saumon représente une autre fraction de 15 p. 100 de la valeur des exportations, dont les deux tiers sont attribuables au saumon de l'Atlantique.

Le secteur des pêches sera couvert en détail à la section 3 et dans les chapitres régionaux. On sait que les stocks de poissons sont vulnérables au changement climatique. Les pêches sont donc peut-être aussi plus menacées encore que l'agriculture et la foresterie. Ces stocks sont cependant soumis à un grand nombre d'autres influences qui rendent difficile d'isoler les impacts du climat. On parle ici, d'une part, des effets directs liés à la hausse de la température de l'eau et aux modifications de circulations océaniques et, d'autre part, des effets indirects tels que des changements dans les régimes de température et d'apport d'eau douce, des perturbations touchant d'autres maillons de la chaîne alimentaire (p. ex., des changements dans les apports en aliments et en éléments nutritifs), des contributions aux proliférations d'algues toxiques et des effets de la synergie entre le changement climatique et des forces comme la prédation humaine, la pollution et l'appauvrissement de l'ozone.

Bien qu'on ne connaisse toujours pas avec précision quels seront les impacts du changement climatique sur le commerce mondial des produits de la pêche canadiens, on retrouve un bon exemple du potentiel de perturbation dans l'effondrement de la pêche de la morue dans l'Atlantique, soit une espèce qui faisait autrefois l'objet d'exportations majeures. Des indications portent à croire que le changement climatique (jumelé à la surpêche) y a joué un rôle important (Rose, 2004). Par ailleurs, certains craignent que des réductions du couvert nival induites par le changement climatique ne fassent baisser les stocks de saumon du Pacifique (Mote *et al.*, 2003). On mentionne à la section 3 des menaces pour les populations de saumon rouge découlant d'une tendance au réchauffement dans l'est du Pacifique Nord et la possibilité que de telles espèces anadromes modifient leur aire de répartition et se retrouvent hors de portée des pêcheurs canadiens. Les pêches et, en particulier, les pêches pélagiques constituent une question de gestion internationale; la dynamique des impacts entraînés par le changement climatique, comme l'altération de la répartition et de l'abondance des stocks de poissons, rendra encore plus délicat ce défi gestionnel (Miller, 2000; Jurado-Molina et Livingston, 2002; Harley *et al.*, 2006).

Autres considérations

On s'attend à un accroissement du commerce de technologies d'adaptation sans danger pour l'environnement (Klein *et al.*, 2006),

comme les techniques de protection contre les catastrophes et d'utilisation réduite de l'eau, et les technologies à faibles émissions de gaz à effet de serre (GES). Pour en tirer profit, il faudrait encourager les entreprises du Canada à concevoir de telles technologies à des fins d'adaptation et d'atténuation. Les répercussions sur le secteur canadien de l'automobile, dont le principal débouché est les États-Unis, pourraient dépendre du rendement énergétique des véhicules qui sont fabriqués ici ou dont des pièces sont fabriquées ici. Bien qu'on puisse craindre d'éventuels différends entre les lois et les ententes commerciales et environnementales, les relevés des conflits possibles (Charnovitz, 2003; Cosby *et al.*, 2003; Magnusson, 2004) tendent à convenir que, dans l'ensemble, il y a peu de conflits qui ne sauraient être évités grâce à une rédaction soignée des mesures environnementales.

Lacunes sur le plan des recherches

Les incertitudes et les lacunes sur le plan des recherches concernant les discussions sur les pêches, l'agriculture et la foresterie sont abordées dans la présente section, mais elles font aussi l'objet d'une analyse ailleurs dans ce volume. Il est à noter que peu d'études à caractère mondial sur la foresterie ont réussi à mettre l'accent à la fois sur la productivité et sur les perturbations telles que les feux et les ravageurs. On remarque des lacunes semblables au sujet de l'agriculture, puisqu'aucune des études mondiales examinées ne tenait compte des impacts des ravageurs ou des phénomènes météorologiques extrêmes.

Pour ce qui est du commerce dans ces secteurs et des répercussions économiques que pourrait avoir le changement climatique sur les intérêts du Canada, il reste encore quelques grandes lacunes à combler sur le plan des recherches. Les rares sorties de modèles d'ordre planétaire n'ont pas fourni d'information spécifiquement pertinente pour le Canada et ont tendance à regrouper le Canada et les États-Unis en une seule entité nord-américaine. Les évaluations des répercussions économiques et commerciales sur le Canada exigeront nécessairement le recours à des modèles plus complexes, de façon à ce que l'on puisse faire la distinction entre le Canada et les États-Unis.

Conclusions

La présente section donne un aperçu des impacts possibles du changement climatique sur les régimes de commerce international du Canada. Bien qu'il semble évident qu'il y aura des effets importants, il faudra effectuer d'autres analyses pour mieux en comprendre la portée. De plus, des études supplémentaires s'imposent pour clarifier la nature de ces répercussions.

Cela dit, on dispose de bonnes indications quant à l'orientation générale du changement. D'un point de vue économique, les répercussions sur le secteur forestier seront probablement très importantes, car la productivité du Canada pourrait baisser par rapport à celle de ses concurrents étrangers et les prix pourraient, eux aussi, baisser en raison d'une augmentation de l'offre mondiale. Les répercussions sur l'agriculture seront elles aussi probablement importantes, la productivité canadienne des cultures céréalières destinées à l'exportation augmentant par rapport aux tendances mondiales (dans une moindre proportion toutefois par rapport aux producteurs des États-Unis). Il convient de noter que toutes les issues prévues reposent sur des hypothèses quant au comportement

d'adaptation (même quand on présume implicitement qu'il n'y en aura pas) et que les mesures d'adaptation appropriées seront cruciales pour faire en sorte que les risques et les possibilités mentionnés plus haut soient adéquatement pris en considération dans le contexte canadien.

2.4 IMPLICATIONS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE EN MATIÈRE DE CONFLITS

Le changement climatique peut rendre la vie plus difficile dans les régions touchées, et certaines d'entre elles risquent même de devenir inhabitables. Il pourrait en effet entraîner une hausse des températures, des variations des régimes de précipitations, une désertification, une élévation du niveau de la mer et une augmentation de la fréquence et de la gravité des événements météorologiques extrêmes (Brooks, 2004). Ces impacts peuvent à leur tour menacer la production alimentaire, réduire les approvisionnements en eau douce, entraîner des pertes de terres et d'infrastructures, et accroître l'incidence des maladies (Barnett et Adger, 2003). Il peut s'ensuivre des mouvements massifs de population; cette migration peut se faire pacifiquement, mais elle peut aussi donner naissance à des conflits.

Les causes d'un grand nombre de conflits sont très difficiles à isoler. On estime que les stress environnementaux en sont rarement la cause principale. Cependant, les stress environnementaux et les disettes qu'ils engendrent peuvent exacerber des conflits politiques, sociaux, économiques, ethniques, religieux ou territoriaux, ou des conflits nés autour des ressources ou des intérêts nationaux (voir Gleick, 1990; Lonergan, 1998).

Le nombre de conflits armés en cours dépassait la cinquantaine au début des années 1990, mais il n'était plus que de 30 en 2003 (Human Security Centre, 2005). Cette augmentation ainsi que la baisse qui l'a suivie sont entièrement le produit de guerres civiles, et ces dernières représentent plus de 95 p. 100 de tous les conflits armés. Une des principales raisons de la baisse du nombre de conflits armés est une augmentation spectaculaire des activités internationales destinées à les arrêter et à en éviter de nouveaux (Human Security Centre, 2005). Parmi ces activités figurent des missions de diplomatie préventive, des missions de maintien de la paix, des opérations de maintien de la paix et des sanctions de la part des Nations Unies et d'autres groupes (Ackermann, 2003; Human Security Centre, 2005). Le Canada a très souvent participé à ces efforts.

Les impacts du changement climatique pourraient engendrer de nouveaux conflits ou aggraver des conflits d'origine non climatique, mais cette relation n'est pas claire. Des recherches empiriques confirment que l'appauvrissement de l'environnement cause de grands mouvements de population qui peuvent à leur tour déclencher des conflits (p. ex., Baechler, 1998). Les conflits armés qui en résultent sont généralement persistants, diffus et d'ordre infranational plutôt qu'international (Homer-Dixon, 1991; Baechler, 1998). Le Canada et les autres pays auraient tout intérêt à explorer les meilleures façons d'utiliser les politiques étrangères et les ressources du développement international pour atténuer le risque de conflits de ce genre en tenant compte du fait que le changement climatique pourrait constituer un facteur.

2.5 IMPLICATIONS POUR LA MIGRATION INTERNATIONALE EN DIRECTION DU CANADA

Le Canada a toujours été une destination de prédilection pour les migrants internationaux. L'immigration est régie par la *Loi sur l'immigration et la protection des réfugiés* de 2002 et par ses règlements d'application. La Loi établit une distinction nette entre les objectifs sociaux, culturels et économiques du programme d'immigration et les buts humanitaires du programme de protection des réfugiés. Au cours de la dernière décennie, le Canada a accueilli chaque année entre 175 000 et 250 000 immigrants, dont 22 000 à 33 000 réfugiés. En 2005, 32,0 p. 100 des réfugiés venaient de l'Afrique et du Moyen-Orient, 33,1 p. 100 de l'Asie et des pays du Pacifique, 21,3 p. 100 de l'Amérique du Sud et de l'Amérique centrale, et 11,2 p. 100 de l'Europe (Citoyenneté et Immigration Canada, 2006).

La migration, qu'elle se fasse du milieu rural au milieu urbain, entre régions urbaines dans un même pays ou entre les pays, est déterminée par une combinaison de facteurs de dissuasion liés à la provenance et de facteurs d'incitation liés à la destination (Castles et Miller, 1993). Les impacts négatifs du changement climatique vont continuer d'aggraver la dégradation de l'environnement et contribuer à des déplacements de population internes et externes (Stern, 2006). Des changements graduels, comme une baisse des rendements agricoles ou de l'approvisionnement en eau, déclenchent une migration parce que la région touchée devient moins attrayante. Les gens sont alors attirés par des endroits où les possibilités sont meilleures, où vivent des parents et des amis, et où ils estiment qu'il y a tel ou tel avantage (Cragg et Kahn, 1997; Deane et Gutmann, 2003). Par le passé, la migration causée par les impacts du changement climatique s'est effectuée dans une très large mesure à l'intérieur du même pays (Baechler, 1998), et il n'y a aucune raison de croire que cet état de choses va changer. La présence de parents et d'amis au sein de la communauté immigrante pourrait faire du Canada un choix intéressant pour certains migrants étrangers.

Aux termes du droit international, le Haut Commissariat des Nations Unies pour les réfugiés définit les réfugiés comme des personnes qui fuient leur pays par crainte de persécution d'ordre ethnique, religieux ou politique, ou pour échapper à des conflits, et qui ne peuvent pas compter sur la protection de leur propre gouvernement (Haut Commissariat des Nations Unies pour les réfugiés, 2006). Il précise qu'une « utilisation exacte du terme « réfugié » implique le besoin d'une protection internationale » (Haut Commissariat des Nations Unies pour les réfugiés, 1993, chapitre 1, p. 3 [traduction]). Le nombre total de réfugiés dans le monde était de l'ordre de 14 millions à la fin de 2004, dont environ 4,8 millions de réfugiés palestiniens et 9,2 millions de réfugiés dans d'autres pays qui préoccupent le Haut Commissariat (Haut Commissariat des Nations Unies pour les réfugiés, 2005)³. Le nombre de réfugiés qui préoccupent le Haut Commissariat, qui était d'environ 12,1 millions de personnes à la fin de 2001, a baissé régulièrement depuis (Haut Commissariat des Nations Unies pour les réfugiés, 2005). En Afrique, il y avait un peu plus de 3 millions de réfugiés, la plupart dans des pays limitrophes de ceux où sévissaient des conflits armés intérieurs.

³ De plus, il y avait environ dix millions de demandeurs d'asile, de réfugiés rapatriés, de personnes déplacées à l'intérieur de leur propre pays (PDIP), de PDIP rapatriés, d'apatrides et d'autres personnes qui préoccupent le Haut Commissariat des Nations Unies pour les réfugiés.

El-Hinnawi (1985) a défini le terme « réfugié de l'environnement » comme désignant une personne contrainte à quitter son habitat traditionnel en raison d'une perturbation de l'environnement qui met en péril son existence ou touche gravement sa qualité de vie. Bien qu'utilisé dans la documentation sur le changement climatique, ce terme demeure controversé. Les personnes déplacées à la suite de changements environnementaux ont généralement besoin d'aide et non de protection, et c'est pourquoi elles ne répondent pas à la définition d'un réfugié. Il serait peut-être plus juste de parler de personnes déplacées en raison d'une dégradation de l'environnement.

Le tableau 3 présente une estimation récente du nombre de personnes déplacées en raison d'une dégradation de l'environnement ainsi que des projections qui tiennent compte des impacts du changement climatique. Ces estimations ne sont étayées que par une faible quantité de données empiriques (Black, 2001), mais il est largement admis que le changement environnemental contribue à la migration interne et internationale, et que le nombre de migrants pourrait être élevé. Selon les projections de Myers et Kent (1995), le nombre de « réfugiés de l'environnement » en 2050 atteindrait 150 millions, dont environ 100 millions en provenance de régions côtières basses, 50 millions de zones où l'agriculture est perturbée et 1 million d'États insulaires. Myers (2005) a depuis porté son estimation à un total de 200 millions de personnes. On croit que la plupart des personnes déplacées en raison de changements environnementaux se trouveront en Afrique et en Asie; elles seront géographiquement éloignées du Canada et, par conséquent, moins susceptibles d'y émigrer. Plus près du Canada, la dégradation et la désertification des terres rurales sont d'importantes causes de migration à l'intérieur et en provenance du Mexique (Leighton, 1998).

En rendant les conditions de vie difficiles, voire impossibles, dans une région, les impacts du changement climatique entraîneront des migrations internes et internationales (McLeman et Smit, 2005). Les régions rurales de pays pauvres éloignés du Canada seront probablement les plus touchées. Le risque que des « vagues de réfugiés de l'environnement » déferlent sur le Canada et viennent déstabiliser l'ordre national et les relations internationales est faible (Homer-Dixon, 1991). Toutefois, le changement climatique pourrait amener la communauté internationale à exercer des pressions sur le Canada pour qu'il accepte davantage d'immigrants et de réfugiés.⁴

2.6 EFFETS SUR LA SANTÉ

Les problèmes de santé qui se posent à l'étranger, notamment les variations de l'abondance et de la virulence des maladies dans des pays avec lesquels le Canada entretient des relations touristiques et commerciales importantes, ont des répercussions au Canada. D'autres questions d'ordre sanitaire, comme celles qui sont attribuables à l'augmentation du nombre et de la gravité des désastres naturels, entraînent une augmentation du nombre de demandes d'aide reçues par le Canada (*voir* la section 2.2).

Dans de nombreuses régions du monde, le paludisme, la dengue hémorragique, la malnutrition et les maladies diarrhéiques sont en croissance, et ce, en raison de plusieurs facteurs, dont le changement

TABLEAU 3 : Estimation du nombre de « réfugiés de l'environnement » (personnes déplacées en raison d'une dégradation de l'environnement).

Estimation du nombre de réfugiés de l'environnement	Période couverte par l'estimation	Source
Environ 10 millions	Années 1980	Jacobson (1988)
Environ 64 millions	Années 1980	Loneragan (1998)
Environ 15 millions	1990	Westing (1992)
Jusqu'à 25 millions, dont 25 à 33 p. 100 proviennent de sources internationales, le reste étant généré à l'interne : 16 millions pour l'Afrique, 6 millions pour la Chine et 2 millions pour le Mexique.	1990	Myers (1993)
Environ 150 millions	2050	Myers and Kent (1995)
Environ 200 millions	2050	Myers (2005)
8,6 millions de personnes forcées à migrer en raison d'une élévation de 1 m du niveau de la mer		Tol (2002)

climatique. A partir de données compilées par l'Organisation mondiale de la santé (OMS), des chercheurs ont estimé que, jusqu'en 2004, le réchauffement climatique avait contribué chaque année à plus de 150 000 décès et à 5 millions de cas de maladies (Patz *et al.*, 2005). D'après la même étude, ces chiffres devraient doubler d'ici 2030 sous l'effet du changement climatique et d'autres facteurs (p. ex., répartition de la population, pollution de l'eau). Les plus grandes menaces sont la progression de la malnutrition et du paludisme en Afrique, l'accroissement du nombre de cas de diarrhée en Asie du Sud-Est et la multiplication des catastrophes naturelles en Amérique latine et dans les Caraïbes. Les sections suivantes donnent des précisions au sujet de quelques-uns de ces problèmes. Ce sont les pays les plus pauvres de la planète qui sont les plus vulnérables face à ces répercussions (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, 2007b). Ces tendances vont probablement exercer des pressions sur les programmes d'assistance technique et d'aide humanitaire du Canada.

Maladies

Certaines maladies, telles que le choléra, font suite à des vagues de chaleur, comme celles induites par les épisodes d'El Niño chauds en Amérique centrale et en Amérique du Sud; elles se propageraient probablement davantage dans un monde sujet au réchauffement. Certaines maladies tropicales et subtropicales transmises par les tiques, les insectes et les espèces sauvages constituent une menace croissante pour le Canada dans un climat plus chaud (*voir* les chapitres régionaux dans le présent rapport). Les maladies à transmission vectorielle, dont le paludisme, la dengue et la maladie de Lyme (transmises par des tiques), pourraient étendre leurs aires

⁴ La Nouvelle-Zélande a des programmes qui accordent chaque année la résidence à 1 750 personnes provenant de pays des îles du Pacifique (New Zealand Immigration Service, 2005) : Samoa (1 100), Fidji (250), Tonga (250), Tuvalu (75) et Kiribati (75). Malgré que le changement climatique ne soit pas officiellement considéré comme un motif d'immigration, tous ces petits États insulaires sont vulnérables face à l'élévation du niveau de la mer.

de répartition en Amérique du Nord (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, 2001b). Jusqu'à maintenant, on est parvenu à éliminer presque totalement les maladies telles que le paludisme au Canada grâce à des programmes dynamiques de prévention, mais il faudra demeurer vigilant et continuer à offrir de l'aide si l'on veut réduire les impacts à l'étranger.

Les maladies diarrhéiques représentent un autre risque important pour la santé; elles provoquent des milliers de décès prématurés dans les pays pauvres où l'eau et les aliments sont mal traités et mal inspectés, en particulier en Afrique, en Asie du Sud-Est et dans l'est de la Méditerranée (Campbell-Lendrum *et al.*, 2003). On estime qu'à l'échelle mondiale chaque degré Celsius de réchauffement augmente de 5 p. 100 le nombre de cas de diarrhée (Campbell-Lendrum *et al.*, 2003).

Températures extrêmes

L'augmentation de la durée et de l'intensité des vagues de chaleur aura un effet sur l'incidence des maladies et sur la mortalité liées à la chaleur. Les températures nocturnes élevées, qui ne permettent guère de répit à l'organisme, sont un élément important des vagues de chaleur. Selon une analyse effectuée à l'échelle planétaire, la fréquence annuelle des nuits chaudes a augmenté considérablement entre 1951 et 2003 sur plus de 70 p. 100 de la surface terrestre; la hausse du nombre de nuits chaudes par décennie a été particulièrement marquée dans l'ouest de l'Afrique, en Eurasie, dans le nord de l'Amérique du Sud et dans l'ouest de l'Amérique du Nord (Alexander *et al.*, 2006).

De toute l'histoire de l'Europe, la vague de chaleur d'août 2003 est l'événement climatique qui a eu de loin l'effet le plus considérable sur la mortalité, le nombre de décès supplémentaires étant passé de 27 000 à 40 000 (Kovats et Jendritzky, 2005). Les décès prématurés et les hospitalisations devraient devenir plus fréquents dans bien des régions, quoique l'on s'attende à une réduction du nombre de décès liés au froid intense dans les régions tempérées et subpolaires. Plusieurs villes du monde, dont certaines villes canadiennes, ont mis en place des mesures d'adaptation pour atténuer les effets des vagues de chaleur, notamment des avertissements et des services de préparation en cas d'urgence ainsi que des « toits verts » (végétalisés) sur les grands immeubles, afin de réduire l'effet d'îlot thermique urbain (*voir* les chapitres 5 et 6).

Sécurité alimentaire

Avec l'évolution du climat, les problèmes de santé et la mortalité attribuables à l'intensification de la sécheresse et à la famine augmentent dans certaines régions et diminuent dans d'autres. Malgré la complexité des rapports qui existent entre la productivité des cultures et le climat (Easterling *et al.*, 2007), la plupart des études prévoient une diminution des rendements agricoles aux faibles latitudes, même s'il ne s'agit que d'une très faible augmentation des températures moyennes (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, 2007b). Certaines études soulèvent des préoccupations. Celle de Peng *et al.* (2004), où l'on a eu recours à des expériences contrôlées, a fait état d'une réduction de 10 p. 100 de la production de riz pour chaque hausse d'un degré Celsius des températures nocturnes.

Les répercussions sur la santé du manque d'approvisionnements alimentaires adéquats sont particulièrement inquiétantes en Afrique. La figure 5 montre les tendances de l'Indice de la production alimentaire du Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) pour l'ensemble du monde et pour l'Afrique (Programme des Nations Unies pour l'environnement, 2002). En Afrique, le plongeon de l'Indice a commencé vers 1970, ce qui coïncide grosso modo avec le début du réchauffement rapide de la température à l'échelle planétaire. Cette tendance à la baisse de la production sous l'effet du changement climatique va probablement se poursuivre, entraînant une augmentation de la demande de production alimentaire, et certains pays, dont le Canada, seront appelés à combler le manque à produire. La majorité des gens qui risquent encore davantage de souffrir de la faim à cause du changement climatique vivent en Afrique (Parry *et al.*, 1999).

Inondations

Les inondations côtières et intérieures ont à la fois des effets immédiats sur la santé, causant parfois des blessures et des pertes de vie, et des effets à plus long terme qui découlent de la contamination de l'eau et des aliments. Pour réduire ces impacts, il est donc essentiel d'assurer un approvisionnement en eau propre dès que possible après le désastre.

En raison des effets combinés de l'élévation du niveau marin, de la croissance rapide de la population partout en milieu côtier, de l'augmentation de la violence des tempêtes hivernales et tropicales, et de l'intensité des ondes de tempête, de plus en plus de gens seront exposés à des inondations côtières. Les régions qui seront probablement les plus touchées par ce problème sont les petites îles et

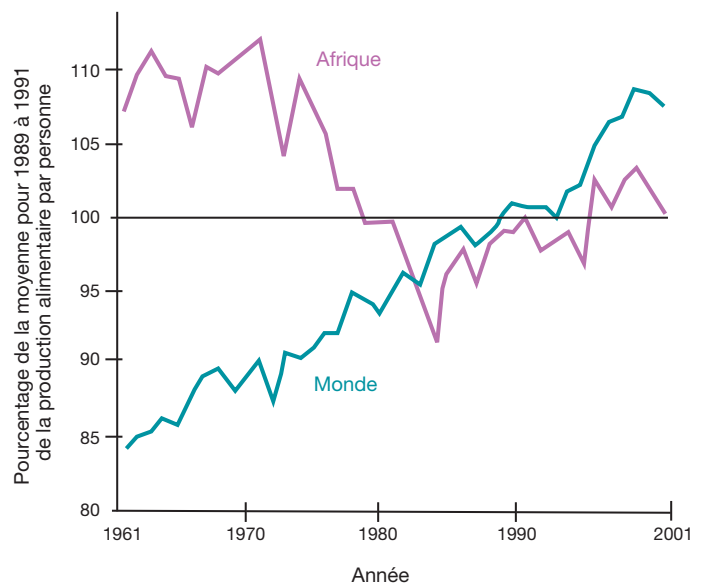


FIGURE 5 : Indice de la production alimentaire (production agricole nette par personne, années de référence 1989 à 1991) pour l'Afrique, comparé au reste du monde, pour la période s'étendant de 1961 à 2001 (Programme des Nations Unies pour l'environnement, 2002). *Source :* Bases de données statistiques (FAOSTats) de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, 1995.

les mégadeltas asiatiques, comme ceux du Ganges-Brahmaputra et du Zhujiang (Adger *et al.*, 2007). Les zones côtières basses (ZCB; < 10 m au-dessus du niveau moyen de la mer) abritent environ 10 p. 100 de la population mondiale, alors qu'elles représentent à peine 2,2 p. 100 de la superficie totale des terres (McGranahan *et al.*, 2006). C'est l'Asie qui compte de loin la population la plus nombreuse dans les ZCB, et, dans 19 des 215 pays étudiés par McGranahan *et al.* (2006), plus de 50 p. 100 de la population y habite (voir également McGranahan *et al.*, 2007). Toutes proportions gardées, les effets les plus considérables se feront probablement sentir sur les petits États insulaires occupant des basses terres dans les Caraïbes, dans le sud-ouest du Pacifique et dans l'océan Indien.

Le sixième de la population mondiale vit dans des régions sujettes à des inondations attribuables en partie à la fonte de la neige. Dans ces régions, le changement climatique pourrait avoir pour effet de réduire les pointes de crue moyennes (Barnett *et al.*, 2005). Néanmoins, dans les régions sujettes aux cyclones tropicaux (p. ex., l'Amérique centrale, les Caraïbes et le sud-ouest du Pacifique), les augmentations constatées de la gravité et de la durée de ces événements (Webster *et al.*, 2005) entraînent un accroissement du nombre d'inondations et de glissements de terrain. Il a de plus été démontré que les pluies intenses ont augmenté en fréquence et en intensité dans de nombreuses régions du monde, notamment dans l'est des États-Unis et le sud-est du Canada, le nord du Mexique, l'est de l'Amérique du Sud, le sud de l'Afrique, l'Europe, l'Inde et l'est de l'Asie (voir la figure 2; Groisman *et al.*, 2005). Ces pluies peuvent causer des crues subites, souvent trop brutales pour qu'on ait le temps d'émettre des avertissements et de protéger les personnes et les biens et, de plus en plus fréquemment, des inondations urbaines imputables à une surcharge des réseaux d'évacuation. Les pluies très intenses, de plus en plus fréquentes sur une grande surface de la planète, entraînent souvent *Escherichia coli* et d'autres matières contaminantes de l'eau potable vers les puits ou les eaux de surface. Aux États-Unis, on estime que 68 p. 100 de toutes les crises sanitaires liées à la contamination de l'eau sont survenues après des épisodes de fortes pluies (Patz, 2001).

Implications possibles pour le Canada

Dans la plupart des cas, il est possible pour le Canada de réduire les répercussions du changement climatique sur la santé et la mortalité à l'étranger en adoptant des mesures d'adaptation aussi bien sur son territoire que sur la scène internationale. Il a déjà commencé à le faire (voir la section 5).

Le Canada et d'autres pays développés pourraient contribuer à réduire davantage la vulnérabilité sur le plan de la santé dans d'autres pays par l'intermédiaire de programmes d'aide destinés à :

- renforcer les services de santé publique dans les régions touchées;
- réduire la présence d'eaux stagnantes, où prolifèrent les moustiques porteurs de la dengue et du paludisme;
- améliorer les systèmes de traitement de l'eau;
- améliorer les systèmes d'alerte aux inondations côtières et riveraines, aux vagues de chaleur et à la sécheresse imminente.

Sur son territoire, le Canada pourrait :

- tenir compte, dans ses politiques d'immigration, des personnes déplacées par des problèmes de santé publique et des désastres naturels;

- améliorer les programmes de surveillance de la progression des maladies liées au climat;
- améliorer les contrôles sanitaires aux frontières pour tenir compte des maladies infectieuses sensibles au climat.

2.7 EFFETS SUR LE TOURISME

Le tourisme est, dans le monde, un des secteurs économiques les plus importants et connaissant la croissance la plus rapide. En 2004, il représentait 1,5 à 2,0 p. 100 du PIB du Canada (Commission canadienne du tourisme, 2005; Organisation mondiale du tourisme, 2005; Statistique Canada, 2006). Plus de 19 millions de touristes (visites de plus de 24 heures) sont venus au Canada, dont plus de 15 millions en provenance des États-Unis (Commission canadienne du tourisme, 2005; Organisation mondiale du tourisme, 2005). En outre, il y a eu 19,7 millions de visites d'une journée. Environ 55 p. 100 des visites de touristes étaient consacrées aux loisirs et aux vacances (Organisation mondiale du tourisme, 2005). Les touristes étrangers passaient en moyenne chacun 6,4 nuits au Canada et comptaient pour environ 30 p. 100 dans le total des nuitées dans des établissements d'hébergement (Organisation mondiale du tourisme, 2005). Outre les voyages sur le territoire national, 19,6 millions de Canadiens sont allés à l'étranger, surtout aux États-Unis, pour des séjours de plus de 24 heures. Le tourisme étranger au Canada culmine en été, alors que les Canadiens vont à l'étranger en hiver (Commission canadienne du tourisme, 2005).

Bien qu'il soit évident que le tourisme est lié au climat, la plus grande partie des études portant sur les impacts du climat et du changement climatique sur le tourisme sont postérieures à 2000 (Scott *et al.*, 2005). Hamilton *et al.* (2005) dégagent trois axes principaux de ces ouvrages :

- les études qui établissent des modèles statistiques du comportement de certains groupes de touristes en fonction des conditions météorologiques et du climat;
- les études sur l'avenir de certaines destinations touristiques en fonction d'un climat en évolution;
- les études qui tentent de définir des indicateurs de l'attrait de certaines conditions météorologiques pour les touristes.

Les études de la première catégorie concernent presque exclusivement les choix de vacances de temps chaud des Européens et l'importance des conditions météorologiques et autres agréments dans le choix des destinations fait par les Britanniques, les Hollandais, les Allemands, les Italiens et autres touristes européens (Agnew et Palutikof, 2001; Maddison, 2001; Lise et Tol, 2002). Aucune étude consultée au sujet des destinations privilégiées des touristes canadiens ne fait état des conditions météorologiques ou climatiques comme étant des facteurs ayant joué dans la détermination de ces choix. Cependant, les vacances d'hiver à Hawaii, en Arizona, en Floride, dans les Caraïbes et au Mexique sont de toute évidence motivées par la recherche de conditions plus chaudes.

Au cours des 20 dernières années, de nombreuses études ont porté sur les incidences possibles du changement climatique sur les destinations touristiques au Canada, études axées sur les divers types d'activités au grand air pratiquées par les touristes dans la plus grande partie du pays (Scott *et al.*, 2004; Jones et Scott, 2006). Ces

études révèlent que le ski et autres loisirs d'hiver seront touchés de façon défavorable, malgré l'augmentation de la fabrication de neige artificielle. La longueur et la qualité de la saison touristique d'été devraient s'améliorer dans la plupart des régions, mais il faudra probablement procéder à des ajustements, comme une meilleure gestion de l'eau pour les terrains de golf. Dans certains régions, l'adaptation sera liée à la baisse des débits et des niveaux d'eau pour les activités aquatiques. Les impacts sur le tourisme et l'adaptation de ce secteur sont aussi abordés plus en détail dans les chapitres régionaux.

Bien que ces études fournissent d'importantes perspectives quant aux impacts du changement climatique sur une destination donnée, le flux de touristes dépendra des incidences du changement climatique et des modifications environnementales qui l'accompagnent sur l'attrait de cette destination par rapport à ses concurrentes.

Les études portant sur le troisième axe postulent que le comportement de voyage est régi par deux ensembles de facteurs : un qui motive une personne à envisager de voyager et l'autre qui l'attire vers une destination en particulier (de Freitas *et al.*, 2004; Scott *et al.*, 2004; Amelung et Viner, 2006). Ces analyses se servent de divers indicateurs directs, comme la température et l'humidité, ou indirects, comme la présence de plages, pour évaluer l'attrait de certaines conditions météorologiques pour les touristes.

Un modèle de simulation du tourisme mondial projetant les arrivées et départs pour 207 pays sur la base de la population, du revenu par personne et du climat révèle que la croissance du tourisme est régie par les augmentations de la population et du revenu et qu'elle est donc plus importante en Asie et en Afrique qu'en Europe et en Amérique du Nord (Hamilton *et al.*, 2005). Le tourisme mondial augment de 3,2 p. 100 par an entre 1995 et 2075 dans le cas de référence.

3 OCÉANS

Les trois océans (Arctique, Atlantique et Pacifique) qui bordent le Canada exercent de nombreuses influences sur lui, et les impacts du changement climatique qu'ils subissent peuvent à leur tour toucher la population et l'économie canadiennes. Tous les bassins océaniques de la planète ont en moyenne connu un réchauffement dû au forçage des gaz à effet de serre (voir la section 1.2), qui devrait se poursuivre. Il en résulte une élévation continue du niveau moyen de la mer et des changements au sein des systèmes biologiques, notamment des modifications dans les aires de répartition des espèces halieutiques et, par conséquent, des pêches, ainsi que le blanchissement des récifs coralliens dans les régions tropicales. On prévoit que l'élévation du niveau de la mer se poursuivra pendant quelques siècles, et ce, même si l'on parvient à stabiliser les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère, en raison de l'intervalle de temps associé au processus d'expansion thermique des eaux marines et de fonte de la

Le changement climatique réoriente le tourisme vers les pôles et des basses terres vers les terres plus hautes. À mesure que les pays plus proches des pôles deviennent plus attrayants pour leurs propres résidents, ils tendent à générer moins de tourisme vers l'étranger (Hamilton *et al.*, 2005). En plus des températures plus élevées, les pays plus proches de l'équateur deviennent moins attrayants à cause de la perte de plages et de récifs coralliens, et des dégâts infligés par des tempêtes tropicales plus intenses (Loftus, 2005).

Jusqu'en 2025, le changement climatique devrait profiter davantage au tourisme au Canada que dans tout autre pays (Hamilton *et al.*, 2005). Il ferait croître la part canadienne des arrivées de l'étranger (c.-à-d., plus de touristes venant au Canada) et baisser la part canadienne des départs vers l'étranger (c.-à-d., moins de Canadiens voyageant à l'étranger). Les Canadiens prendraient en effet plus de vacances sur le territoire national, et les déplacements intérieurs croîtraient par rapport aux déplacements internationaux (Hamilton *et al.*, 2005). Les auteurs font cependant une mise en garde : le modèle est très simplifié, avec une représentation rudimentaire du changement climatique, de sorte qu'il faudrait accorder plus d'attention aux résultats qualitatifs. De plus, le modèle laisse de côté un certain nombre de variables fort probablement susceptibles d'avoir un effet sur les flux de touristes (Gössling et Hall, 2006).

En résumé, le tourisme estival au Canada bénéficierait probablement du changement climatique, mais certaines activités pourront devoir s'adapter. Cette situation attirera davantage de touristes étrangers et gardera plus de Canadiens sur le territoire national. Le tourisme d'hiver au Canada pourrait souffrir malgré les mesures d'adaptation. Par contre, avec des hivers plus doux, il se pourrait que moins de Canadiens choisissent des destinations de climat chaud.

glace terrestre. En même temps, l'augmentation de l'activité cyclonique a mené à un accroissement important de la hauteur des vagues dans de nombreuses régions des océans du monde (voir la section 1.2). La fonte des glaces terrestres modifie la salinité des eaux marines et contribue aussi à l'élévation de leur niveau, tandis qu'une augmentation de l'absorption de CO₂ en accroît l'acidité.

Les effets sur les systèmes biologiques et sur la répartition des poissons font l'objet d'une attention particulière dans les rapports d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, de sorte que : « La reconnaissance croissante du rôle du système climat-océan dans la gestion des stocks de poissons conduit à formuler de nouvelles stratégies d'adaptation basées sur la détermination des pourcentages acceptables d'élimination et la résilience des stocks. » (McLean *et al.*, 2001, p. 345 [traduction]).

3.1 OCÉAN ATLANTIQUE ET MER DU LABRADOR

Changements dans l'océan

L'atmosphère au-dessus de l'océan Atlantique a connu et continuera de connaître des changements, notamment des accroissements constatés et projetés de l'activité cyclonique et l'augmentation de fréquence des ouragans intenses (voir la section 1.2). Le réchauffement, qui sera généralement plus prononcé dans les régions nordiques, aura pour conséquence de réduire la superficie de la mer couverte par la glace. L'accélération de la fonte de l'inlandsis du Groenland et d'autres glaciers terrestres, conjuguée à l'augmentation des précipitations, fera en sorte qu'il y aura un apport plus grand d'eau douce dans l'Atlantique Nord et, donc, une baisse concomitante de la salinité de l'océan (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, 2001a). Pour la période de 1960 à 2000, l'élévation de la température dans l'Atlantique Nord moyennée sur le volume à des profondeurs de 0 m à 700 m a été de 0,2 °C, mais la température de la surface de la mer dans l'Atlantique Nord ne présente pas vraiment de tendance (Barnett *et al.*, 2001; Pierce *et al.*, 2006).

La circulation méridienne de retournement (CMR), ou circulation thermohaline, perdra de son intensité si les eaux des mers du Groenland, de Norvège et du Labrador deviennent plus chaudes ou plus douces, deux situations qui devraient se produire à cause du changement climatique (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, 2007a). L'affaiblissement de la CMR entraîne une réduction du transport d'eau de subsurface plus chaude du gyre subtropical vers les latitudes élevées, contrebalançant le processus de réchauffement planétaire. En conséquence, l'Atlantique Nord se réchaufferait moins que d'autres régions de latitudes similaires, et certaines parties pourraient même se refroidir au cours des prochaines décennies, bien que l'on soit encore incertain quant à la répartition géographique du phénomène (Stocker *et al.*, 2001). Bien qu'on s'attende à ce que la CMR ralentisse au cours du présent siècle, il est très peu probable qu'elle s'arrête (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, 2007a). Aucune recherche sur l'adaptation face au changement climatique abrupt qui aurait lieu si la CMR venait à s'arrêter ni sur ses implications quant aux politiques et aux décisions en matière de climat n'a encore été entreprise (Hulme, 2003). Il faut cependant noter que le ralentissement de la CMR ne déclenchera pas un nouvel âge glaciaire (Berger et Loutre, 2002; Weaver et Hillaire-Marcel, 2004).

Le réchauffement s'accompagnera d'une réduction de la couverture de glace de mer sur l'Atlantique Nord, l'exposant ainsi davantage à l'influence de l'atmosphère. L'augmentation de l'activité cyclonique (Lambert, 1996; Lambert et Fyfe, 2005) et, peut-être, du nombre d'ouragans intenses subissant une transition extratropicale, comme l'ouragan Juan (2003), créera des vagues océaniques plus hautes. On dispose maintenant de nombreuses preuves à l'appui d'une augmentation de l'activité cyclonique et de la hauteur des vagues dans l'Atlantique Nord, y compris sur les bancs de Terre-Neuve (Gulev et Hasse, 1999; Gulev et Gregorieva, 2004) et, à mesure que le climat se réchauffera, la plupart des régions océaniques des latitudes moyennes verront un accroissement des hauteurs de vague extrêmes (Wang *et al.*, 2004; Wang et Swail, 2006a, b). À court terme, les icebergs pourraient se faire plus nombreux avec l'accélération de la fonte de l'inlandsis du Groenland et d'autres glaciers terrestres en vêlage.

Ces situations se répercuteront sur les pêches, sur les activités pétrolières et gazières en mer, sur l'exploitation d'autres ressources naturelles des océans et sur l'utilisation de ces derniers aux fins de transport maritime. S'il y a moins de glace de mer, les navires de transport et de pêche circuleront plus facilement, mais l'augmentation des tempêtes et de la hauteur des vagues pourra avoir des effets défavorables sur les flottes et les activités d'exploration énergétique, et contribuera à la hausse du risque d'accidents en mer. L'élévation du niveau marin touchera les zones côtières de l'Atlantique en ayant une incidence sur les habitats des espèces halieutiques et en créant de nouvelles zones inondées par les marées. Les changements du niveau marin pourront aussi nuire à l'utilité des installations portuaires, tant à l'étranger qu'au Canada, ainsi qu'à la compétitivité sur la scène internationale. Il faudra probablement augmenter la capacité de recherche et de sauvetage dans l'Atlantique Nord.

Pêches

La pêche en mer contribue pour beaucoup à l'approvisionnement en nourriture et constitue un élément vital des économies du Canada atlantique (voir le chapitre 4) et d'autres pays, surtout les pays de l'Europe limitrophes de l'Atlantique Nord. Les fluctuations passées des pêches dans l'Atlantique Nord, au-delà des zones de pêche traditionnelles du Canada, sont bien documentées. Par exemple, au début des années 1950, le stock de hareng de Norvège à fraye de printemps était le plus gros stock de hareng de la planète, et d'une grande importance pour la Norvège, l'Islande, la Russie et les îles Féroé (Vilhjálmsson *et al.*, 2005). En 1965, à la suite d'un refroidissement brutal et prononcé de l'eau, la plus importante source de nourriture de ces harengs a été décimée. Le stock, qui avait aussi été soumis à une surpêche considérable, s'est effondré. Des restrictions à la pêche et des conditions climatiques favorables ont par la suite contribué à son accroissement, et des ententes internationales ont été conclues pour fixer des quotas. Ces ententes pourront dans l'avenir être un important outil de gestion, à mesure que le changement climatique entraînera des modifications des stocks et des aires de répartition des poissons.

Par ailleurs, la disparition de la morue de l'Atlantique Nord a fait la preuve des coûts sociaux et économiques de l'évolution des stocks de poisson pour le Canada atlantique. Cette disparition était due en partie au refroidissement de l'eau dans la mer du Labrador ainsi qu'à la surpêche, mais les stocks ne se sont pas rétablis autant qu'on le pensait au départ une fois réduite la pression exercée par la pêche (Drinkwater, 2002, 2005; Barange *et al.*, 2003). La relation avec le climat a été examinée par Drinkwater (2002, 2005) et par Barange *et al.* (2003). De façon générale, lorsque les stocks ont diminué, ils sont devenus plus sensibles à la variabilité ou au changement du climat parce que la répartition par âge et l'aire géographique rétrécissaient (Brander, 2005). Le réchauffement de l'eau aura certes des chances de contribuer au rétablissement des stocks de morue du Nord (Drinkwater, 2005), mais il faudra probablement qu'il soit accompagné d'une augmentation de l'abondance de son principal poisson proie, le capelan, et d'une baisse de celle des phoques. La situation de la morue du Nord montre bien comment la pêche, le changement climatique et d'autres facteurs touchant les écosystèmes marins peuvent exercer une forte interaction sur les marges de l'aire de répartition d'une espèce. Un stock faiblement exploité peut ne montrer que peu de grands changements à mesure qu'évoluent le climat et d'autres facteurs; par contre, comme dans le cas de la morue du Nord, cette évolution peut amplifier les effets de la surpêche, entraînant des répercussions brutales sur les paramètres

vitaux que sont les taux de survie et l'abondance, ainsi que la répartition géographique (Rose *et al.*, 2000; Rose, 2004; Drinkwater, 2005).

Étant donné que les poissons sont des ressources internationales, la concurrence qui intervient en pleine mer et pour les espèces chevauchant les frontières internationales a donné lieu à des différends majeurs. La Convention sur le droit de la mer de 1982 comporte des dispositions qui permettent aux États côtiers de fixer des zones économiques exclusives (ZEE) s'étendant jusqu'à 200 milles marins (360 kilomètres), dans lesquelles ils ont des droits souverains sur les ressources naturelles. Les pays sont censés gérer ces stocks dans un souci de durabilité. Avec l'augmentation spectaculaire de la pêche au-delà des ZEE survenue dans les années 1980 et l'augmentation des prises à l'intérieur des ZEE elles-mêmes découlant de la croissance rapide de la capacité de pêche, la Convention des Nations Unies sur les stocks de poissons chevauchants et grands migrateurs de 1995 demande que l'on adopte une approche de précaution dans la gestion des pêches et souligne la nécessité de la coopération entre les pays. La Northwest Atlantic Fisheries Organization et la North East Atlantic Fisheries Commission ont alors été créées, lesquelles ont eu recours à des approches axées sur les écosystèmes en matière de gestion des ressources marines vivantes; c'est-à-dire qu'elles tiennent compte de facteurs naturels comme le changement climatique dans le processus de prise de décisions. Le Sommet mondial sur le développement durable de 2002 indiquait dans son plan de mise en œuvre que ces approches axées sur les écosystèmes en matière de gestion doivent être en place d'ici à 2010.

L'Arctic Climate Impact Assessment (Évaluation de l'impact du changement climatique dans l'Arctique) a fourni une analyse détaillée des pêches de l'Arctique et de l'Atlantique Nord (Vilhjalmsson *et al.*, 2005), et conclut qu'il n'est pas possible, dans l'état actuel des connaissances, de faire des prévisions précises au sujet des changements qui toucheront les stocks de poissons et les pêches ni de leurs effets sur la société à cause des incertitudes qui règnent sur :

- l'identification des causes des changements historiques dans la biologie des poissons;
- la prévision des changements possibles du climat de l'océan dans les scénarios de changement climatique;
- les relations entre les facteurs socioéconomiques et les changements survenus dans les stocks de poissons.

De plus, comme nombre de ces stocks de poissons sont lourdement exploités, ils sont bien moins abondants aujourd'hui qu'ils ne l'étaient auparavant, et ils font preuve de changement extrême quant aux caractéristiques de leurs populations. On peut, cependant, formuler quelques conclusions d'ordre général en ce qui concerne les impacts du changement climatique sur les pêches et sur les économies qui en dépendent dans les pays de l'Atlantique Nord et de l'Arctique. Pour certaines espèces, le réchauffement sera avantageux; pour d'autres, il créera des problèmes. Les changements doivent être examinés dans le contexte d'une économie mondiale ainsi que dans celui de la diversification et de la capacité de s'adapter – politiquement, socialement et économiquement – de cette dernière. Il est important pour les Canadiens de comprendre les répercussions à l'étranger et de prévoir comment les autres pays peuvent réagir, afin de comprendre les impacts qui s'ensuivront pour le Canada. De nouvelles analyses en ce sens s'imposent.

Un autre aspect des effets du changement climatique sur le milieu

marin est la modification des risques d'empoisonnement des poissons et des fruits de mer destinés à la consommation humaine et leurs impacts sur les écosystèmes. Le réchauffement de l'eau pourrait entraîner une expansion de l'aire de répartition de certaines toxines vers des latitudes plus élevées et mener à l'apparition plus fréquente de proliférations d'algues toxiques (Berner *et al.*, 2005). Cet état de choses pourrait avoir sur la santé humaine des effets qui devront être pris en considération tant pour la production intérieure que pour l'importation de produits de la mer.

Les changements d'ordre climatique peuvent également avoir un effet sur la compétitivité des systèmes de pêche à l'échelle mondiale. Les conditions qui font baisser l'abondance du poisson dans d'autres régions de l'Atlantique Nord peuvent inciter encore plus les pêcheurs de ces régions à exploiter les eaux canadiennes. Les répercussions sur la pêche commerciale de mollusques et des crustacés pourraient en être les conséquences les plus remarquables.

Réchauffement de l'océan Atlantique et tempêtes tropicales

Les eaux de l'Atlantique tant Nord que Sud se sont réchauffées depuis les années 1950 à partir de la proximité de la surface jusqu'à des profondeurs de plus de 100 m, et cette situation est attribuable en grande partie à l'augmentation des concentrations de gaz à effet de serre (Barnett *et al.*, 2001; Pierce *et al.*, 2006). Plusieurs analyses de la fréquence des ouragans intenses et des tempêtes de plus longue durée révèlent une tendance importante à la hausse du nombre de tempêtes de catégories 4 et 5 au cours des 30 à 35 dernières années (Emmanuel, 2005; Webster *et al.*, 2005). Pour certains prévisionnistes des ouragans, cette tendance est uniquement le fait de changements cycliques, mais l'analyse de l'importance relative des tendances du climat et des changements cycliques semble indiquer que les tendances au réchauffement planétaire contribuent pour les deux tiers à l'augmentation du nombre d'ouragans des catégories 3 à 5 (Faust, 2006). C'est pourquoi on peut s'attendre à ce que, dans l'avenir, il y ait en moyenne plus d'ouragans intenses à mesure que l'océan continuera à se réchauffer. Il faudrait donc mettre en place de meilleures mesures de préparation en cas de catastrophes conçues en fonction des ouragans touchant les Caraïbes, les régions côtières des États-Unis et les Maritimes au Canada, et prévoir une augmentation des demandes d'aide aux fins de préparation en cas d'urgence et de remise sur pied après sinistres (voir la section 2.2).

3.2 OCÉAN PACIFIQUE

Évolution des conditions

Le réchauffement moyen au large de la Colombie-Britannique a été minimale entre 1901 et 1979, mais il s'est manifesté rapidement, jusqu'à 0,25 °C par décennie, entre 1979 et 2004; durant cette période, une grande partie du réchauffement est survenue en juin, juillet et août (données du National Climate Data Center; Smith et Reynolds, 2005). Les tendances observées dans le Pacifique Nord sont en partie liées à l'oscillation décennale du Pacifique (Pacific Decadal Oscillation, ou PDO), qui est elle-même liée à l'effet d'El Niño-oscillation australe (El Niño-Southern Oscillation, ou ENSO). Ces deux phénomènes de circulation se traduisent par une alternance de périodes chaudes (de 1935 à 1945 et de 1975 à 2004)

accompagnées d'un creusement de la dépression des Aléoutiennes et d'une période froide (de 1945 à 1975) dans l'est du Pacifique Nord. Ces grandes fluctuations et des tendances à plus long terme au réchauffement semblent être simultanément en action, se renforçant mutuellement pendant les phases chaudes. Selon certains océanographes et météorologistes, le changement climatique d'origine anthropique stimule la phase chaude du PDO et de l'ENSO (Corti *et al.*, 1999; Timmerman *et al.*, 1999).

En même temps que l'augmentation de la fréquence des tempêtes hivernales intenses dans certaines parties de l'hémisphère Nord (McCabe *et al.*, 2001), on a constaté des changements importants dans la hauteur des vagues. Entre 1950 et 2002, elles ont augmenté d'environ 1 cm par décennie au large de la Colombie-Britannique (Gulev et Grigorjeva, 2004). Les projections indiquent que ces augmentations devraient se poursuivre (Caires *et al.*, 2006).

L'élévation du niveau de la mer et l'augmentation des tempêtes intenses entraînent des épisodes d'inondation et d'érosion accompagnés de problèmes de qualité de l'eau, sur la côte Ouest et, surtout, dans les basses-terres continentales (voir le chapitre 8).

Pêches

Le réchauffement continu des eaux dans l'est du Pacifique Nord fait en sorte que l'aire de répartition des populations de saumon rouge s'en trouve réduite et que ces dernières sont refoulées de plus en plus vers la mer de Béring (Welch *et al.*, 1998; Beamish *et al.*, 1999). La figure 6 montre les limites thermiques actuelles du saumon rouge en décembre (panneau du haut) et en juillet (panneau du bas). Les projections du climat dans un scénario de doublement du CO₂ montrent que cette limite thermique reculerait jusqu'à la mer de Béring (Welch *et al.*, 1998), hors d'atteinte de la plupart des pêcheurs canadiens. Même si on ne prévoit que de faibles changements des effectifs totaux, les régions d'occurrence étant changées, une espèce donnée sera capturée par les pêcheurs d'autres pays. Pour les poissons anadromes, le réchauffement de l'eau dans les cours d'eau de fraye pourra aussi entraîner des modifications des populations et des aires de répartition de certains stocks de poissons (voir le chapitre 8).

L'aquaculture dans les eaux côtières pourrait bénéficier de conditions plus chaudes qui feraient augmenter les taux de croissance et permettraient de pratiquer cette activité sur une région plus vaste. L'élévation de la température de l'eau et les changements physiques qui en découlent pourraient cependant être propices à une augmentation de la fréquence et de l'intensité des flambées de maladies et des proliférations d'algues (Kent et Poppe, 1998). La contamination bactérienne des huîtres et autres mollusques et crustacés pourrait aussi devenir plus courante avec le réchauffement de l'eau. L'augmentation de la fréquence des tempêtes hivernales intenses et la tendance au renforcement de la hauteur des vagues mettraient de plus en péril les installations d'aquaculture.

Le changement des conditions climatiques touchera les pêcheurs de plusieurs manières. Ceux-ci pourraient en effet devoir s'éloigner davantage de leur port d'attache pour prendre leur quota d'une espèce donnée, s'exposant ainsi à des risques plus grands à cause des tempêtes d'hiver intenses et plus fréquentes, et des vagues plus hautes au large de la côte Ouest. Outre ces considérations de sécurité, l'évolution des populations de poissons pourrait les obliger à s'adapter en faisant en sorte qu'ils doivent pêcher de nouvelles espèces à d'autres endroits (voir le chapitre 8; Beamish *et al.*, 1999; voir le chapitre 8).

Tourisme

Le tourisme dans les eaux de la côte Ouest subira des conséquences semblables. En général, avec les petits bateaux de plaisance, il faudra être plus soucieux de la sécurité, les vagues étant plus hautes et les tempêtes violentes plus fréquentes. L'élévation du niveau marin et les violentes tempêtes auront aussi des effets défavorables sur les marinas et autres infrastructures côtières utilisées par les pêcheurs et les plaisanciers, et dont le maintien pourra exiger le recours à des mesures d'adaptation coûteuses (voir le chapitre 8).

Transport maritime

On pourra observer une modification des routes maritimes préférentielles dans le Pacifique avec l'évolution de la circulation et des vents, et pour éviter les tempêtes violentes; mais c'est probablement dans les ports et les infrastructures littorales que se manifesterait le principal impact sur le transport maritime. Il a été estimé qu'avec une élévation du niveau de la mer de un mètre, le maintien des fonctions et de la stabilité actuelles des 1 000 ports du Japon exigerait des dépenses de 110 milliards de dollars US (McLean *et al.*, 2001). En Colombie-Britannique, il faudra planifier de renforcer et de surélever les brise-lames et les quais pour les adapter à des niveaux d'eau plus élevés et à des vagues plus hautes si l'on veut que les ports du Canada restent compétitifs sur la scène internationale (voir le chapitre 8).

3.3 OCÉAN ARCTIQUE

Transport maritime

À l'heure actuelle, il n'y a que peu de transport maritime international dans l'Arctique canadien. Les ports et les installations de débarquement y sont rudimentaires, à l'exception du port de Churchill (Manitoba), dans la baie d'Hudson, qui a quatre postes d'amarrage en eau profonde pour les navires céréaliers, les cargos et les pétroliers. En 2002, le Manitoba et la province russe de Mourmansk – la porte d'entrée du passage du Nord-Ouest pour

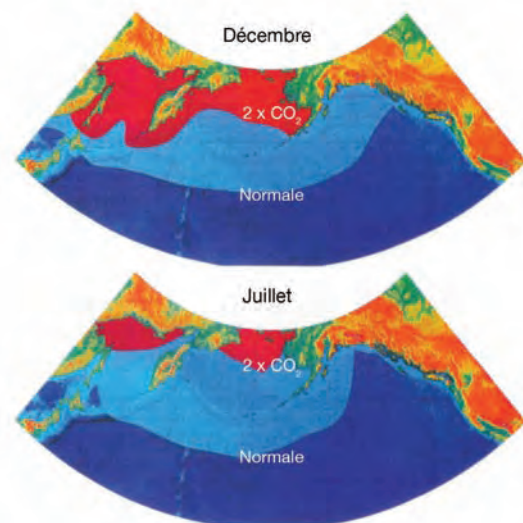


FIGURE 6 : Répartitions actuelle et prévue (dans un scénario de doublement de la concentration de CO₂) des limites thermiques qui contrôlent la répartition du saumon rouge dans le nord de l'océan Pacifique durant les mois de décembre et juillet (Ressources naturelles Canada, 2000).

l'Europe – ont signé une lettre d'intention dans le but de mettre en place une liaison maritime entre les deux provinces, connue sous le nom de « pont de l'Arctique ». Il s'agit de poursuivre la mise en valeur du port de Churchill en tant qu'élément d'un éventuel corridor commercial nord-américain. Le concept est en effet jugé viable étant donné l'allongement de la saison sans glace de mer dans la baie d'Hudson et le détroit de Davis. On a fait remarquer que la construction d'installations portuaires à Iqaluit pourrait contribuer aux efforts de croissance économique régionale (Aarluk Consulting Inc. *et al.*, 2005). La durée de la couverture de glace dans l'archipel arctique devrait être plus courte d'un mois d'ici à 2050 et de deux mois d'ici à 2090 (Dumas *et al.*, 2006). Cependant, la glace continuerait toujours de constituer un danger important pour la navigation (voir le chapitre 3).

Les mines de métaux communs, notamment la mine de plomb et de zinc Polaris, sur la petite île Cornwallis, et la mine de zinc Nanisivik, dans le nord de l'île de Baffin, étaient desservies par bateau et le concentré, expédié en Europe et ailleurs par voie maritime lui aussi. Cependant, ces mines ont respectivement mis fin à leurs activités en 2002 et 2003, ce qui ne laisse que la mine de nickel et de cuivre de Raglan, dans le nord du Québec, et la perspective d'une énorme mine de nickel à Voisey's Bay, au Labrador, à desservir par la mer. L'industrie minière espère mettre en service des installations portuaires et routières à proximité de la baie de Bathurst, ou sur la baie elle-même, pour desservir et approvisionner les activités d'exploration et d'exploitation des diamants et des métaux précieux et communs qui ont lieu dans la région de Kitikmeot et le nord des Territoires-du-Nord-Ouest (voir le chapitre 3).

Il semble également probable que la partie canadienne de l'océan Arctique sera beaucoup plus utilisée par des intérêts étrangers. L'*Arctic Climate Impact Assessment* conclut en substance que :

« La poursuite du rétrécissement de la glace de mer va très probablement faire allonger la saison de navigation et améliorer l'accès par la mer aux ressources naturelles de l'Arctique. » (Arctic Climate Impact Assessment, 2004, p. 11 [traduction])

De plus, cette même évaluation semble indiquer que la traversée de l'océan Arctique en bateau pendant l'été sera réalisable d'ici quelques dizaines d'années. La réduction de la glace de mer en été dans l'Arctique canadien pourrait inciter la communauté mondiale de la navigation à utiliser plus fréquemment le passage du Nord-Ouest (voir la figure 7) aux fins de transport international de marchandises, puisqu'il offre une route plus courte de l'Asie de l'Est vers la côte Est de l'Amérique du Nord et de la côte Ouest de l'Amérique du Nord vers l'Europe de l'Ouest. La plupart des modèles climatiques semblent indiquer que ces changements auront lieu dans la seconde moitié du présent siècle (Walsh *et al.*, 2005), peut-être plus tôt selon des données récentes. Cependant, les mers bordières situées au nord de la Fédération de Russie seront probablement ouvertes en premier, et l'infrastructure appuyant le trafic maritime sur cette route y sera probablement mise en service plus tôt que dans les eaux canadiennes.

Pour donner suite à cette évaluation, les ministres du Conseil de l'Arctique ont lancé en 2004 une étude intitulée *Arctic Marine Shipping Assessment* (Évaluation de la navigation maritime dans l'Arctique). Cette dernière, qui doit être présentée aux ministres en 2008, fournira un état de la navigation dans l'Arctique en 2004 et des projections du niveau probable de la navigation dans l'Arctique circumpolaire en 2020 et en 2050, à la lumière de scénarios de réduction de la glace de mer, de développement économique et de

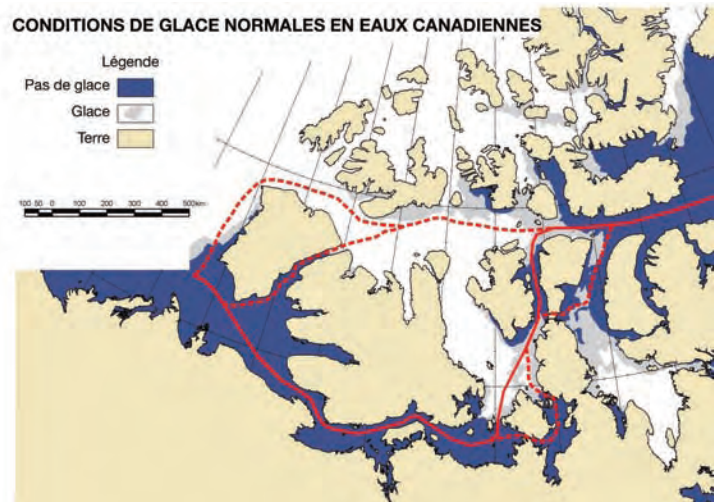


FIGURE 7 : itinéraires principal (ligne pleine) et secondaire (ligne tiretée) dans le passage du Nord-Ouest, illustrés sur une carte des conditions glacielles moyennes au 3 septembre, entre 1971 à 2000 (gracieuseté de Humfrey Melling, Pêches et Océans Canada et Environnement Canada).

risques, tels que la possibilité que le danger posé par la glace augmente dans certaines régions.

Pêches et chaîne alimentaire

La répartition des poissons et des mammifères marins de l'Arctique est régie par la température de l'eau et la couverture de glace, ainsi que par les changements de l'apport en eau douce des grands fleuves de Russie et du Canada (Arctic Monitoring and Assessment Program, 2002). Sur la côte de l'Amérique du Nord, des stocks importants de poissons, comme ceux du hareng et de la morue de l'Atlantique, sont déplacés par le réchauffement de l'eau et remontent vers le nord-est, où ils seront plus accessibles aux pêcheurs de Scandinavie et de Russie. La perte de glace dans les estuaires pourrait déplacer le cisco. Cette perte de glace rend les mers bordières de la plate-forme de l'Arctique plus semblables à des mers tempérées, mais les conséquences de ce phénomène pour les structures des réseaux trophiques sont difficiles à prédire. Un signe avant-coureur surprenant a été une prolifération de méduses dans la mer de Béring dans les années 1990 (Arctic Monitoring and Assessment Program, 2002).

Au moment de la mise bas, les phoques annelés, qui sont une des sources de nourriture favorites de l'ours blanc, ont besoin d'une vaste couverture de glace de mer. Un rétrécissement de l'habitat adéquat pourrait avoir des conséquences pour toute la chaîne alimentaire, puisque les phoques se nourrissent de morue polaire. Pour les Canadiens de l'Arctique, la capture de poissons ou de phoques à des fins alimentaires exige des voyages plus longs dans les mers de l'Arctique, qui sont de plus en plus dangereuses à cause de la tendance à l'intensification des tempêtes d'hiver (voir la section 1.2). Pour certaines collectivités de l'Arctique, cette situation implique des changements importants de leur mode de vie (voir le chapitre 3).

La contamination de la chaîne alimentaire est elle aussi une source de préoccupation. La fonte du pergélisol libère dans les cours d'eau et l'océan de plus en plus de mercure, qui s'accumule tout au long de la chaîne alimentaire. Ces quantités de mercure et d'autres matières contaminantes provenant de latitudes plus basses peuvent avoir des effets défavorables sur les peuples de l'Arctique et, en particulier, sur

les femmes autochtones. On a trouvé chez des femmes de l'île de Baffin, du Nunavik et du Groenland des concentrations très élevées de mercure dans le sang et dans le lait maternel. Or, ces populations consomment beaucoup de viande de phoque et de poisson (Arctic Monitoring and Assessment Program, 2003).

Le développement industriel dans le Nord viendra probablement ajouter à la contamination des aliments marins provenant de l'Arctique. L'exploitation des gisements de gaz naturel et de pétrole à Hammerfest, en Norvège, progresse à mesure que la glace disparaît. Des réserves de pétrole ont été identifiées à 320 km du pôle Nord, et le champ de Shtokman, dans la partie russe de l'océan, est considéré comme la plus grande réserve extracôtière de gaz du monde. Le réchauffement et la réduction de la glace de mer qui l'accompagne rendent l'exploitation de ces ressources de plus en plus envisageable (voir le chapitre 3).

Substances toxiques

Des polluants organiques persistants (POP), dont l'hexachlorocyclohexane (HCH), le dichloro-diphényl-trichloroéthane (DDT), le toxaphène et des polychlorobiphényles (PCB), d'origines industrielle et agricole, ainsi que certains métaux lourds, ont été détectés dans tout le milieu circumpolaire à des concentrations étonnamment élevées (Affaires indiennes et du Nord Canada, 1997). Les sources de POP dans l'Arctique canadien, de même que les PCB provenant des stations du Réseau d'alerte avancée (Distant Early Warning, ou DEW), sont peu importantes comparées à la quantité de ces substances transportées sur une grande distance à partir du Sud (Europe, Asie et Amérique du Nord). La bioaccumulation et la bioamplification des POP dans le milieu arctique se sont traduites par des concentrations élevées de certains d'entre eux dans les tissus lipidiques de certains animaux, en particulier de mammifères marins, comme le béluga, le narval, le morse, le phoque annelé et l'ours blanc. Ces animaux faisant partie de l'alimentation des Inuits, la présence de certains POP dans leur organisme atteint parfois des niveaux susceptibles d'avoir des effets sur le système immunitaire, sur le développement neurocomportemental et sur la reproduction (Dewailley et Furgal, 2003).

Macdonald *et al.* (2003) font remarquer que l'élévation des températures planétaires aura des effets directs sur les contaminants : augmentation de la volatilité, accélération de la dégradation et modification du partitionnement entre phases (Macdonald *et al.*, 2003). Les changements des dates de début des saisons et de leur longueur joueront probablement un rôle déterminant dans les modifications de la répartition spatiale et des concentrations des matières contaminantes arrivées dans l'Arctique par transport à grande distance. L'Arctic Climate Impact Assessment note que le changement climatique et la pollution dans l'Arctique sont étroitement liés et que :

« Une fonte plus généralisée de la glace de mer de plusieurs années et de la glace de glaciers pourra causer des rejets soudains des polluants qui ont été piégés dans cette glace pendant de nombreuses années ou même des décennies. » (McCarthy *et al.*, 2005, p. 954 [traduction])

Bien que la nature bilatérale (Canada – États-Unis) des matières contaminantes constitue pour le Canada une préoccupation d'ordre particulièrement crucial, le transport atmosphérique à plus grande distance est de plus en plus préoccupant (Affaires indiennes et du Nord Canada, 1997). On a commencé à déceler dans le Nord canadien la présence de polluants liés aux émissions provenant des

économies à croissance rapide de la Chine, du Japon et de l'Asie du Sud-Est. Certains d'entre eux sont produits par la volatilisation des eaux de surface des lacs, comme les Grands Lacs et les lacs de l'Asie, où le transport atmosphérique à grande ou à courte distance avait auparavant déposé ces substances. Ce processus se produit pendant la saison chaude, les contaminants toxiques remontant de plus en plus loin vers le nord, jusqu'aux régions où les eaux restent trop froides toute l'année pour qu'il se poursuive. À mesure que les lacs se réchaufferont sous l'effet d'un climat en évolution, la volatilisation se fera de façon plus courante. De cette manière, la contribution de ces sources de l'hémisphère Nord à la présence de matières contaminantes dans l'Arctique augmentera graduellement. On ne sait toujours pas à l'heure actuelle si les changements futurs des régimes de circulation atmosphérique atténueront ou aggraveront le processus de transport et de dépôt de matières contaminantes dans l'Arctique.

Contrôle et sécurité assurés par le Canada

Le Royaume-Uni a conféré au Canada la souveraineté sur l'Arctique par l'entremise de mesures juridiques et politiques qui remontent à la Charte de 1670 accordée par le roi Charles II à la Hudson's Bay Company (Compagnie de la Baie d'Hudson). En 1870, celle-ci a transféré au Canada le titre afférent au bassin versant de la baie d'Hudson et, après que le Parlement se fut adressé à la Reine Victoria pour exprimer des doutes quant à la frontière nord du Canada, le Royaume-Uni a transféré au Canada, en 1880, tout le territoire de l'Amérique du Nord britannique et les îles adjacentes, à l'exception de Terre-Neuve. Entre 1898 et 1910, le Danemark et la Norvège ont tous deux contesté la souveraineté du Canada sur certaines îles. Cependant, le Canada a pris plusieurs mesures pour réaffirmer sa propriété et, moyennant compensation, la Norvège a renoncé à ses revendications sur l'Arctique en 1931. Le seul point en suspens est le différend avec le Danemark au sujet de la minuscule île Hans, située entre le Groenland et l'île d'Ellesmere.

La souveraineté du Canada sur les terres étant acquise en pratique, l'attention s'est tournée vers l'océan et, en particulier, vers le passage du Nord-Ouest. Les États-Unis et l'Union européenne maintiennent que le passage est un détroit pouvant servir à la navigation internationale, leur permettant ainsi de traverser les eaux territoriales canadiennes, alors que le Canada le considère comme des eaux intérieures sur lesquelles il a pleine compétence et plein contrôle (p. ex., Rothwell, 1993; Charron, 2005). Le degré de contrôle que le Canada peut exercer sur ces eaux n'est pas le même s'il s'agit d'eaux intérieures, comme il le prétend, ou d'un détroit pouvant servir à la navigation internationale. Lorsque le superpétrolier américain *Manhattan* a emprunté, en 1969, le passage du Nord-Ouest, la situation a cristallisé les préoccupations du Canada à ce sujet et donné naissance à des mesures législatives, dont la *Loi sur la prévention de la pollution des eaux arctiques*. De même, le passage, en 1985, du brise-glace américain *Polar Sea* a porté le Canada à avoir recours à des mesures juridiques sous forme de « lignes de base droites » tracées autour des terres et des eaux océaniques qu'il revendique et, en 1988, les États-Unis et le Canada ont conclu l'Accord sur la coopération dans l'Arctique, aux termes duquel, dans l'avenir, le passage de brise-glaces serait assujéti au consentement du Canada. Cet accord n'a pas de portée sur les positions juridiques des deux parties quant au statut du passage. L'augmentation du trafic maritime dans les eaux arctiques canadiennes exigera probablement que l'on y accroître les mesures de contrôle, de surveillance et d'entretien des aides à la navigation maritimes et les services de recherche et de sauvetage.

4 EFFETS SUR LES CONTINENTS (AMÉRIQUE DU NORD)

4.1 IMPLICATIONS EN MATIÈRE D'EAU

L'élévation des températures et les changements du régime de précipitations touchent l'approvisionnement, la demande et la qualité de l'eau au Canada, aux États-Unis et au Mexique. La plupart des tendances constatées depuis 35 ans devraient se poursuivre dans les décennies à venir. Au Canada, cet état de choses correspond à deux grands problèmes : la gestion des bassins versants frontaliers et transfrontaliers communs avec les États-Unis (Commission mixte internationale, 1997) et la réponse aux demandes d'exportation d'eau vers les régions sèches des États-Unis et du nord du Mexique (Bruce *et al.*, 2003).

Eaux frontalières et transfrontalières du Canada et des États-Unis

Il existe une douzaine de grands bassins ou groupes de petits bassins bilatéraux dont la responsabilité a été confiée à la Commission mixte internationale (CMI) aux termes du Traité des eaux limitrophes internationales de 1909. Des ententes de partage de l'eau ont été conclues pour nombre de ces bassins et de leurs sous-bassins dont les eaux traversent la frontière en direction nord ou sud, ou forment la frontière. De plus, dans certains bassins, des ententes de lutte contre la pollution sont en place pour protéger les écosystèmes et la qualité de l'eau (p. ex., dans le bassin des Grands Lacs et du Saint-Laurent). Or, le changement climatique commence à avoir des conséquences tant sur la qualité que sur la quantité de ces eaux, et sur la capacité d'un pays à honorer ses obligations vis-à-vis de l'autre (Bruce *et al.*, 2003).

Pour illustrer les proportions que pourrait prendre cette question, le tableau 4 présente la tendance linéaire (de 1970 à 2000) des débits annuels et des débits minimum et maximum pour les grands cours d'eau bilatéraux. La plupart coulent vers le sud, à l'exception de la rivière Rouge qui coule vers le nord à partir des Dakotas, où l'on a noté une augmentation importante du taux de précipitations (Bruce *et al.*, 2003). Ces stress bilatéraux viennent se superposer aux problèmes d'ordre national de gestion de l'eau (Cohen *et al.*, 2004).

Dans le cas du fleuve Columbia, on s'attend à ce que se poursuive la tendance à une augmentation du débit en hiver et à une réduction au printemps. Les changements de la demande d'eau aux États-Unis, combinés au changement climatique, pourraient avoir un effet grave sur la production d'hydroélectricité et autres utilisations de l'eau au Canada, surtout dans les zones plus sèches du sud de la partie canadienne du bassin (p. ex., les lacs Okanagan et Osoyoos; voir le chapitre 8; Cohen *et al.*, 2000; Payne *et al.*, 2004). Des processus en place, grâce auxquels on peut examiner les règlements en vue de leur apporter des modifications en 2013, permettent ainsi que l'on prenne en considération l'adaptation au changement climatique.

La rivière Souris quitte la Saskatchewan à Sherwood, gagne le Dakota du Nord et revient au Canada (au Manitoba), à Westhorpe (ND). Dans des conditions climatiques « normales », chaque pays peut utiliser 50 p. 100 du débit naturel jusqu'à la traversée de la

frontière. Le débit naturel est calculé par un conseil conjoint relevant de la CMI, qui prend le débit mesuré et l'ajuste en fonction des prélèvements humains et de l'évaporation dans les réservoirs en amont. À la traversée de Sherwood, le Canada doit livrer la moitié des 50 000 premiers décimètres cubes (40 500 acres-pieds) du débit naturel entre le 1er janvier et le 31 mai. Avec la tendance à la baisse (de 7 à 2,5 m³/s) du débit naturel annuel moyen enregistrée entre 1973 et 1998, il y a eu, entre 1988 et 2000, cinq années au cours desquelles le Canada n'a pas pu honorer cette obligation (Bruce *et al.*, 2003). Il existe cependant une clause de l'accord, qui a dû être invoquée, qui exige de fournir au Dakota du Nord 40 p. 100 du débit naturel pendant la période cruciale. Puisque les problèmes liés à la baisse du débit et à l'augmentation de la consommation aux fins d'irrigation et d'abreuvement du bétail vont se poursuivre et s'aggraver à cause du changement climatique, il deviendra de plus en plus souvent difficile de respecter l'objectif quantitatif initial (Bruce *et al.*, 2003).

Il a d'ailleurs été très difficile de respecter certaines dispositions des ententes de répartition, établies en 1921, sur les rivières Milk et St. Mary en raison de la baisse des débits dans le sud de l'Alberta et de la réduction du volume d'eau de fonte provenant du cours supérieur du parc national Glacier⁵, aux États-Unis. Ces tendances et la demande accrue aux fins d'irrigation ont atteint, en 2003, le point où le gouverneur du Montana a demandé que les ententes en place soient reconsidérées. Les discussions bilatérales se poursuivent avec l'aide de la CMI.

Dans le bassin des Grands Lacs, le Traité sur la rivière Niagara, de 1950, est une entente cruciale sur le partage de l'eau. Une quantité convenue, 100 000 pieds cubes par seconde le jour et 50 000 la nuit, peut s'écouler dans les chutes Niagara pour le bénéfice des touristes. Le reste est divisé également entre l'Ontario et l'État de New York aux fins de production d'hydroélectricité. On a remarqué que le secteur supérieur des Grands Lacs (lacs Supérieur, Michigan et Huron) a progressivement moins de glace et des températures en surface plus élevées à mesure que le climat se réchauffe et, donc, les pertes par évaporation en hiver ont considérablement augmenté et vont continuer à le faire. Une conséquence de cet état de choses a été une baisse de 7 p. 100 du débit annuel moyen de la rivière Niagara entre 1970 et 2000 (Bruce *et al.*, 2003). Cette baisse va se poursuivre avec l'évolution du climat, et il faudra peut-être donc ajuster l'entente et les utilisations de l'eau (Mortsch *et al.* 2000; Bruce *et al.*, 2003).

La qualité de l'eau dans les Grands Lacs subit les effets de l'intensification des pluies dans le bassin versant, phénomène responsable de l'augmentation de l'érosion et du transport des polluants dans les lacs, de l'élévation de la température de l'eau et de l'établissement antérieur d'une thermocline, qui fait que les eaux de fond manquent d'oxygène plus tôt dans la saison chaude. Certains se demandent si les deux pays peuvent respecter les objectifs de qualité de l'eau mutuellement convenus dans ces conditions de changement du climat (Conseil de la qualité de l'eau des Grands Lacs, 2003). Par exemple, l'augmentation de fréquence des pluies très intenses, caractérisées par une forte érosion et par la création

⁵ Le parc national Glacier, qui comptait 150 glaciers en 1850, n'en avait plus de 27 en 2005 et, d'ici 2050, devrait les avoir tous perdus.

TABLEAU 4 : Tendance (pourcentage de changement) des débits annuels des systèmes fluviaux frontaliers du Canada et des États-Unis, de 1970 à 2000 (Bruce *et al.*, 2003).

Cours d'eau	Moyenne	Minimum (quotidien)	Maximum (quotidien)
St. John (Fort Kent)	-13	71	-16
St. Croix	-21	-23	-26
Niagara (Queenston)	-7	-8	-9
Rainy (Fort Frances)	-22	-12	-27
Lac des Bois (exutoire ouest)	-21	-59	-29
Red (Emerson)	124	159	63
Souris (Sherwood)	-82	-74	-94
Souris (Westhope)	-42	100	-60
Milk (frontière est)	-22	47	-6
Milk (frontière ouest)	-26	59	-41
St. Mary (frontière)	-7	15	-29
Kootenay (Fort Steele)	3	-4	-12
Columbia (frontière internationale)	4	37	-25
Yukon	1	-1	-12

de sources diffuses de pollution des lacs, aggrave les problèmes liés aux éléments nutritifs, aux agents pathogènes (comme *E. coli*), à la turbidité et aux pesticides (Bruce *et al.*, 2006).

Le Canada et les États-Unis ont toujours pu régler à l'amiable leurs différends sur l'eau par l'intermédiaire de la Commission mixte internationale et du Traité des eaux limitrophes internationales, mais le changement climatique risque de rendre cette relation plus tendue. Pour s'adapter aux changements aussi bien en cours que prévus, il faudra peut-être modifier tant la gestion que les termes de certains de ces accords (Bruce *et al.*, 2003).

Demandes de l'étranger en eau canadienne

Bien que le débit ait considérablement augmenté depuis 60 ans dans les cours d'eau du sud-est des États-Unis, il a baissé dans presque tous ceux de l'ouest, surtout du mois d'avril à l'automne (Frederick et Gleick, 1999; Pulwarty, 2002; Barnett *et al.*, 2005). Dans les régions de fonte de la neige et, surtout, en ce qui a trait aux cours d'eau alimentés par la fonte de la neige dans les cours supérieurs des Rocheuses, la couverture de neige hivernale a été davantage appauvrie par fonte et sublimation. En conséquence, on a remarqué une tendance prononcée à la baisse (entre 1950 et 2000) de l'équivalent en eau de la couverture nivale en avril (Mote *et al.*, 2003) et des changements de la répartition saisonnière des approvisionnements en eau, avec une augmentation du débit en hiver et une diminution le reste de l'année. Les conditions sont maintenant plus sèches pendant les saisons d'irrigation et d'abreuvement du bétail (à l'été et à l'automne). La tendance à plus long terme, depuis 1900, dans le sud-ouest des États-Unis et au Mexique a été une augmentation de l'Indice Palmer de gravité des sécheresses (voir la figure 3; Dai *et al.*, 2004).

Cette tendance à la sécheresse dans l'ouest des États-Unis, surtout au cours de la saison de croissance, a aggravé la situation de surattribution des eaux du Colorado à des utilisateurs de nombreux États (Glick et Chalecki, 1998). Les baisses saisonnières des débits du fleuve Columbia et de la rivière Sacramento déclenchent également des conflits liés aux utilisations, dont la protection de l'écosystème fluvial et des poissons (p. ex., Cohen *et al.*, 2000). Un pompage excessif de l'eau de l'aquifère Ogallala au Nebraska, en Oklahoma et dans les hautes plaines du Texas, en a gravement fait baisser le niveau et réduit les approvisionnements aux fins d'utilisations agricoles et autres. D'autres conflits commencent à voir le jour entre le Mexique et les États-Unis au sujet du partage de quantités d'eau réduites dans les cours d'eau frontaliers et transfrontaliers (Salman, 2006).

En guise de solution à ces problèmes, certains se sont tournés vers le Nord, vers les eaux apparemment abondantes de la Colombie-Britannique et des Grands Lacs. Des analystes ont cependant avancé que des mesures efficaces de conservation de l'eau permettraient de répondre à tous les besoins essentiels, aussi bien maintenant que dans un avenir rapproché, en n'ayant recours qu'aux seules réserves appartenant entièrement aux États-Unis (Frederick et Gleick, 1999). À plus long terme, si la tendance à la sécheresse se poursuit selon les projections, même cela ne sera peut-être plus possible.

Conscients de l'intérêt que présente la possibilité d'exporter l'eau des Grands Lacs, les gouverneurs des huit États des Grands Lacs, en coopération avec l'Ontario et le Québec, ont négocié en 2005 une entente conformément à l'annexe de la Charte des Grands Lacs (2001). Aux termes de cette entente, il n'y a pas de dérivation d'eau à l'extérieur du bassin des Grands Lacs, à quelques exceptions près. Une clause de droits acquis exempte l'importante dérivation (3 200 pieds cubes par seconde) des eaux du lac Michigan, à Chicago, vers le réseau du Mississippi, dont la quantité est régie par un jugement de la Cour suprême des États-Unis. L'autre exception à l'interdiction de détournement de l'eau vers l'extérieur du bassin concerne les comtés et collectivités chevauchants, soit ceux dont les limites, en date de 2005, chevauchaient la limite du bassin hydrographique des Grands Lacs.

Comme on s'attend à ce que l'augmentation de l'évaporation due au changement climatique fasse baisser les niveaux des Grands Lacs et les débits des cours d'eau du système, dont le Saint-Laurent, on prévoit des répercussions défavorables sur la navigation, sur la production d'hydroélectricité et sur la qualité de l'eau (Conseil de la qualité de l'eau des Grands Lacs, 2003), et ce, en supposant qu'il n'y ait pas d'autres détournements de l'eau vers l'extérieur du système. Le Canada et les provinces doivent rester vigilants face à cette menace et encourager la conservation de la ressource par toutes les instances. Une modification apportée récemment par le Canada à la *Loi sur le Traité des eaux limitrophes internationales* interdit les prélèvements massifs et les détournements des eaux frontalières et transfrontalières, mais ne couvre pas les tentatives de détournement des eaux intérieures canadiennes. Il s'agit là d'une question qu'un certain nombre de provinces ont elles aussi réglementée de la même façon.

Au Mexique aussi, les approvisionnements en eau, déjà très limités, sont à la baisse dans les régions limitrophes des États-Unis, et ce pays a déjà envisagé d'en faire venir du Nord, soit du Canada. Les experts en commerce ne s'entendent toujours pas pour établir si les

exportations d'eau seraient prévues ou obligatoires aux termes de l'Accord de libre échange nord-américain (ALENA). Cette entente n'interdit pas spécifiquement l'exportation d'eau mais, d'un autre côté, ne comporte pas d'obligation à cet égard. Cependant, l'exportation massive dans une seule région pourrait créer un précédent.

4.2 QUESTIONS LIÉES À L'ÉNERGIE

Les produits énergétiques sont une composante importante des exportations canadiennes⁶. L'exportation d'énergie vers les États-Unis (qui constitue plus de 95 p. 100 des exportations d'énergie du Canada) a augmenté de près de 17 p. 100 par an entre 1996 et 2005 (voir le tableau 5). Le Canada exporte aux États-Unis du gaz naturel, du pétrole brut, du pétrole raffiné, de l'électricité et du charbon.

Le changement climatique entraînera une modification des besoins en énergie, tant au Canada qu'aux États-Unis, ce qui va très probablement avoir des conséquences sur les exportations d'énergie. Il modifiera aussi la capacité de production d'hydroélectricité du Canada et ses exportations d'électricité vers son voisin du Sud. Enfin, les efforts de réduction des émissions de gaz à effet de serre auront probablement une incidence sur les marchés d'exportation des divers produits énergétiques.

Demande d'énergie

Au Canada, le changement climatique fera baisser la demande de chauffage des locaux et, donc, la consommation de gaz naturel et de mazout de chauffage domiciliaire (Bhartendu et Cohen, 1987; Findlay et Spicer, 1988). Il fera par contre monter la charge de climatisation, d'où une augmentation de la demande d'électricité pendant l'été. Or, l'accroissement de la demande aux fins de

climatisation est plus rapide que l'élévation de la température annuelle moyenne. Une élévation de 3 °C de la température maximale quotidienne moyenne fait monter la demande de pointe d'énergie de 7 p. 100, soit 1200 MW (Colombo *et al.* 1999). Au Canada, cependant, la demande énergétique globale devrait baisser dans les décennies à venir.

Aux États-Unis, l'effet le plus remarquable se fera sentir au niveau de la charge de climatisation, entraînant une hausse de la demande globale d'énergie (Edwards, 1991; Sailor et Muñoz, 1997; Considine, 2000; Sailor, 2001; Amato *et al.*, 2005). Si la température monte de 5 °C d'ici 2100, la situation se traduira par une perte de bien-être de 40 milliards de dollars liée à l'augmentation de la demande énergétique (Mansur *et al.*, 2005). Les changements de la demande d'énergie au Canada se répercuteront sur les quantités disponibles pour l'exportation et l'augmentation de la demande aux États-Unis se répercutera sur leurs importations d'énergie.

Charbon

Le Canada dispose d'abondantes ressources en charbon, surtout dans l'ouest (Office national de l'énergie, 2003). Environ 90 p. 100 du charbon extrait au Canada est consacré à la production d'électricité en Alberta, en Saskatchewan et dans le nord-ouest de l'Ontario. Dans le sud de l'Ontario, au Nouveau-Brunswick et en Nouvelle-Écosse, on utilise à cette fin du charbon importé. Les exportations de charbon sont essentiellement celles de charbon métallurgique à destination des marchés de l'Asie. La demande d'énergie record liée à l'augmentation de la climatisation et à la réduction de la production d'hydroélectricité à cause de la sécheresse est intervenue dans la décision de l'Ontario de reporter la fermeture de ses centrales alimentées au charbon (Independent Electricity System Operator, 2006), fermeture qui ferait baisser les importations de charbon en provenance des États-Unis.

TABLEAU 5 : Exportations canadiennes d'énergie vers les États-Unis (Industrie Canada, 2006).

	Valeur (en millions de dollars de 2005)							Croissance annuelle moyenne ¹
	1996	1997	1999	2000	2002	2003	2005	
Gaz naturel et liquides du gaz naturel	9 875	10 906	12 106	22 924	10 391	28 484	38 807	20,2 p. 100
Pétrole brut	10 970	11 390	10 121	19 334	18 015	20 414	29 913	15,4 p. 100
Pétrole raffiné	3 464	3 402	3 327	5 615	7 036	8 006	10 972	15,9 p. 100
Électricité	1 218	1 377	1 923	4 059	1 812	1 852	3 168	19,5 p. 100
Charbon et combustibles solides à base de charbon	88	66	55	120	162	150	260	19,9 p. 100
Autres biens énergétiques	418	515	541	643	722	678	897	9,3 p. 100
Total des exportations d'énergie vers les États-Unis	26 032	27 657	28 073	52 693	48 139	59 584	84 017	16,9 p. 100
Total des exportations vers les États-Unis	223 177	243 888	308 076	359 289	345 366	326 700	365 741	5,9 p. 100
Exportations d'énergie exprimées en pourcentage du total des exportations vers les États-Unis	11,7 p. 100	11,3 p. 100	9,1 p. 100	14,7 p. 100	13,9 p. 100	18,2 p. 100	23,0 p. 100	

¹ Moyenne de la croissance interannuelle sur 10 ans; la croissance moyenne globale est plus élevée.

⁶ On entend ici par « produits énergétiques » ceux que couvre le chapitre 6 de l'ALENA : Produits énergétiques et Produits pétrochimiques de base. On y inclut la plupart des produits raffinés et non raffinés d'hydrocarbures, l'uranium et l'électricité.

Pétrole brut

Les ressources en pétrole brut sont situées surtout dans l'ouest du Canada, mais aussi dans le nord du pays et au large de Terre-Neuve et de la Nouvelle-Écosse (Office national de l'énergie, 2003). La production de brut classique est à la baisse dans l'ouest du Canada et devrait culminer d'ici dix ans sur la côte Est (Office national de l'énergie, 2003). On prévoit la croissance rapide des activités de production des sables bitumineux dans les 20 prochaines années, production qui devrait plus que contrebalancer la baisse de production provenant de sources classiques (Office national de l'énergie, 2003).

Le brut canadien alimente des raffineries situées dans l'ouest du Canada et aux États-Unis, alors que celles de l'Est canadien utilisent du brut importé. Plus de la moitié de la production du Canada est donc exportée vers les États-Unis dont on prévoit que les importations vont augmenter; la part du Canada dans ce marché devrait cependant rester à environ un tiers (Energy Information Administration, 2006). Les efforts faits par les États-Unis pour accroître leur sécurité énergétique pourraient entraîner une baisse des importations et peut-être toucher celles en provenance du Canada.

Le principal effet du changement climatique sur les exportations canadiennes d'hydrocarbures sera probablement l'impact de la réduction des approvisionnements en eau dans le nord de l'Alberta sur l'exploitation des sables bitumineux (Bruce, 2006; Schindler et Donahue, 2006). Comme l'extraction et la valorisation du bitume consomment beaucoup d'eau, il est possible que les taux actuellement prévus d'exploitation des sables bitumineux soient réduits si l'on veut respecter en aval les exigences de débit entrant concernant la rivière Athabasca (Bruce, 2006). Une amélioration de l'efficacité d'utilisation de l'eau serait une précieuse mesure d'adaptation.

Gaz naturel

On exploite le gaz naturel dans l'ouest du Canada et au large de la Nouvelle-Écosse, et il en existe d'importantes réserves dans l'Arctique (Office national de l'énergie, 2003). La production devrait rester assez constante, du moins jusqu'à la construction d'un pipeline transportant le gaz de l'Arctique (Office national de l'énergie, 2003). Environ la moitié de la production du Canada est présentement exportée vers les États-Unis, mais ces exportations devraient baisser à mesure que la production déclinera et que la demande intérieure augmentera (Office national de l'énergie, 2003). Bien qu'on prévoie que le changement climatique entraînera une baisse de la demande pour le chauffage des locaux au Canada, d'autres utilisations devraient prendre de l'expansion et faire croître la demande intérieure de gaz naturel (Office national de l'énergie, 2003).

Électricité

L'hydroélectricité représente environ 60 p. 100 de l'électricité produite au Canada, le reste provenant en grande partie de centrales alimentées au charbon, mais ces proportions relatives varient considérablement d'une province à l'autre. Depuis longtemps, le Canada exporte vers les États-Unis 7 p. 100 à 9 p. 100 de son électricité, surtout en provenance des régions riches en hydroélectricité : Colombie-Britannique, Manitoba et Québec.

Les importations d'électricité totalisent en moyenne à peu près un quart des exportations. Elles sont régies par les différences transfrontalières entre les périodes de pointe et la possibilité pour les entreprises de services publics disposant d'une capacité de stockage de l'hydroélectricité d'en acheter hors pointe et d'en vendre davantage pendant les périodes de forte demande.

Aux États-Unis, environ la moitié de l'électricité est produite par des centrales alimentées au charbon et cette même électricité génère à elle seule près de 40 p. 100 des émissions de CO₂ (Energy Information Administration, 2006). Les centrales ayant une longue durée de vie utile, les proportions des divers modes de production ne changeront probablement que graduellement (Morgan *et al.*, 2005). On prévoit que le changement climatique entraînera une baisse du potentiel de production d'hydroélectricité du fleuve Colorado et autres cours d'eau de l'Ouest, surtout en été, période pendant laquelle l'électricité sert surtout à répondre à la demande toujours croissante de climatisation (Edwards, 1991; Christensen *et al.*, 2004).

Le changement climatique pourrait donc également nuire à la capacité de répondre à la demande de climatisation aux États-Unis (et au Canada) à l'aide de l'hydroélectricité produite au Canada. Bien qu'on projette qu'il fasse croître le potentiel hydroélectrique dans le nord du Québec et au Labrador (Mysak, 1993; Mercier, 1998), on a constaté depuis 1970 une réduction du débit de la plupart des grands cours d'eau se déversant dans les baies d'Hudson, James et d'Ungava, à l'exception du fleuve Nelson (Déry *et al.*, 2005). En Ontario et dans les Prairies, le potentiel hydroélectrique serait probablement réduit, sauf dans le cas de la rivière Winnipeg et du fleuve Nelson. Dans le sud-est de la Colombie-Britannique, la combinaison de la petite augmentation projetée des précipitations et de l'augmentation de l'évaporation des réservoirs due au réchauffement pourrait se traduire par une baisse du potentiel hydroélectrique, surtout s'il faut répondre aux besoins de débit réservé et d'irrigation en aval (Raban, 1991; Mercier, 1998; Payne *et al.*, 2004). On a prévu que la réduction de la production d'hydroélectricité due aux baisses des niveaux des Grands Lacs et, donc, des débits de la rivière Niagara et du Saint-Laurent pourrait atteindre 17 p. 100 d'ici à 2050 (Tin, 2006).

Les producteurs d'électricité se trouveront confrontés à un défi : répondre à la demande croissante de climatisation en Amérique du Nord malgré la baisse de la production d'hydroélectricité dans certaines régions, tout en réduisant les émissions de gaz à effet de serre. La solution la plus simple serait de faire face à cette demande accrue en utilisant des centrales au gaz, qui conviennent bien pour répondre à des demandes de pointe. Mais la portée d'une telle solution est limitée, puisqu'on prévoit des réductions de l'approvisionnement et des hausses de prix pour le gaz naturel. Les sources d'énergie renouvelable, comme les filières éolienne et solaire, ne produisent de l'électricité que quand les conditions sont favorables et elles risquent de ne pas pouvoir répondre à la demande pour la climatisation quand elle survient. Les centrales nucléaires sont les plus adéquates pour assurer un approvisionnement constant; elles le sont moins quand il s'agit de répondre à une demande variable comme celle de la climatisation. Les entreprises de services publics des deux pays vont probablement devoir recourir à un mélange de mesures liées à la demande, comme l'efficacité énergétique, et de mesures liées à la production pour faire face aux répercussions qu'entraîne la demande.

Uranium

Le Canada est le plus gros producteur et exportateur au monde d'uranium, le combustible des centrales nucléaires. Des efforts planétaires visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre pourraient entraîner une augmentation de la production d'énergie nucléaire dans certains pays. Il pourrait s'ensuivre une hausse des exportations d'uranium pour le Canada.

Résumé

Le changement climatique fera baisser l'utilisation d'énergie pour le chauffage des locaux, ce qui fera consommer moins de gaz naturel et de mazout domestique. Le gaz naturel ainsi économisé va simplement atténuer les pénuries prévues pour l'Amérique du Nord.

Les entreprises de services publics, tant du Canada que des États-Unis, devront recourir à un mélange d'efficacité énergétique et d'options de production propres à leur région pour faire face à la demande. La situation sera plus délicate aux États-Unis, qui sont alimentés davantage par des centrales alimentées au charbon et où l'on prévoit une plus grande croissance de la demande pour la climatisation. Il ne semble pas que le Canada sera en mesure d'accroître suffisamment ses exportations d'électricité ou de gaz naturel pour aider à répondre à la demande des États-Unis.

4.3 QUALITÉ TRANSFRONTALIÈRE DE L'AIR

Même si le transport transfrontalier de polluants atmosphériques entre les États-Unis et le Canada a fait l'objet de nombreuses constatations en ce qui a trait aux pluies acides et à certaines matières contaminantes, on a prêté peu d'attention à l'évaluation des impacts possibles que pourrait avoir sur lui le changement climatique. Ces impacts, qu'ils soient favorables ou défavorables, pourraient découler :

- de changements des régimes de circulation moyens, surtout pendant les vagues de chaleur;
- des élévations de la température de l'air moyenne, de l'augmentation des vagues de chaleur et des effets du rayonnement solaire sur les processus chimiques en jeu dans l'atmosphère;
- des mesures correctrices prises pour améliorer la qualité de l'air et faire baisser les émissions.

Les régions du Canada qui sont actuellement les plus touchées sont le sud de l'Ontario et du Québec, le sud-ouest du Nouveau-Brunswick et de la Nouvelle-Écosse, le sud de la Colombie-Britannique et le sud-ouest de l'Alberta.

Les principaux sujets de préoccupation sont les concentrations d'ozone troposphérique, les particules fines (*particulate matter*, ou $PM^{2.5}$), le dépôt acide, le mercure et plusieurs autres substances chimiques toxiques. Les effets de ces contaminants atmosphériques sur la santé humaine et sur les écosystèmes sont abordés dans les chapitres régionaux, en particulier ceux concernant l'Ontario et le Québec. Le nombre estimatif de décès prématurés dus à ces causes, pour un total de huit villes du Canada, est de 5 900 par an (Judek *et al.*, 2004).

En ce qui concerne les questions cruciales ayant trait à la pollution atmosphérique sur la frontière entre les États-Unis et le Canada, les deux pays ont convenu de mesures de lutte contre la pollution visant à en atténuer les effets, par l'intermédiaire de l'Accord entre le

Canada et les États-Unis sur la qualité de l'air de 1991 et de son annexe sur l'ozone de 2000 (Comité Canada-États-Unis sur la qualité de l'air, 2006). Les régions d'intérêt particulier sont le détroit de Georgia, sur la côte du Pacifique, et le bassin des Grands Lacs et du Saint-Laurent. Le rapport d'étape 2006 fait remarquer que les concentrations d'ozone troposphérique, dont la moyenne a été établie sur trois ans, sont restées à des niveaux élevés et inacceptables entre 2002 et 2004. La moyenne des concentrations quotidiennes les plus élevées sur une période maximale de huit heures a dépassé 95 ppm dans le sud-ouest de l'Ontario et 80 ppm sur une région beaucoup plus grande s'étendant au sud-ouest d'une ligne reliant la vallée des Outaouais et l'extrémité nord de la baie Georgienne, et ce, malgré le succès de programmes mis en place dans les deux pays visant la réduction des précurseurs chimiques, des composés organiques volatils (COV) et des oxydes d'azote (NOx). Les fortes concentrations d'ozone se produisent pendant les épisodes de smog qui surviennent au cours des vagues de chaleur, d'ailleurs plus fréquentes en raison de l'évolution du climat, alors que les températures élevées et la lumière solaire agissent sur les précurseurs chimiques émis pour ainsi créer de l'ozone.

Le nombre annuel moyen d'avis de smog, qui était de 7 entre 1993 et 1998, est passé à 24 entre 2000 et 2005; un record de 53 avis a été établi en 2005 (Yap *et al.*, 2005). La durée des « vagues de chaleur » dans la région des Grands Lacs s'est allongée entre 1951 et 2003 (Alexander *et al.*, 2006). Les épisodes de forte chaleur (où la température dépasse 30 °C) devraient doubler d'ici 2050 et plus que tripler d'ici 2080 (Cheng *et al.*, 2005). Des vagues de chaleur plus intenses, plus fréquentes et plus longues sont prévues tant pour l'Europe que pour l'Amérique du Nord (Meehl et Tebaldi, 2004). L'évolution du climat pourrait donc empêcher les efforts de lutte contre la pollution atmosphérique d'avoir l'effet souhaité, soit faire baisser les concentrations d'ozone. Ces épisodes de smog de temps chaud sont accompagnés de concentrations élevées de particules ($PM^{2.5}$). On estime que les polluants transfrontaliers sont responsables de 99 p. 100 des épisodes de smog à Windsor et de 84 p. 100 de ces mêmes épisodes sous le vent de Toronto (Yap *et al.*, 2005). Au Québec, on estime que 30 p. 100 des polluants à l'origine de ces épisodes prennent leur source aux États-Unis et 30 p. 100, en Ontario, le reste étant produit sur place. Réduire les risques pour la santé exigera que l'on redouble d'efforts en vue d'abaisser les concentrations de NOx et de COV au Canada et aux États-Unis.

Le problème du dépôt acide dans les lacs et les forêts du Canada a été quelque peu atténué par les réductions des émissions de SO^2 aux États-Unis et au Canada (Comité Canada-États-Unis sur la qualité de l'air, 2006). Néanmoins, les effets de ces améliorations dans les écosystèmes aquatiques sont tributaires d'autres facteurs, dont les différentes caractéristiques des lacs et les interactions climatiques (Comité Canada-États-Unis sur la qualité de l'air, 2006), et de nombreux lacs ne montrent pas encore de signes de rétablissement. Les travaux menés dans la région des lacs expérimentaux, dans le nord-ouest de l'Ontario, semblent indiquer que le changement climatique contribue au ralentissement de la réaction attendue des lacs (Schindler *et al.*, 1996).

Il faudra mener d'autres activités de recherche et de surveillance pour combler les lacunes sur le plan des connaissances en ce qui concerne l'interaction, dans les écosystèmes lacustres, entre le dépôt acide et le changement climatique, et les répercussions des tendances du climat sur le transport des substances chimiques toxiques.

5 OBLIGATIONS INTERNATIONALES DU CANADA EN MATIÈRE D'ADAPTATION

« Le changement climatique constitue un défi grave et à long terme qui est susceptible d'affecter tous les points du globe. » (G-8 Gleneagles, 2005, p. 1 [traduction])

Une réduction des émissions de gaz à effet de serre à l'échelle planétaire facilitera l'adaptation en ralentissant le taux de progression du changement climatique. En signant la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques et le Protocole de Kyoto, le Canada et d'autres pays industrialisés se sont engagés non seulement à réduire les émissions de gaz à effet de serre, mais aussi à :

- aider les pays en développement particulièrement vulnérables aux effets défavorables du changement climatique à assumer les coûts de l'adaptation à ces effets;
- faciliter le transfert vers les pays en développement de technologies et de savoir-faire respectueux de l'environnement.

L'accroissement des émissions mondiales à l'origine de la hausse concomitante continue des concentrations atmosphériques de gaz à effet de serre forcera la plupart des pays à faire de plus grands efforts d'adaptation.

5.1 BESOINS EN ADAPTATION DANS LES PAYS EN DÉVELOPPEMENT

Quelques-uns des facteurs clés qui permettront de donner aux populations vulnérables les moyens de faire face à l'évolution du climat et de s'adapter à long terme ont été identifiés comme suit (Zubair, 2004) :

- renforcement de la capacité en science et technologie du climat, notamment surveillance, utilisation accrue de la télédétection, renforcement de la structure scientifique;
- amélioration des évaluations de la vulnérabilité, des impacts et des options d'adaptation;
- utilisation accrue des enseignements tirés de l'adaptation à la variabilité du climat;
- autonomisation des citoyens, surtout les jeunes, grâce à des programmes d'information.

L'article 12 du Protocole de Kyoto, qui établit le Mécanisme pour un développement propre (MDP), indique qu'une part des fonds provenant du MDP est destinée à aider les pays en développement qui sont particulièrement vulnérables aux effets défavorables du changement climatique à financer le coût de l'adaptation. Cette part a été fixée à 2 p. 100 des réductions certifiées des émissions (RCE) obtenues pour la plupart des projets MDP. Le MDP en est encore à ses débuts, et les premières RCE n'ont été émises qu'en 2006, de sorte qu'il est difficile d'évaluer les recettes auxquelles on peut s'attendre pour l'aide à l'adaptation; elles ont été estimées à 325 millions d'euros d'ici à 2012, en fonction d'une plage de 125 à 570 millions d'euros (Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, 2006). Il est à remarquer que la vulnérabilité est fonction de plusieurs facteurs, notamment le niveau de revenu, d'éducation et d'accès aux ressources (voir le chapitre 2).

Il existe aussi une aide multilatérale à l'adaptation, mais les montants fournis sont restés faibles. La situation estimée (en date de 2006) du niveau de financement de l'adaptation aux termes de la Convention cadre, du Protocole de Kyoto et du Global Environment Facility (Fonds pour l'environnement mondial), hébergé par la Banque mondiale, est résumée au tableau 6.

Parmi les efforts de renforcement des capacités les plus fructueux figurent ceux qui ont fait participer des collectivités à des projets visant à accroître leur résilience. Par exemple, le Cadre de 2005-2015 de Hyogo a pour but d'accroître la résilience des pays et des communautés par rapport aux désastres (International Strategy for Disaster reduction, 2005b). Dans les régions vulnérables à la sécheresse de l'État de Maharashtra, en Inde, il s'agissait de projets de gestion durable des bassins versants qui faisaient intervenir la remise en état de terres dégradées et l'amélioration des rendements dans une agriculture assujettie aux pluies de mousson. Les projets, entrepris par les villageois qui avaient d'abord suivi un programme de formation, consistaient à « capturer l'eau de pluie là où elle tombe ». Au Soudan, un projet semblable visait la remise en état des parcours. Dans les deux cas, on a pu accroître la résilience aux sécheresses plus prononcées, ponctuées par des épisodes de fortes pluies qui sont le résultat d'un climat en évolution (International Union for Conservation of Nature, 2003). La mise sur pied de programmes d'études de premier cycle et supérieures sur la science du climat et le développement durable a été encouragée dans les Caraïbes et dans les îles du sud-ouest du Pacifique. Ces programmes ont eu des effets très positifs sur les programmes nationaux en matière d'impacts et d'adaptation.

Les Objectifs du Millénaire pour le développement, adoptés en 2000 par 189 nations, présentent un important canevas pour le développement durable dans les pays en développement. Il est maintenant clair que nombre de ces objectifs ne pourront pas être atteints à moins que l'on ne réussisse à s'attaquer efficacement aux impacts de l'évolution du climat. Le premier objectif est d'éliminer l'extrême pauvreté, mais les gens les plus pauvres vivent dans des régions sujettes aux inondations des côtes par les ondes de tempête, les débordements de cours d'eau et les tempêtes violentes, ou dans des régions sujettes à de graves sécheresses; or, ces conditions seront pour la plupart aggravées par l'évolution du climat. Par exemple, les inondations de février 2000 au Mozambique ont anéanti des années de travaux de développement (Reid et Alam, 2005). Les objectifs 4, 5 et 6 concernent la santé humaine; or, le changement climatique fait croître la mortalité et la morbidité dues au paludisme, à la dengue, aux vagues de chaleur et aux catastrophes naturelles. L'épisode d'El Niño chaud en 1983, un avant-goût des températures élevées à venir, et les inondations qui l'ont accompagné ont entraîné, au Pérou, une augmentation de 103 p. 100 de la mortalité infantile (Toledo Tito, 1997). L'objectif 7 est la durabilité de l'environnement; or les limites des écosystèmes sont en voie de modification et leur santé se détériore en raison du changement climatique, surtout dans l'extrême nord et dans les zones de récifs coralliens. Si on ne prête pas attention au changement climatique, les Objectifs du Millénaire pour le développement seront de plus en plus difficiles à atteindre (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat,

TABLEAU 6 : État estimé des fonds alloués à l'aide à l'adaptation aux termes de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (tiré de Global Environment Facility, 2006; Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, 2006).

Nom du fonds	Source de financement	Ressources totales mobilisées (en \$US)	Critères opérationnels	Principales activités de soutien
I. Fonds établis aux termes de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (articles 4.1, 4.3, 4.4, 4.5, 4.8 et 4.9)				
(a) Fonds spécial pour les changements climatiques	Contributions bénévoles de 11 pays développés (Canada, Danemark, Finlande, Allemagne, Irlande, Pays-Bas, Norvège, Portugal, Suède, Suisse et Royaume-Uni)	45,4 M\$US (contributions : 36,7 M\$US fonds promis : 8,7 M\$US)*	<ul style="list-style-type: none"> • Coût additionnel des mesures d'adaptation • Échelle de cofinancement 	<ul style="list-style-type: none"> • L'adaptation est considérée comme une des quatre priorités de financement
(b) Fonds pour l'adaptation des pays les moins avancés	Contributions volontaires de 13 pays développés (Canada, Danemark, Finlande, France, Allemagne, Irlande, Italie, Pays-Bas, Nouvelle-Zélande, Norvège, Espagne, Suède et Suisse au 30 avril 2006)	75,7 M\$US (contributions antérieures : 29,9 M\$US fonds promis : 45,8 M\$US allocations du FEM jusqu'à maintenant : 11,8 M\$US)**	<ul style="list-style-type: none"> • Principes directeurs : approche par pays, accès équitable des pays les moins avancés, soutien et priorisation plus rapides des activités • Financement intégral des coûts additionnels des activités d'adaptation prévues et priorisées dans les PANA¹ • Échelle de cofinancement 	<ul style="list-style-type: none"> • Mise en œuvre des PANA¹ (des ressources totales de 9,6 M\$US ont été approuvées pour soutenir l'élaboration des PANA dans 44 pays)
II. Fonds établis sous le régime du Protocole de Kyoto (article 4.10)				
(a) Fonds d'adaptation	2 p. 100 du produit du Mécanisme pour le développement propre (MDP)	Pas encore opérationnel – contributions prévues comprises entre 160 M et 950 M\$US jusqu'en 2012 (Müller, 2007)	<ul style="list-style-type: none"> • Principes directeurs : approche par pays et apprentissage par la pratique, saine gestion financière, transparence, séparation des autres sources de financement 	<ul style="list-style-type: none"> • Projets et programmes d'adaptation concrets prévus dans la décision 5/CP7
Global Environment Facility (Fonds pour l'environnement mondial, ou FEM) – Fonds gérés, établis en réaction aux directives de la Conférence des parties (CdP)				
(a) Fonds pour l'environnement mondial – Fonds en fiducie	FEM		<ul style="list-style-type: none"> • Coût additionnel des activités pour obtenir des retombées environnementales à l'échelle planétaire 	<ul style="list-style-type: none"> • Évaluations de la vulnérabilité et de l'adaptation dans le cadre de communications nationales et d'autres activités habilitantes
(b) Fonds de priorité stratégique pour l'adaptation	FEM	50 M\$US dont 25 M\$US ont été alloués	<ul style="list-style-type: none"> • Directives concernant l'établissement des coûts additionnels laissant une certaine marge de manœuvre, en particulier pour le Programme des petites subventions 	<ul style="list-style-type: none"> • Projets pilotes et de démonstration sur l'adaptation • Programme des petites subventions (5 M\$US) pour soutenir l'adaptation à l'échelle communautaire

¹ PANA – Programmes d'action nationaux aux fins de l'adaptation

* 2,0 M\$US du FEM ont servi à des projets et à du soutien administratif

** 11,8 M\$US du FEM alloués au Fonds pour l'adaptation des pays les moins avancés servent à des projets, à des postes administratifs et à des initiatives spéciales

2007b). Pourtant, jusqu'ici, seuls quelques-uns des programmes bilatéraux d'aide au développement ont fait de l'adaptation au changement climatique un élément de leurs efforts.

En 2002, les participants au Sommet mondial pour le développement durable tenu à Johannesburg, en Afrique du Sud, ont adopté le Plan d'application du Sommet en tant qu'élément de la stratégie permettant d'atteindre les Objectifs du Millénaire pour le développement. Les signataires ont convenu d'une série de mesures, dont celles de la protection et de la gestion des ressources naturelles nécessaires au développement social et économique. Le rapport

rédigé après la tenue du Sommet a établi que de solides liens existaient entre le développement international et les risques naturels, et incitait le monde à passer à l'action :

« 38. Les changements climatiques et leurs effets néfastes sont une préoccupation commune à toute l'humanité. Nous demeurons profondément préoccupés par le fait que tous les pays, en particulier les pays en développement et notamment les pays les moins avancés et les petits États insulaires en développement, sont de plus en plus exposés au risque de subir les effets négatifs du changement climatique

et nous reconnaissons qu'à cet égard les problèmes de la pauvreté, de la dégradation des sols, de l'accès à l'eau et à la nourriture et de la santé demeurent au centre de l'attention mondiale... Des mesures doivent être prises à tous les niveaux en vue de :

a) Honorer tous les engagements et obligations souscrits en vertu de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques;... » (Nations Unies, 2002, p. 29 [traduction])

Depuis 1994, les petits États insulaires en développement cherchent à mettre en œuvre le programme d'action de la Barbade (Barbados Action Programme) pour le développement durable, qui accorde une priorité élevée à la réponse au changement climatique. Les progrès ont été examinés lors d'une réunion tenue à l'île Maurice en 2005 et à laquelle ont participé 114 pays. L'accent y était mis sur les manières de faire face aux catastrophes naturelles liées au changement climatique, sur le renforcement des capacités, sur les questions de santé et sur la gestion et la protection des ressources côtières et marines. La stratégie de l'île Maurice fait remarquer que les petits États insulaires en développement subissent déjà les effets défavorables du changement climatique et de l'élévation du niveau de la mer. Le Canada a appuyé des études portant sur l'adaptation, des activités de formation et des mesures prises sur place en vue d'accroître la capacité d'adaptation dans les Caraïbes et le sud-ouest du Pacifique. De son côté, la Nouvelle-Zélande a adopté une politique en faveur des immigrants provenant des petites îles dont certaines sont victimes de stress causé par le changement climatique et les inondations (voir le renvoi 4 en bas de page).

Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat reconnaît qu'il existe des liens évidents entre le changement climatique, l'adaptation et le développement durable, et il leur consacre d'ailleurs tout un chapitre dans son troisième rapport d'évaluation. Dans le résumé, on note que :

« De toute évidence, la capacité d'adaptation aux risques du climat est étroitement liée au développement durable et à l'équité, et que l'amélioration de cette capacité est essentielle au développement durable. » (Smit et al., 2001, p. 899 [traduction])

Il s'agit là d'un concept important pour tous ceux qui veulent promouvoir le développement durable à l'étranger.

5.2 ACTIONS ENTREPRISES JUSQU'ICI

Le Fonds canadien de développement pour les changements climatiques (FCDCC) a été créé en 2000 pour aider les pays en développement à relever le défi du changement climatique. Son but était de promouvoir les activités portant sur les causes et les effets du changement climatique dans les pays en développement, tout en contribuant à réduire la pauvreté et à promouvoir le développement durable. Il s'agissait d'une initiative de six ans dotée d'un budget de 110 millions de dollars et gérée par l'Agence canadienne de développement international (ACDI). Le FCDCC était axé sur quatre thèmes, l'un portant spécifiquement sur la réduction de la vulnérabilité des pays en développement aux effets néfastes du changement climatique. À mesure que le programme a pris de l'ampleur, l'accent a été mis sur l'adaptation, sous la forme de contributions dirigées vers des fonds d'adaptation internationaux et

vers la Fédération internationale des Sociétés de la Croix-Rouge et du Croissant-Rouge. Des projets ont été menés, entre autres, dans les Caraïbes, dans le sud-ouest du Pacifique, en Indonésie et au Nigeria. En outre, le Centre de recherches pour le développement international du Canada collabore avec le Department for International Development du Royaume-Uni à un programme d'adaptation au changement climatique de 65 millions de dollars en Afrique, en menant des activités de recherche et en veillant au renforcement des capacités.

Seul un effort international peut assurer la base scientifique permettant d'obtenir de meilleures projections du changement climatique susceptibles d'étayer les études en matière d'impacts et d'adaptation. Lors des discussions dans le cadre de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, ou CCNUCC, on a examiné des approches coordonnées et intégrées à la recherche scientifique et à l'observation systématique, à des fins tant d'adaptation que d'atténuation. Le programme de Nairobi portant sur les impacts, la vulnérabilité et l'adaptation au changement climatique constitue une importante nouvelle initiative aux termes de la CCNUCC conçue dans le but d'aider les pays à prendre des décisions éclairées en matière de mesures d'adaptation pratiques (Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, 2007). Le Canada participe depuis longtemps à de nombreuses grandes initiatives internationales portant sur le changement environnemental à l'échelle planétaire, notamment le World Climate Research Programme (WCRP) l'International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP) et l'International Human Dimensions Programme (IHDP).

L'Inter-American Institute for Global Change Research, ou IAI, est une organisation intergouvernementale appuyée par 19 pays de l'hémisphère Ouest, dont le Canada. Il a pour mission de développer la capacité qui permettra de mieux faire comprendre l'impact intégré des changements actuels et à venir d'ordre planétaire sur les milieux régionaux et continentaux, et de promouvoir la poursuite de recherches à caractère collaboratif et l'adoption d'actions éclairées à tous les niveaux. L'objectif premier du programme scientifique de l'IAI est d'encourager les recherches menées au-delà de la portée des programmes nationaux, en favorisant les études comparatives et ciblées basées sur les questions scientifiques d'importance pour la région tout entière, dont l'adaptation au changement climatique (Fenech et al., 2005).

Le système d'analyse, de recherche et de formation (System for Analysis, Research and Training, ou START) sur le changement planétaire, coparrainé par le IGBP, le WCRP et l'IHDP, assure un cadre international de renforcement des capacités. Il s'agit d'une organisation non gouvernementale à but non lucratif qui établit et entretient des réseaux régionaux de scientifiques et d'institutions collaborateurs dans les pays en développement. Ces réseaux mènent des recherches sur les aspects régionaux du changement environnemental, évaluent les impacts et les vulnérabilités liés à ce changement, et fournissent de l'information aux décideurs. L'organisation vise à accroître, dans les pays en développement, la capacité scientifique qui leur permettra de s'attaquer aux processus complexes du changement et de la dégradation de l'environnement à l'aide d'un grand choix de programmes de formation et de perfectionnement. De plus, elle mobilise des ressources en vue d'appuyer l'infrastructure et les programmes de recherche sur le changement environnemental dans les régions en développement.

Des Canadiens ont joué un rôle actif dans les évaluations internationales des impacts du changement climatique et des mesures d'adaptation par leur participation au Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat et à l'Arctic Climate Impact Assessment. Pour ce qui est des incidences mondiales du

changement climatique sur la santé, Santé Canada a collaboré activement avec l'Organisation mondiale de la Santé, le Programme des Nations Unies pour l'environnement et l'Organisation météorologique mondiale (p. ex., Kovats *et al.*, 2003).

6 SYNTHÈSE

L'analyse ci-dessus (sections 1 à 5) a permis de tirer certaines conclusions d'intérêt pour les décisions en matière de politiques, de programmes ou d'investissement prises par le Canada en réponse à l'évolution du climat à l'étranger, telle qu'on la constate et qu'on peut la prévoir. Nombre de ces conclusions sont énoncées dans le texte et résumées dans la section intitulée « Principales conclusions ».

- Les conflits liés aux ressources et, en particulier, à l'eau seront aggravés dans certaines régions du monde; l'élévation du niveau de la mer et l'augmentation des catastrophes naturelles obligeront beaucoup de gens à déménager, que ce soit dans leur propre pays ou à l'étranger, entraînant des conséquences sur les politiques et les activités du Canada en matière d'aide, de maintien de la paix et d'immigration.
- Les risques associés à de nombreuses maladies sensibles au climat vont probablement augmenter; il faudra ainsi continuer à faire preuve de vigilance face à l'augmentation de ces risques pour les Canadiens.
- La réduction de la couverture de la glace de mer dans l'Arctique, qui se réchauffe, permettra une croissance du trafic maritime et des activités d'exploitation de nombreux pays, et fera naître des défis pour la protection de l'environnement et le contrôle exercés par le Canada. La faune circumpolaire et les modes de vie autochtones sont eux aussi menacés par la perte de la glace de mer et la fonte du pergélisol (*voir* le chapitre 3).
- L'intensification des épisodes de smog avec des vagues de chaleur plus longues et plus prononcées mène à une augmentation des problèmes de santé causés par les émissions de précurseurs de l'ozone et de particules fines aux États-Unis et au Canada. Afin de réduire ces risques pour la santé, il incombera aux deux pays de voir à réduire encore plus les émissions de précurseurs.
- Avec le changement du climat, les prix mondiaux des produits du bois pourraient chuter, et certaines occasions pourraient se présenter d'augmenter les exportations de produits agricoles (céréales, maïs) et de réduire les importations (fruits et légumes).
- On prévoit un accroissement du tourisme de saison chaude au Canada; cependant, nombre d'activités hivernales nécessiteront d'importantes mesures d'adaptation concernant les installations pour rester viables. Les déplacements de Canadiens vers des destinations plus chaudes pourraient diminuer. Des programmes de promotion du tourisme pourraient aider à en tirer des avantages économiques et sociaux.
- Quand les ententes entre le Canada et les États-Unis concernant les eaux frontalières et transfrontalières ont été élaborées, l'évolution du climat n'a pas été prise en considération; les intérêts à venir du Canada pourraient donc ne pas être

adéquatement protégés dans certains accords concernant le partage de l'eau et la qualité de l'eau.

- L'augmentation de l'aridité dans le sud-ouest de l'Amérique du Nord fera en sorte que le Canada se trouvera de plus en plus sollicité pour fournir des exportations massives d'eau, ce qui aura des conséquences en ce qui concerne le commerce et les politiques touchant les eaux transfrontalières, notamment celles traitant de la protection des eaux canadiennes.
- L'augmentation de la charge de climatisation et une réduction probable de l'approvisionnement en hydroélectricité dans certaines régions du Canada et aux États-Unis auront des conséquences majeures pour la planification énergétique au Canada et pour les ententes d'exportation d'énergie.
- Les pertes imputables à des catastrophes d'ordre météorologique croissent rapidement dans le monde entier, en partie à cause de l'augmentation de la fréquence des phénomènes extrêmes, ce qui exigera d'améliorer l'aide en matière de capacité d'intervention en cas de catastrophes, et de gestion de ces dernières, surtout dans les pays en développement.
- Bien qu'on ait déjà déterminé certains des effets qu'auront sur les pêches les changements climatiques et océaniques, on ne dispose que de données et d'une compréhension limitées sur les changements qu'ils entraîneront dans la répartition et l'abondance du poisson que régissent les changements de nature climatique et océanique. Il s'agit là d'une importante lacune sur le plan des connaissances qu'il faudra combler à l'aide d'activités de surveillance et de recherche.
- On observe une croissance du besoin de programmes d'aide internationale en vue de l'adaptation au changement climatique dans les pays en développement. La gamme de questions en matière d'adaptation dont il faudra traiter est vaste et comprend la façon de se préparer en vue de catastrophes naturelles, de pénuries d'eau et de nourriture, et de problèmes d'ordre sanitaire, ainsi que la façon de faire face à ces mêmes problèmes.
- Des programmes internationaux en sciences naturelles et sociales (dont l'économie) et des évaluations de la recherche et des connaissances scientifiques sur le changement climatique viennent étayer les réactions du Canada en matière de politiques et de programmes. La participation active d'experts canadiens à ces activités constitue non seulement une contribution internationale, mais permet également d'intégrer aux politiques du Canada des connaissances scientifiques récentes d'ordre planétaire.

RÉFÉRENCES

- Aarluk Consulting Inc., Gartner Lee Limited et C. Anderson. *Strategic plan for the Iqaluit deepwater port project*, rapport rédigé pour la ville d'Iqaluit, août, 2005, 95 p., <<http://www.city.iqaluit.katittut.ca/i18n/english/pdf/portproject.pdf>>, [consultation : 15 février 2007].
- Ackermann, A. « The Idea and Practice of Conflict Prevention », *Journal of Peace Research*, vol. 40, n° 3, 2003, pp. 339-347.
- Adger, N., P. Aggarwal, S. Agrawala, J. Alcamo, A. Allai, O. Anisimov, N. Arnell, M. Boko, O. Canziani, T. Carter, G. Casassa, U. Confaloniere, R.V. Cruz, E. de Alba Alcaraz, W. Easterling, C. Field, A. Fischlin, B.B. Fitzharris, C.G. Garcia, H. Harasawa, K. Hennessy, S. Huq, R. Jones, L. Kafje_ Bogataj, D. Karoly, R. Klein, Z. Kundzewicz, M. Lal, R. Lasco, G. Love, X. Lu, G. Magrin, L.J. Mata, B. Menne, G. Midgeley, N. Mimura, M.Q. Mirza, J. Moreno, L. Mortsch, I. Niang-Diop, R. Nicholls, B. Novak, L. Nurse, A. Nyong, M. Oppenheimer, J. Palutikof, M. Parry, A. Patwardhan, P.R. Lankao, C. Rosenzweig, S. Schneider, S. Semenov, J. Smith, J. Stone, J.-P. van Ypersele, D. Vaughn, C. Vogel, T. Wilbanks, P.P. Wong, S. Wu et G. Yohe. : « Technical Summary »; 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. Palutikof, P.J. van der Linden et C.E. Hanson (éd.), Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni 2007, pp. 717-743.
- Affaires étrangères et Commerce international Canada. *Statistiques sur l'économie, le commerce et l'investissement*, Affaires étrangères et Commerce international Canada, 2006, <<http://www.international.gc.ca/eet/economic-indicat-fr.asp>>, [consultation : 21 juin 2007].
- Affaires indiennes et du Nord Canada. *Canadian Arctic contaminants assessment report*, Affaires indiennes et du Nord Canada, 1997, 454 p.
- Agnew, M. D. et J. P. Palutikof. « Climate Impacts on the Demand for Tourism », dans *Proceedings of the First International Workshop on Climate, Tourism and Recreation*, International Society of Biometeorology, 2001, pp. 41-50.
- Agriculture et Agroalimentaire Canada. « Profil du secteur canadien du blé », *Le Bulletin Bimensuel*, vol. 17, n° 11, 2004, 8 p., <http://www.agr.gc.ca/mad-dam/pubs/bi/pdf/bulletin_17_11_2004-07-05_f.pdf>, [consultation : 28 juin 2007].
- Agriculture et Agroalimentaire Canada. *Vue d'ensemble du secteur agricole et agroalimentaire canadien*, Agriculture et Agroalimentaire Canada, 2005, <http://www.agr.gc.ca/cb/apf/index_f.php?section=info&group=ref&page=bg_con_overvu>, [consultation : 10 mai, 2007].
- Alberta Sustainable Resource Development. *Beetle Bulletin: Mountain pine beetle activities in Alberta*; Alberta Sustainable Resource Development, Mountain Pine Beetle Program, 12 avril, 2007, 4 p., <<http://srd.alberta.ca/forests/pdf/Beetle%20Bulletin%20-%20April.pdf>>, [consultation : 30 mai, 2007].
- Alexander, L.V., X. Zhang, T.C. Peterson, J. Caesar, B. Gleason, A.M.G. Klein Tank, M. Haylock, D. Collins, B. Trewin, R. Rahimzadeh, A. Tagipour, K. Rupa Kumar, J. Revadekar, G. Griffiths, L. Vincent, D.B. Stephenson, J. Burn, E. Aguilar, M. Brunet, M. Taylor, M. New, P. Zhai, M. Rustiucci et J.L. Land Vazquez. « Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation », *Journal of Geophysical Research*, vol. 111, n° 5, 2006, 5, DO5109, doi:10.1029/2005JD006290.
- Amato, A. D., R. Matthias., P. Kirshen et J. Horwitz, « Regional energy demand responses to climate change: methodology and application to the Commonwealth of Massachusetts », *Climatic Change*, vol. 71, n° 1-2, 2005, pp. 175-201.
- Amelung, B. et D. Viner. « Mediterranean tourism: exploring the future with the Tourism Climatic Index », *Journal of Sustainable Tourism*, vol. 14, n° 4, 2006, pp. 349-366.
- Arctic Climate Impact Assessment. *Impacts of a warming Arctic*; Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni, 2004, 140 p.
- Arctic Monitoring and Assessment Program. *Arctic Pollution, 2002*, AMAP Secretariat, Oslo, Norvège, 2002, 112 p.
- Arctic Monitoring and Assessment Program. *Assessment 2002 (2003) Human health in the Arctic*, Arctic Monitoring and Assessment Program Secretariat, Oslo, Norvège, 2003, 137 p.
- Baechler, G. « Why environmental transformation causes violence: a synthesis », *Environmental Change and Security Project Report*, vol. 4, printemps, 1998, pp. 24-44.
- Barange, M., F. Werner, I. Perry et M. Fogarty. « The tangled web: global fishing, global climate, and fish stock fluctuations », *Global Change Newsletter*, vol. 56, 2003, pp. 24-27.
- Barnett, J. et W. N. Adger. « Climate dangers and atoll countries », *Climatic Change*, vol. 61, n° 3, 2003, pp. 321-337.
- Barnett, T.P., J.C. Adam et D.P. Lettenmaier. « Potential impacts of a warming climate on water availability in snow-dominated regions », *Nature*, vol. 438, n° 7066, 2005, pp. 303-309.
- Barnett, T.P., D.W. Pierce et R. Schnur. « Detection of anthropogenic climate change in the world's oceans », *Science*, vol. 292, n° 5515, 2001, pp. 270-274.
- Beamish, R.J., D.J. Noales, G.A. McFarlane, L. Klyashorin, V.V. Ivanov et V. Kurashov. « The regime concept and natural trends in the production of Pacific salmon », *Journal canadien des sciences halieutiques et aquatiques*, vol. 56, n° 3, 1999, pp. 516-526.
- Berger, A. et M.F. Loutre. « An exceptionally long interglacial ahead? », *Science*, vol. 297, n° 5585, 2002, pp. 1287-1288.
- Berner, J., C. Furgal, P. Bjerregaard, M. Bradley, T. Curtis, E. De Fabo, J. Hassi, W. Keatinge, S. Kvernmø, S. Nayha, H. Rintamaki et J. Warren. « Human health »; dans *Arctic Climate Impact Assessment*; Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni, 2005, pp. 863-906.
- Bhartendu, S. et S. J. Cohen. « Impact of CO₂-induced Climate Change on Residential Heating and Cooling Energy Requirements in Ontario, Canada », *Energy and Buildings*, vol. 10, n° 2, 1987, pp. 99-108.
- Black, R. *Environmental refugees: myth or reality?*, Working Paper No. 34, University of Sussex, Brighton, Royaume-Uni, mars, 2001, 20 p., <<http://unhcr.org/research/RESEARCH/3ae6a0d00.pdf>>, [consultation : 28 juin 2007].
- Brander, K.M. « Cod recruitment is strongly affected by climate when stock biomass is low », *ICES Journal of Marine Science*, vol. 62, n° 3, 2005, pp. 339-343.
- Brooks, N. *Drought in the African Sahel: long-term perspectives and future prospects*, Working Paper 61, Tyndall Centre for Climate Change Research, Université d'East Anglia, Norwich, Royaume-Uni, octobre, 2004, 37 p.
- Brown, T.J., B.L. Hall et A.L. Westerling. « The impact of twenty-first century climate change on wildland fire danger in the western United States: an applications perspective », *Climatic Change*, vol. 62, n° 1-3, 2004, pp. 365-388.
- Bruce, J.P. « Oil and water - will they mix in a changing climate? The Athabasca River story »; dans *Implications of a 2° global temperature rise on Canada's water resources*; rapport rédigé pour le Sage Centre, 2006, pp. 12-25, <<http://www.sagecentre.org/sage/sagereport.pdf>>, [consultation : 10 mai 2007].
- Bruce, J.P., W.T. Dickinson et D. Lean. *Planning for Extremes, Soil and Water Conservation Society*, Ontario, 2006, 70 p., <http://www.swcs.org/documents/Planning_for_Extremes.pdf>, [consultation : 25 juin 2007].
- Bruce, J.P., H. Martin, P. Colucci, G. McBean, J. McDougall, D. Shrubsole, J. Whalley, R. Halliday, M. Alden, L. Mortsch et B. Mills. *Climate change impacts on boundary and transboundary water management*, Ressources naturelles Canada, Fonds d'action pour le changement climatique, Projet A458/402, 2003, 161 p., <<http://www.saskriverbasin.ca/Resources/Climatechangestudy/Final%20Report%20A458-402%20CCAF.pdf>>, [consultation : 10 mai 2007].
- Caires, S., V.R. Swail et X.L. Wang. « Projection and analysis of extreme wave climate »; *Journal of Climate*, vol. 19, n° 21, 2006, pp. 5581-5605.
- Campbell-Lendrum, D., A. Parias-Ustun et C. Corvalan. « How much disease could climate change cause? », dans *Climate Change and Health Risks*, Organisation mondiale de la santé, Genève, Suisse, 2003, pp. 133-158.
- Carroll, A.L., S.W. Taylor, J. Régnière et L. Safranyik. « Effects of climate change on range expansion by the mountain pine beetle in British Columbia », dans *Mountain Pine Beetle Symposium: Challenges and Solutions*, T.L. Shore, J.E. Brooks et J.E. Stone (éd.), Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts, Centre de foresterie du Pacifique, rapport d'information BC-X-399, 30-31 octobre 2003, Kelowna (Colombie-Britannique), 2004, pp. 223-232.
- Castles, S. et M. J. Miller. *The Age of Migration: International Population Movements in the Modern World*, The Guildford Press, New York, New York, 1993, 306 p.
- Charnovitz, S. « Trade and climate: potential conflicts and synergies », dans *Beyond Kyoto: Advancing the International Effort Against Climate Change*, Pew Center on Global Climate Change, Arlington, Virginie, 2003, pp. 141-170.
- Charron, A. « Le passage du nord-ouest »; *Revue militaire canadienne*, vol. 6, n° 4, 2005, pp. 41-48, <http://www.journal.forces.gc.ca/engraph/Vol6/No4/PDF/06-North3_e.pdf>, [consultation : 26 juin 2007].
- Chen, T.-C., S.-Y. Wang, W.-R. Huang et C.-H. Yen. « Variation of the East Asian summer monsoon rainfall », *Journal of Climate*, vol. 17, n° 4, 2004, pp. 744-762.
- Cheng, C.S., H. Auld, G. Li, J. Klaassen et Q. Li. *Differential and combined impacts of winter and summer weather and air pollution due to global warming on human mortality in South Central Canada, Santé Canada*, Programme de recherches sur les politiques en matière de santé, 2001 Projet 6795-15-2001, 2005, 233 p.
- Christensen, N. S., A. W. Wood, N. Voisin, D. P. Lettenmaier et R. N. Palmer. « The effects of climate change on the hydrology and water resources of the Colorado River », *Climatic Change*, vol. 62, n° 1-3, 2004, pp. 337-363.
- Citoyenneté et Immigration Canada. *Faits et chiffres : aperçu de l'immigration - Résidents permanents et temporaires*, Direction générale de la recherche et de l'évaluation, Citoyenneté et Immigration Canada, Ottawa, 2006, 122 p.
- Cohen, S.J., R. DeLoe, A. Hamlet, R. Harrington, L. Mortsch et D. Shrubsole. « Menaces intégrées et cumulatives pour la disponibilité de l'eau », dans *Menaces pour la disponibilité de l'eau au Canada*, Institut national de recherches sur les eaux, Environnement Canada, Burlington, Ontario, 2004, pp. 117-127.
- Cohen, S.J., K.A. Millar, A.V. Hamlet et W. Avis. « Climate change and resource management in the Columbia River Basin », *Water International*, vol. 25, n° 2, 2000, pp. 253-272.

- Colombo, A.F., D. Etkin et B. W. Karney. « Climate variability and the frequency of extreme temperature events for nine sites across Canada: implications for power usage », *Journal of Climate*, vol. 12, n° 8, 1999, pp. 2490-2502.
- Comité Canada-États-Unis sur la qualité de l'air. *Rapport d'étape 2006*, Commission mixte internationale, Ottawa (Ontario), 2006, 86 p., <http://www.ec.gc.ca/cleanair-airpur/caol/canus/report/2006canus/toc_f.cfm>, [consultation : 15 février 2007].
- Commission canadienne du tourisme. *Faits et chiffres sur le tourisme canadien 2004*, Commission canadienne du tourisme, 2005, 1 p., <http://www.corporate.canada.travel/docs/research_and_statistics/stas_and_figures/F_F_Brochure2004_F.pdf>, [consultation : 15 février 2007].
- Commission mixte internationale. *The IJC and the 21st century: response of the IJC to a request by the governments of Canada and the United States for proposals on how to best assist them to meet the environmental challenges of the 21st century*, Commission mixte internationale, 1997, 59 p.
- Conseil de la qualité de l'eau des Grands Lacs. *Climate change and water quality in the Great Lakes Basin*, rapport remis à la Commission mixte internationale, 2005, 213 p.
- Cosidine, T. J. « The impacts of weather variations on energy demand and carbon emissions », *Resource and Energy Economics*, vol. 22, n° 4, 2000, pp. 295-314.
- Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques. Background paper on share of proceeds to assist in meeting the costs of adaptation, atelier de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques portant sur le Fonds d'adaptation, du 3 au 5 mai 2006, Edmonton (Alberta), 2006, <http://unfccc.int/meetings/workshops/other_meetings/items/3672.php>, [consultation : 10 mai 2007].
- Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques. The Nairobi work program on impacts, vulnerability and adaptation to climate change, Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, 2007, 6 p., <http://unfccc.int/files/adaptation/sbsta_agenda_item_adaptation/application/pdf/bacground_on_nwp_v2.pdf>, [consultation : 17 mai 2007].
- Corti, S., F. Molteni et T.N. Palmer. « Signature of recent climate change in frequencies of natural atmospheric circulation regimes », *Nature*, vol. 398, n° 6730, 1999, pp. 799-802.
- Cosbey, A., L. Assunção, et S. Saba. *Implications, including for development, of the interface between environment and trade policies for oil exporting countries*, United Nations conference on Trade and Development (UNCTAD), Genève, Suisse, 2003, 85 p.
- Cragg, M. et M. Kahn. « New estimates of climate demand: evidence from location choice », *Journal of Urban Economics*, vol. 42, n° 2, 1997, pp. 261-284.
- Dai, A.K., E. Trenberth et T. Qion. « A global data set of Palmer Drought Severity Index for 1870-2002 », *Journal of Hydrometeorology*, vol. 5, n° 6, 2004, pp. 1117-1130.
- Deane, G. et M.P. Gutmann. « Blowin' down the road: investigating bilateral causality between dust storms and population in the Great Plains », *Population Research and Policy Review*, vol. 22, n° 2, 2003, pp. 297-331.
- de Freitas, C., D. Scott et G. McBoyle. « A new generation climate index for tourism and recreation », dans *Advances in Tourism Climatology*, A. Matzarakis, C. de Freitas et D. Scott (éd.), Berichte des Meteorologischen Institutes der Universität, Freiburg, Allemagne, 2004, pp. 19-26.
- Déry, S.J., M. Steiglitz, E.E. 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.
- Dewailley, E. et C. Furgal. « POPs, the environment and public health », dans *Northern Lights Against POPs: Combatting Toxic Threats in the Arctic*, D. Downie et T. Fenge (éd.), McGill-Queen's University Press, Montréal (Québec) et Kingston (Ontario), 2003, pp. 3-21.
- Drinkwater, K.F. « A review of the role of climate variability in the decline of the northern cod », *American Fisheries Society Symposium*, vol. 32, 2002, pp.113-130.
- Drinkwater, K.F. « The response of Atlantic cod (*Gadus morhua*) to future climate change », *ICES Journal of Marine Science*, vol. 62, n° 7, 2005, pp. 1327-1337.
- Duckworth, B. « Australian drought alters auction business », *The Western Producer*, 6 juin, 2007, <<http://www.producer.com/free/editorial/news.php?iss=2007-06-14&sec=news&sto=60>>, [consultation : 3 juillet 2007].
- Dumas, J.A., G.M. Flato et R.D. Brown. « Future projections on landfast ice thickness and duration of the Canadian Arctic », *Journal of Climate*, vol. 19, n° 20, 2006, pp. 5175-5189.
- Easterling, W., P. Aggarwal, P. Batima, K. Brander, L. Erda, M. Howden, A. Kirilenko, J. Morton, J.F. Soussana, J. Schmidhuber et F. Tubiello. « Food, fibre and forest products », chapitre 5 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, Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New York, New York, 2007.
- Edwards, A. G. « Global warming from an energy perspective », chapitre 8 dans *Global Climate Change and California: Potential Impacts and Responses*, J. B. Knox et A. Foley Scheuring (éd.), University of California Press, Berkeley, Californie, 1991, pp. 150-159.
- El-Hinnawi, E. *Environmental Refugees, Programme pour l'environnement des Nations Unies*, Nairobi, Kenya, 1985, 41 p.
- Emmanuel, K. « Increasing destructiveness of tropical cyclones over the past 30 years », *Nature*, vol. 436, n° 4, 2005, pp.686-688.
- Energy Information Administration. *Annual Energy Outlook 2006 with Projections to 2030*, Department of Energy, Energy Information Administration, DOE/EIA-0383(2006), Washington, D.C., 2006, 12 p.
- Faust, E. « Ocean temperatures and cyclone intensities worldwide »; dans *Georisks: Changing Hurricane Risk*; rapport rédigé pour le Munich Reinsurance Group, Munich, Allemagne, 2006, 11 p., <http://www.munichre.com/app_resources/pdf/ts/geo_risks/changing_hurricane_risk_2_en.pdf>, [consultation : 10 mai 2007].
- Fédération internationale des Sociétés de la Croix-Rouge et du Croissant-Rouge. *World disasters report - focus on community resilience*, Kumariam Press Inc., Bloomfield, Connecticut, 2004, <<http://www.ifrc.org/publicat/wdr2004/index.asp>>, [consultation : 25 juin 2007].
- Fenech, A., M. Murphy, D. MacIver, H. Auld et R. Bing Rong. *The Americas: building the adaptive capacity to global environmental change*, Environnement Canada, Service météorologique, Groupe AIR, Publication hors-série n° 5, 2005, 20 p.
- Findlay, B.F. et L. Spicer. « Impact of climatic warming on residential consumption of natural gas in Canada », *Climatological Bulletin*, vol. 22, n° 2, 1988, pp. 3-13.
- Fischer, G., M. Shah et H. van Velthuizen. *Climate change and agricultural vulnerability*, International Institute for Applied Systems Analysis, Vienne, Autriche, 2002, 160 p., <<http://www.iiasa.ac.at/Research/LUC/IB-Report.pdf>>, [consultation : 25 juin 2007].
- Flannigan, M., I. Campbell, M. Wotton, C. Carcaillet, P. Richard et Y. Bergeron. « Future fire in Canada's boreal forest: paleoecology results and general circulation model - regional climate model simulations », *Revue canadienne de recherche forestière*, vol. 31, n° 5, 2001, pp. 854-864.
- Flannigan, M.D., K.A. Logan, B.D. Amiro, W.R. Skinner et B.J. Stocks. « Future area burned in Canada », *Climatic Change*, vol. 72, 2005, pp. 1-16.
- Folland, C.K., T.R. Karl, J.R. Christy, R.A. Clarke, G.V. Gruza, J. Jouzel, M.E. Mann, J. Oerlemans, M.J. Salinger et S.-W. Wang. « Observed climate variability and change », dans *Climate Change 2001: The Scientific Basis*, 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, 2001, pp. 99-181.
- Frederick, K.D. et P. H. Gleick. *Water and global climate change: potential impacts on US water resources*, Pew Center on Global Climate Change, Arlington, Virginie, 1999, 48 p.
- G8 Gleneagles. Communiqué - changements climatiques, énergie propre et développement durable; United Kingdom Foreign and Commonwealth Office, 2005, 32 p., <<http://www.fco.gov.uk/Files/klfile/FR-%20decl%20climat-%20juillet.doc>>, [consultation : 25 juin 2007].
- Gillett, N.P. et A.J. Weaver. « Detecting the effect of climate change on Canadian forest fires », *Geophysical Research Letters*, vol. 31, no 18, (L18211), 2004, pp. 1-4.
- Gleick, P.H. « Environment, resources and international security and politics », dans *Science and International Security: Responding to a Changing World*, E.H. Arnett (éd.), American Association for the Advancement of Science, Washington, D.C., 1990, pp. 501-523.
- Gleick, P.H. et E.L. Chalecki. « The impacts of climate changes for water resources of the Colorado and Sacramento-San Joaquin River basins », *Journal of the American Water Resources Association*, vol. 35, n° 6, 1999, pp. 1429-1441.
- Global Environment Facility. *Status report on the climate change funds*; Global Environment Facility, GEF/C.28/4/Rev.1, 2006, 34 p., <http://www.gefweb.org/Documents/Council_Documents/GEF_C28/documents/C.28.4.Rev.1ClimateChange.pdf>, [consultation : 21 mai 2007].
- Gössling, S. et C.M. Hall. « Uncertainties in predicting tourist flows under scenarios of climate change », *Climate Change*, vol. 70, n° 3-4, 2006, pp. 163-173.
- Groisman, P.Y., R.W. Knight, D.R. Easterling, T.R. Karl, G.C. Hegerl et V.N. Razuvaev. « Trends in intense precipitation in the climate record », *Journal of Climate*, vol. 18, n° 9, 2005, pp. 1326-51.
- Groupe d'experts intergouvernemental sur le changement climatique. *Equity and social considerations related to climate change*, compte-rendu de l'atelier du Groupe de travail III, Nairobi, Kenya, ICIPE Science Press, 1994, 441 p.
- Groupe d'experts intergouvernemental sur le changement climatique. « 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, <<http://www.ipcc.ch/pub/reports.htm>>, [consultation : 6 mai 2007].
- 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, 1032 p., <<http://www.ipcc.ch/pub/reports.htm>>, [consultation : 6 mai 2007].
- Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. *Changement climatique 2001. Rapport de synthèse*, contribution des Groupes de travail I, II et III au Troisième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur

- l'évolution du climat, R.T. Watson et l'équipe de rédaction principale, (éd.), Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New York, New York, 2001c, 397 p., <<http://www.ipcc.ch/pub/reports.htm>>, [consultation : 6 mai 2007]. 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. Tignot et H.L. Miller (éd.); Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New York, New York, 2007a, pp. 1-18, <<http://www.ipcc.ch/SPM2feb07.pdf>>, [consultation : 6 mai 2007].
- 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. Palutikof, P.J. van der Linden et C.E. Hanson (éd.); Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New York, 2007b, pp. 7-22, <<http://www.ipcc.ch/SPM6avr07.pdf>>, [consultation : 6 mai 2007].
- Gruber, A. et V. Levizzani. « Assessment shows no trend in global precipitation »; *GEWEX News*, vol. 16, n° 4, 2006, pp. 6-8.
- Gulev, S.K. et V. Grigorjeva. « Last century changes in ocean wind-wave heights from global visual wave data », *Geophysical Research Letters*, vol. 31, n° 24, (L24302), 2004, pp. 1-4.
- Gulev, S.K. et L. Hasse. « Changes in wind waves in the North Atlantic over the last 30 years », *International Journal of Climatology*, vol. 19, n° 10, 1999, pp. 1091-1117.
- Hamilton, J. M., D. J. Maddison et R. S. J. Tol. « Climate change and international tourism: A simulation study », *Global Environmental Change*, vol. 15, n° 3, 2005, pp. 253-266.
- Handmer, J.A. « Adaptive capacity: what does it mean in the context of natural hazards? », dans *Climate Change, Adaptive Capacity and Development*, J.B. Smith, R.J.T. Klein et S. Huq (éd.), Imperial College Press, Londres, Royaume-Uni, 2003, pp. 51-70.
- Harley, C.D.G., R.A. Hughes, K.M. Hultgren, B.G. Miner, C.J.B. Sorte, C.S. Thornber, L.F. Rodriguez, L. Tomanek et S.L. Williams. « The impacts of climate change in coastal marine systems », *Ecology Letters*, vol. 9, n° 2, 2006, pp. 228-241.
- Haut Commissariat des Nations Unies pour les réfugiés. *The state of the world's refugees: the challenge of protection*, Haut Commissariat des Nations Unies pour les réfugiés, Genève, Suisse, 1993, <<http://www.unhcr.org/publ/3ef964df4.html>>, [consultation : 3 juillet 2007].
- Haut Commissariat des Nations Unies pour les réfugiés. *Convention and protocol relating to the status of refugees*, Haut Commissariat des Nations Unies pour les réfugiés, Genève, Suisse, 2006, <<http://www.unhcr.org/protect/PROTECTION/3b66c2aa10.pdf>>, [consultation : 3 juillet 2007].
- Haut Commissariat des Nations Unies pour les réfugiés. *2004 global refugee trends*, Haut Commissariat des Nations Unies pour les réfugiés, Genève, Suisse, 2005, 91 p., <<http://www.unhcr.org/statistics/STATISTICS/42b283744.pdf>>, [consultation : 3 juillet 2007].
- Hogg, E.H., J.P. Brandt et B. Kochtubajda. « Growth and dieback of aspen forests in northwestern Alberta, Canada, in relation to climate and insects », *Revue canadienne de recherche forestière*, vol. 32, n° 5, 2002, pp. 823-832.
- Homer-Dixon, T. « On the threshold: environmental change as causes of acute conflict », *International Security*, vol. 16, n° 2, 1991, pp. 76-116.
- Hulme, M. *Abrupt climate change: can society cope?*, Tyndall Centre for Climate Change Research, Université d'East Anglia, Norwich, Royaume-Uni, Working Paper n° 30, mars, 2003, 23 p.
- Human Security Centre. *Human Security Report 2005: War and Peace in the 21st Century*; Oxford University Press, New York, New York, 2005, 170 p.
- Independent Electricity System Operator. « The Ontario reliability outlook », *Independent Electricity System Operator*, Toronto, Ontario, vol. 1, n° 2, 2006, 24 pp., <http://www.ieso.ca/imoweb/pubs/marketReports/ORO_Report-2006-1-2.pdf>, [consultation : 10 mai 2007].
- Industrie Canada. *Données sur le commerce en direct*, Industrie Canada, 2006, <http://strategis.gc.ca/sc_mrkt/tdst/frmdoc/tr_homep.html>, [consultation : 25 juin 2007].
- International Strategy for Disaster Reduction. « The 2004 hurricane season in the Caribbean caused losses that exceeded \$2.1 billion », *Newsletter ISDR Inform*, n° 10, 2005a, <http://www.eird.org/eng/revista/No10_2005/art9.htm>, [consultation : 17 mai 2007].
- International Strategy for Disaster Reduction (2005b): « Hyogo declaration Kobe, Hyogo, Japan 18-22 January 2005 », *Newsletter ISDR Inform*, n° 10, 2005b, <http://www.eird.org/eng/revista/No10_2005/art3.htm>, [consultation : 17 mai 2007].
- International Union for Conservation of Nature. « Livelihoods and climate change », *Information Paper*, n° 3, décembre, 2003, 4 p.
- Irland, L., D. Adams, R. Alig, C.J. Betz, C. Chen, M. Hutchins, B. A. McCarl, K. Skog et B.L. Sohngen. « Assessing socioeconomic impacts of climate change on U.S. forest, wood-product markets, and forest recreation », *Bioscience*, vol. 51, n° 9, 2001, pp. 753-764.
- Jacobson, J. *Environmental refugees: a yardstick of habitability*, Worldwatch Institute, Worldwatch Paper 86, Washington, D.C., 1988, 46 p.
- Johannessen, O.M., L. Bengtsson, M.W. Miles, S.I. W., 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 modeled temperature and sea-ice variability », *Tellus*, vol. 56A, 2004, pp. 328-341.
- Jones, B. et D. Scott. « Climate change, seasonality and visitation to Canada's national parks », *Journal of Parks and Recreation Administration*, vol. 24, n° 2, 2006, pp. 42-62.
- Judek, S., B. Jessiman, D. Stieb et R. Vet. *Estimation de la surmortalité causée par la pollution atmosphérique au Canada : résumés et résultats*, Santé Canada et Environnement Canada, août, 2004, 10 p.
- Jurado-Molina J. et P. Livingston. « Climate-forcing effects on trophically linked groundfish populations: implications for fisheries management », *Journal canadien des sciences halieutiques et aquatiques*, vol. 59, n° 12, 2002, pp. 1941-1951.
- Kaser, G., J.G. Cogley, M.B. Dyurgerov, M.F. Meier et A. Ohmura. « Mass balance of glaciers and ice caps: consensus estimates for 1961-2004 », *Geophysical Research Letters*, vol. 33, n° 19, (L19301), 2006, doi:10.1029/2006GL027511.
- Kent, M.L. et T. T. Poppe. *Diseases of seawater netpen-reared salmonid fish*, Pêches et Océans Canada, Station biologique du Pacifique, Nanaimo, Colombie-Britannique, 1998, 137 p.
- Klein, R.J.T., M. Alam, I. Burton, W.W. Dougherty, K.L. Ebi, M. Fernandes, A. Huber-Lee, A.A. Rahman et C. Swartz. *Application of environmentally sound technologies for adaptation to climate change*; Secrétariat de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, Publication technique FCCC/TP/2006/2, Bonn, Allemagne, 2006, 107 p.
- Knutson, T.R. et R.E. Tuleya. « Impact of CO₂ induced warming on simulated hurricane intensity and precipitation: sensitivity to the choice of climate model and convective parameterization », *Journal of Climate*, vol. 17, n° 18, 2004, p. 3477-3495.
- Kovacs, P.J.E. « Lessons from Katrina - preserving a civil society in the face of disaster », *Perception*, vol. 28, n° 1-2, 2005, pp. 4-6.
- Kovats, R.S. et Jendritzky. « Heat waves and human health », dans *Climate Change and Adaptation Strategies for Human Health*, B. Menne et K.L. Ebi (éd.), Springer-Verlag, Berlin, Allemagne, 2005, pp. 63-98.
- Kovats R.S., K. Ebi et B. Menne. *Methods of assessing human health vulnerability and public health adaptation to climate change*; Organisation mondiale de la santé, Santé Canada, Programme pour l'environnement des Nations Unies et Organisation météorologique mondiale, Copenhague, Danemark, Health and Global Environmental Change Series, n° 1, 2003, <<http://www.euro.who.int/document/e81923.pdf>>, [consultation : 28 juin 2007].
- Lal, M., H. Harasawa, D. Murdiyaro, W.N. Adger, S. Adhikary, M. Ando, Y. Anokhin, R.V. Cruz, M. Ilyas, Z. Kopaliani, F. Lansigan, C. Li, A. Patwardhan, U. Safriel, H. Suharyono et X. Zhang. « Asia », dans *Climate Change 2001: The Scientific Basis*, 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, 2001, pp. 533-590.
- Lambert, S.J. « Intense extratropical Northern Hemisphere winter cyclone events: 1899-1991 », *Journal of Geophysical Research*, vol. 101, n° 16, 1996, pp. 21 319-21 325.
- Lambert, S.J. et J.C. Fyfe. « Changes in winter cyclone frequencies and strengths simulated in enhanced greenhouse warming experiments: results from the models participating in the IPCC diagnostic exercise », *Climate Dynamics*, vol. 26, n° 7-8, 2006, pp. 713-728.
- Leighton, M. *Environmental Degradation and Migration: The U.S.-Mexico Case Study*, *Global Environmental Change and Human Security Project Report 4*, 1998, pp. 61-67.
- Lemmen, D.S. et F.J. Warren. *Impacts et adaptation liés aux changements climatiques : perspective canadienne*, Gouvernement du Canada, 2004, 190 p.
- Li, C., M.D. Flannigan et I.G.W. Corns. « Influence of potential climate change on forest landscape dynamics of west-central Alberta », *Revue canadienne de recherche forestière*, vol. 30, n° 12, 2000, pp. 1905-1912.
- Lise, W. et R.S.J. Tol. « Impact of climate on tourist demand », *Climatic Change*, vol. 55, n° 4, 2002, pp. 429-449.
- Loftus, M. « Travel tactics for a changing world », *National Geographic Traveler*, 2005, pp. 16-20.
- Loneragan, S. The role of environmental degradation and population displacement, *Global Environmental Change and Human Security Project Report 4*, 1998, pp. 5-15.
- Macdonald, R. W., T. Harner, J. Fyfe, H. Loeng et T. Weingartner. *AMAP Assessment 2002: the influence of global change on contaminant pathways to, within, and from the Arctic*, Arctic Monitoring and Assessment Programme, Oslo, Norvège, 2003, 65 p.
- Maddison, D. « In search of warmer climates? The impact of climate change on flows of British tourists », *Climatic Change*, vol. 49, n° 1-2, 2001, pp. 193-208.
- Magnusson, M. *Climate and trade rules: harmony or conflict?*, Kommerskollegium (Chambre de commerce nationale), Stockholm, Suède, 2004, 107 p.
- Mansur, E., R.O. Mendelsohn et W. Morrison. *A discrete-continuous choice model of climate change impacts on energy*, School of Management, Yale University, New Haven, Connecticut, Working Paper 43, 2005.
- Mark, B.G. et G.O. Seltzer. « Tropical glacial meltwater contribution to stream discharge: a case study in the Cordillera Blanca », Peru, *Journal of Glaciology*, vol. 49, n° 165, 2003, pp. 271-281.
- McCabe, G.J., M.P. Clark et M.C. Serreze. « Trends in northern hemisphere surface cyclone frequency and intensity », *Journal of Climate*, vol. 14, n° 12, 2001, pp. 2763-2768.
- McCarthy, J.J., M. Long Martello, R. Correll, N. Eckley Selin, S. Fox, G. Hovelsrud-Broda, S.D. Mathiesen, C. Polsky, 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.

- McGranahan, G., D. Balk et B. Anderson. « Low coastal zone settlements », *Tiempo*, n° 59, 2006, pp. 23-26.
- McGranahan, G., D. Balk et B. Anderson. « The rising tide: assessing the risks of climate change and human settlements in low elevation coastal zones », *Environment and Urbanization*, vol. 19, 2007, pp. 17-37.
- McLean, R.F.A. Tsyban, V. Burkett, J.O. Codignotto, D.L. Forbes, N. Mimura, R.J. Beamish et V. Ittekkot. « Coastal zones and marine ecosystems », dans *Climate Change 2001: The Scientific Basis*, 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, 2001, pp. 533-590.
- McLeman, R. et B. Smit. « Assessing the security implications of climate change-related migration, human security and climate change », atelier sur la sécurité humaine et le changement climatique, 21 au 23 juin, Asker, Norvège; Centre for International Climate and Environmental Research, Oslo, 20 p., <<http://www.cicero.uio.no/humsec/papers/McLeman&Smit.pdf>>, [consultation : 10 mai 2007].
- Medlyn, B.E., R.E. McMurtrie, R.C. Dewar et M.P. Jeffreys. « Soil processes dominate the long-term response of forest net primary productivity to increased temperature and atmospheric CO₂ concentration », *Revue canadienne de recherche forestière*, vol. 30, n° 6, 2000, pp. 873-888.
- Meehl, G.A. et C. Tebaldi. « More intense, more frequent and longer lasting heat waves in the 21st century », *Science*, vol. 305, 2004, pp. 994-997.
- Mercier, G. « Secteur de l'énergie », dans *Étude pan-canadienne sur la variabilité et le changement climatique*, Environnement Canada, Questions sectorielles, vol. 7, Ottawa, 1998, pp. 417-439.
- Miller, K.A. « Pacific salmon fisheries: climate, information and adaptation in a conflict-ridden context », *Climatic Change*, vol. 45, n° 1, 2000, pp. 37-61.
- Mills, E. « Insurance in a climate of change », *Science*, vol. 309, n° 12, 2005, pp. 1040-1044.
- Morgan, G., J. Apt et L. Lave. *The U.S. electric power sector and climate change mitigation*, Pew Center on Global Climate Change, Arlington, Virginie, 2005, 95 p.
- Mortsch, L., M. Alden et J. D. Scheraga. *Climate change and water quality in the Great Lakes region*, Commission mixte internationale, rapport remis au Conseil de la qualité de l'eau, 2003, 135 p.
- Mortsch, L., H. Hengeveld, M. Lister, B. Lofgren, F. Quinn, M. Slivitzky et L. Wenger. « Climate change impacts on the hydrology of the Great Lakes-St. Lawrence system », *Revue canadienne des ressources hydrologiques*, vol. 25, n° 2, 2000, pp. 153-179.
- Mote, P., A.F. Hamlet, M.P. Clark et D.P. Lettenmaier. « Declining mountain snowpack in western North America », *Bulletin of the American Meteorological Society*, vol. 86, n° 1, 2005, pp. 1175-1186.
- Mote, P.W., E. Parson, A.F. Hamlet, W.S. Keeton, D. Lettenmaier, N. Mantua, E. Miles, D.W. Peterson, D.L. Peterson, R. Slaughter et A. Snover. « Preparing for climatic change: the water, salmon, and forests of the Pacific Northwest », *Climatic Change*, vol. 61, n° 1-2, 2003, pp. 45-88.
- Müller, B. The Nairobi Climate Change Conference: a breakthrough for adaptation funding, Oxford Energy and Environment Comment, Oxford Institute for Energy Studies, 2007, 3 p., <http://www.oxfordenergy.org/pdfs/comment_0107-1.pdf>, [consultation : 25 juin 2007].
- Munich Reinsurance. *Annual review, natural catastrophes 2005*, Knowledge Series, Munich, Allemagne, 2006, 56 p.
- Myers, N. « Environmental refugees in a globally warmed world », *Bioscience*, vol. 43, n° 11, 1993, pp. 752-761.
- Myers, N. « Environmental refugees: an emergent security issue », présentation faite lors du 13e Forum économique, Organisation pour la sécurité et la coopération en Europe, Prague, République tchèque, du 23 au 27 mai, 2005, 5 p., <http://www.osce.org/documents/eea/2005/05/14488_en.pdf>, [consultation : 25 juin 2007].
- Myers, N. et J. Kent. Environmental exodus: an emergent crisis in the global arena, The Climate Institute, Washington, D.C., 1995, 214 p.
- Mysak, L. A. *Variabilité et changement climatiques et les aménagements hydroélectriques dans le nord du Québec*, Bureau de soutien de l'examen public du projet Grande Baleine, Montréal, Évaluation environnementale du projet Grande Baleine, Dossier-synthèse n° 1, 1993, 98 p.
- Nations Unies. *Rapport du Sommet mondial pour le développement durable*, Johannesburg, Afrique du Sud, du 26 août au 4 septembre 2002, Nations Unies, 2002, 176 p., <http://www.unmillenniumproject.org/documents/131302_wssd_report_reissued.pdf>, [consultation : 10 mai 2007].
- Nemani, R.R., C.D. Keeling, H. Hashimoto, W.M. Jolly, S.C. Piper, C.J. Tucker, R.B. Myneni et S.W. Running. « Climate-driven increases in global terrestrial net primary production from 1982-1999 », *Science*, vol. 300, n° 5625, 2003, pp. 1560-1563.
- New Zealand Immigration Service. *Bringing the family together*, New Zealand Immigration Service, 2005, <<http://www.immigration.govt.nz/migrant/stream/live/>>, [consultation : 15 février 2007].
- Office national de l'énergie. *L'avenir énergétique au Canada : scénarios sur l'offre et la demande jusqu'à 2025*, Office national de l'énergie, Calgary (Alberta), 2003, 100 p.
- Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture. *Water: a shared responsibility*, *The United Nations World Water Development Report 2*, 2006, 584 p.
- Organisation météorologique mondiale. *Prévention des catastrophes naturelles et atténuation de leurs effets*, Organisation météorologique mondiale, no 993, Genève, Suisse, 2006, 34 p.
- Parry, M., N. Arnell, T. McMichael, R. Nicholls, P. Martins, S. Kovats, M. Livermore, C. Rosenzweig, A. Iglesias et G. Fischer. « Millions at risk: defining critical climate change threats and targets », *Global Environmental Change*, vol. 11, n° 3, 2001, pp. 1-3.
- Parry, M.L., O.F. Canziani, J.P. Palutikof et coll. "technical Summary", 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. Palutikof, P.J. van der Linden et C.E. Hanson (éd.), Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni, 2007, pp. 23-78.
- Parry, M.L., M. Livermore, C. Rosenzweig, A. Iglesias et G. Fischer. « The impacts of climate change on food supply », dans *Climate Change and its Impacts: Stabilisation of CO₂ in the Atmosphere*, The Met Office, Bracknell, Royaume-Uni, 1999, 28 p.
- Parry, M.L., C. Rosenzweig, A. Iglesias, M. Livermore et G. Fischer. « Effects of climate change on global food production under SRES emissions and socio-economic scenarios », *Global Environmental Change*, vol. 14, n° 1, 2004, pp. 53-67.
- Patz, J. « Extreme precipitation linked to waterborne disease outbreaks », *Inter American Institute Newsletter*, vol. 26, 2001, pp. 15-16.
- Patz, J.A., D. Campbell-Lendrum, T. Holloway et J.A. Foley. « Impact of regional climate change on human health », *Nature*, vol. 438, n° 7066, 2005, pp. 310-317.
- Payne, J.T., A.W. Wood, A.F. Hamlet, R.N. Palmer, et D.P. Lettenmaier. « Mitigating the effects of climate change on the water resources of the Columbia Basin », *Climatic Change*, vol. 62, n° 1-3, 2004, pp. 233-256.
- Pêches et Océans Canada. *Exportations intérieures de certaines marchandises par principaux marchés et pays*, Pêches et Océans Canada, Services statistiques, 2005, <http://www.dfmpo.gc.ca/communic/statistics/trade/canadian_trade/export_data/xmkt06_f.htm>, [consultation : 28 juin 2007].
- Peng, S., J. Huang, J.E. Sheehy, R.C. Laza, R.M. Visperas, X. Zhong, G.S. Centeno, G.S. Khush et K.G. Cassman. « Rice yields decline with higher night temperature from global warming », *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 101, n° 27, 2004, pp. 9971-9975.
- Pierce, D.W., T.P. Barnett, K.M. Achutq-Rao, P.J. Glocker, J.M. Gregory, et W.M. Washington. « Anthropogenic warming of the oceans: observations and model results », *Journal of Climate*, vol. 19, n° 10, 2006, pp. 1873-1900.
- Programme des Nations Unies pour l'environnement. *Afrique : les conséquences des changements climatiques - cartes et graphiques essentiels*, Programme des Nations Unies pour l'environnement, 2002, <<http://www.grida.no/climate/vitalafrica/français/index.htm>>, [consultation : 15 février 2007].
- Pulwarty, R.S. « Transboundary river flow changes », dans *Handbook of Climate, Weather and Water: Atmospheric Chemistry, Hydrology and Societal Impacts*, T.D. Potter et B.R. Colman (éd.), John Wiley and Sons, Hoboken, New Jersey, 2002, pp. 865-884.
- Raban, R.R. « Climatic change and hydroelectric production », dans *Proceedings of the Symposium on the Impacts of Climatic Change and Variability on the Great Plains*, G. Wall (éd.), Occasional paper 12, University of Waterloo, Department of Geography Publication Series, Publication hors-série n° 12, Waterloo (Ontario), 1991, pp. 309-315.
- Rayner, N.A., D.E. Parker, E.B. Horton, C.K. Folland, L.V. Alexander, D.P. Rowell, E.C. Kent et A. Kaplan. « Global analyses of sea surface temperatures, sea ice, and night marine air temperatures since the late 19th century », *Journal of Geophysical Research*, vol. 108, n° 14, 2003, pp. ACL 2-1-ACL 2-29.
- Reid, H. et M. Alam. « Millennium development goals », *Tiempo*, n° 54, 2005, pp. 18-22.
- Ressources naturelles Canada. *Sensibilités aux changements climatiques au Canada, Programme sur les impacts et l'adaptation liés aux changements climatiques*, Ressources naturelles Canada, 2000, 29 p.
- Ressources naturelles Canada. *L'état des forêts au Canada 1999-2000: nos forêts au nouveau millénaire*, Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts, 2001, 120 p.
- Ressources naturelles Canada. *L'état des forêts au Canada 2004-2005: la forêt boréale*, Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts, 2005, 96 p.
- Rignot, E. et P. Kanagaratnam. « Changes in the velocity structure of the Greenland Ice Sheet », *Science*, vol. 311, n° 576, 2006, pp. 986-990.
- Rose, G.A. Reconciling overfishing and climate change with stock dynamics of Atlantic cod (*Gadus morhua*) over 500 years », *Journal canadien des sciences halieutiques et aquatiques*, vol. 61, n° 9, 2004, pp. 1553-1557.
- Rose, G.A., B. de Young, D.W. Kulka, S.V. Goddard et G.L. Fletcher. « Distribution shifts and overfishing the northern cod (*Gadus morhua*): a view from the ocean », *Journal canadien des sciences halieutiques et aquatiques*, vol. 57, n° 3, 2000, pp. 644-663.
- Rosenzweig, C. et A. Iglesias. *Potential impacts of climate change on world food supply: data sets from a major crop modeling study*, Socioeconomic Data and Applications Center, Columbia University, New York, New York, 1999, <http://sedac.ciesin.columbia.edu/giss_crop_study/index.html>, [consultation : 10 mai 2007].
- Rosenzweig, C., F.N. Tubiello, R. Goldberg, E. Mills et J. Bloomfield. « Increased crop damage in the US from excess precipitation under climate change », *Global Environmental Change*, vol. 12, n° 3, 2002, pp. 197-202.

- Rothwell, D. R. « The Canadian-US northwest passage dispute: a reassessment », *Cornell International Law Journal*, 1993, pp. 331-336.
- Sailor, D.J. « Relating residential and commercial sector electricity loads to climate - evaluating state level sensitivities and vulnerabilities », *Energy*, vol. 26, n° 7, 2001, pp. 645-657.
- Sailor, D. J. et R. Muñoz. « Sensitivity of electricity and natural gas consumption to climate in the U.S. - methodology and results for eight states », *Energy*, vol. 22, n° 10, 1997, pp. 987-998.
- Salman, S. « International water disputes: A new breed of claims, claimants and settlement institutions », *Water International*, vol. 31, n° 1, 2006, pp. 2-11.
- Schindler, D.W. et W.F. Donahue. « An impending water crisis in Canada's western Prairie Province », *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 103, 2006, pp. 7210-7216.
- Schindler, D.W., P.J. Curtis, B.R. Parker et M.P. Stainton. « Consequences of climate warming and lake acidification for UV-B penetration in North American boreal lakes », *Nature*, vol. 379, n° 6567, 1996, pp. 705-708.
- Scott, D., G. McBoyle et M. Schwarzenruber. « Climate change and the distribution of climatic resources for tourism in North America », *Climate Research*, vol. 27, n° 2, 2004, pp. 105-117.
- Scott, D., G. Wall et G. McBoyle. « The evolution of the climate change issue in the tourism sector », dans *Tourism, Recreation and Climate Change*, M. Hall et J. Higham (éd.), Channelview Press, Londres, Royaume-Uni, 2005, pp. 44-60.
- Shugart, H., R. Sedjo et B. Sohngen. *Forests and global climate change: potential impacts on U.S. forest resources*, rapport rédigé pour le Pew Center on Global Climate Change, Arlington, Virginie, 2003, 54 p.
- Sigurðsson, B.D., P. Roberntz, M. Freeman, M. Næss, H. Saxe, H. Thorgeirsson et S. Linder. « Impact studies on Nordic forests: effects of elevated CO₂ and fertilization on gas exchange », *Revue canadienne de recherche forestière*, vol. 32, n° 5, 2002, pp. 779-788.
- Smit, B., O. Pilifosova, I. Burton, B. Challenger, S. Huq, R.J.T. Klein et G. Yohe. « Adaptation to climate change in the context of sustainable development and equity », dans *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability*, 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, 2001, pp. 877-912.
- Smith, T.M. et R.W. Reynolds. « A global merged land and sea surface temperature re-construction based on historical observations (1880-1997) », *Journal of Climate*, vol. 18, n° 12, 2005, pp. 2021-2036.
- Sohngen, B. et R. Sedjo. « Impacts of climate change on forest products: implications for North American producers », *The Forestry Chronicle*, vol. 81, no 5, 2005, p. 669-674.
- Sohngen, B., R. Mendelsohn et R. Sedjo. « A global model of climate change impacts on timber markets », *Journal of Agricultural and Resource Economics*, vol. 26, n° 2, 2001, pp. 326-343.
- Statistique Canada. *Le commerce international de marchandises du Canada*, Statistique Canada, 2004, <<http://www.statcan.ca/bsolc/français/bsolc?catno=65-001-X>>, [consultation : 4 juillet 2007].
- Statistique Canada. *Voyages et tourisme*, Statistique Canada, 2006, <http://www41.statcan.ca/4007/ceb4007_000_f.htm>, [consultation : 10 mai 2007].
- Stern, N. *Stern Review on the Economics of Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni, 2006, 712 p., <http://www.hm-treasury.gov.uk/independent_reviews/stern_review_economics_climate_change/stern_review_index.cfm>, [consultation : 10 mai 2007].
- Stocker, T.F., G.K.C. Clarke, H. Le Treut, R.S. Lindzen, V.P. Meleshko, R.K. Mugara, T.N. Palmer, R.T. Pierrehumbert, P.J. Sellers, K.E. Trenberth et J. Willebrand. « Physical climate processes and feedbacks », dans *Climate Change 2001: The Scientific Basis*, 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, 2001, pp. 417-470.
- The Western Producer. U.S. wheat struggles in drought, *The Western Producer*, Saskatoon (Saskatchewan), 12 janvier, 2006.
- Thomson, A., R. Brown, N. Rosenberg, R. Izaurralde et V. Benson. « Climate change impacts for the conterminous USA: an integrated assessment: Part 3- dryland production of grain and forage crops », *Climatic Change*, vol. 69, n° 1, 2005b, pp. 43-65.
- Thomson, A., R. Brown, N. Rosenberg, R. Srinivasan et R. Izaurralde. « Climate change impacts for the conterminous USA: an integrated assessment: Part 4 - water resources », *Climatic Change*, vol. 69, n° 1, 2005c, pp. 67-88.
- Thomson, A., N. Rosenberg, R. Izaurralde et R. Brown. « Climate change impacts for the conterminous USA: an integrated assessment: Part 5- irrigated agriculture and national grain crop production », *Climatic Change*, vol. 69, n° 1, 2005a, pp. 89-105.
- Timmermann, A., J.M. Oberhuber, A. Bacher, M. Esch, M. Latif et E. Roeckner. « Increased El Niño frequency in a climate model forced by future greenhouse warming », *Nature*, vol. 398, n° 6729, 1999, pp. 694-697.
- Tin, T. « Hydrological changes in the Great Lakes-St. Lawrence Basin under climate change and impacts on hydropower generation », dans *Implications of a 2° global temperature rise on Canada's water resources*, rapport rédigé pour le Sage Centre, 2006, pp. 36-65, <<http://www.sagecentre.org/sage/sagereport.pdf>>, [consultation : 10 mai 2007].
- Tol, R.S.J. « Estimates of the damage costs of climate change. Part 1: benchmark estimates », *Environmental and Resource Economics*, vol. 21, n° 1, 2002, pp. 47-73.
- Toledo Tito, J. Impacto en la Salud del Fenomeno dEl Niño 1982-83 en el Peru, présenté à un atelier d'Amérique centrale sur l'effet sur la santé du phénomène El Niño, San Jose, Costa Rica, du 3 au 5 novembre 1997; Organisation mondiale de la santé-Pan American Health Organization, 1997.
- Tong S., B. Peng, K. Parton, J. Hobbs et A.J. McMichael. « Climate variability and transmission of epidemic polyarthritis », *Lancet*, vol. 351, no 9109, 1998, p. 1100.
- Trenberth, K.E., P.D. Jones, P. Ambenje, R. Bojariu, D. Easterling, A. Klein Tank, D. Parker, F. Rahimzadeh, 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.
- Vilhjálmsón, H., S. Agnarsson, R. Arnason, J.E. Carscadden, A. Eide, D. Fluharty, G. Hønneland, C. Hvingel, J. Jakobsson, G. Lilly, O. Nakken, V. Radchenko, S. Ramstad, W. Schrank, N. Vestergaard et T. Wilderbuer. « Fisheries and aquaculture », dans *Arctic Climate Impact Assessment*; Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni, 2005, pp. 691-780.
- Volney, W.J.A. et R. A. Fleming. « Climate change and impacts of boreal forest insects », *Agriculture, Ecosystems and Environment*, vol. 82, n° 1-2, 2000, pp. 283-294.
- 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. « Cryosphere and hydrology », chapitre 6 dans *Arctic Climate Impact Assessment*, Cambridge University Press, New York, New York, 2005, pp. 183-242, <<http://www.acia.uaf.edu/pages/scientific.html>> [accessed June 27, 2007].
- Wang, X.L. et V.R. Swail. « Climate change signal and uncertainty in projections of ocean wave heights », *Climate Dynamics*, vol. 26, n° 2-3, 2006a, pp. 109-126.
- Wang, X.L. et V.R. Swail. « Historical and possible future changes of wave heights in northern hemisphere ocean », dans *Atmosphere-Ocean Interactions*, Volume 2, W. Perrie (éd.), Wessex Institute of Technology Press, Southampton, Royaume-Uni, 2006b, pp. 185-218.
- Wang, X.L., F.W. Zwiers et V.R. Swail. « North Atlantic ocean wave climate change scenarios for the twenty-first century », *Journal of Climate*, vol. 17, n° 12, 2004, pp. 2368-2383.
- Weaver, A.J. et C. Hillaire-Marcel. « Global warming and the next ice age », *Science*, vol. 304, 2004b, pp. 400-402.
- Webster, P.J., G.J. Holland, J.A. Curry et H.-R. Chang. « Changes in tropical cyclone number, duration and intensity in a warming environment », *Science*, vol. 309, n° 5669, 2005, pp. 1844-46.
- Welch, D.W., Y. Ishida et K. Nagasawa. « Thermal limits and ocean migrations of sockeye salmon: long term consequences of global warming », *Journal canadien des sciences halieutiques et aquatiques*, vol. 55, n° 4, 1998, pp. 937-948.
- Westing, A. H. « Environmental refugees: a growing category of displaced persons », *Environmental Conservation*, vol. 19, n° 3, 1992, pp. 201-207.
- Williams, D.W. et A.M. Liebhold. « Climate change and the outbreak ranges of two North American bark beetles », *Agriculture and Forest Entomology*, vol. 4, n° 2, 2002, pp. 87-99.
- World Tourism Organization (WTO). *Tourism Factbook*, World Tourism Organization, Madrid, Espagne, 2005, <<http://fiordiliji.wtoelibrary.org/vl=990785/cl=17/nw=1/rpsv/tfb.htm>>, [consultation : 3 juillet 2007].
- Yap, D., N. Reid, G. De Brou et R. Bloxam. *Transboundary air pollution in Ontario*, Ministère de l'Environnement de l'Ontario, 2005, 114 p.
- Zubair, L. « Empowering the vulnerable », *Tiempo*, n° 52, 2004, pp. 3-6.