

IMPACTS DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES SUR L'ARCTIQUE: une analyse des  
conséquences pour les communautés autochtones

par

Sylviane Silicani

Essai présenté au Centre Universitaire de Formation en Environnement en vue de  
l'obtention du grade de maître en environnement (M.Env.)

CENTRE UNIVERSITAIRE DE FORMATION EN ENVIRONNEMENT  
UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

Sherbrooke, Québec, Canada, Janvier 2007

## **IDENTIFICATION SIGNALÉTIQUE**

IMPACTS DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES SUR L'ARCTIQUE: une analyse des conséquences pour les communautés autochtones

Sylviane Silicani

Essai effectué en vue de l'obtention du grade de maître en environnement (M.Env.)

Université de Sherbrooke - janvier 2007

Mots clés: changements climatiques, impacts environnementaux, sociaux, économiques, physiques, réchauffement, Arctique, autochtones, animaux, végétation, GES, biodiversité, température, fonte, glaciers, séismes, ozone, neige, dégel, océans, adaptation, extinction, circulation thermohaline, inondation, pergélisol.

### Résumé

Les changements climatiques causent de nombreux impacts environnementaux en Arctique, ce qui, en retour, bouleverse le mode de vie de plusieurs communautés autochtones. L'historique de ces communautés et leur capacité d'adaptation phénoménale laissent croire qu'elles réussiront à s'adapter, mais à un prix très élevé. Certaines solutions d'adaptation ont été suggérées, mais des recherches plus poussées sur ce milieu encore inconnu seront nécessaires. On suggère fortement à ceux et celles qui étudient la situation et analysent les pistes de solutions possibles, d'incorporer le savoir des peuples autochtones qui ont réussi à survivre dans ces conditions extrêmes grâce à leurs connaissances précises du milieu et qui sauraient apporter une précieuse contribution.

## SOMMAIRE

Le climat de la planète est actuellement en train de changer, à un rythme encore jamais observé auparavant. Ces changements sont ressentis particulièrement intensément dans la région de l'Arctique, où les températures moyennes augmentent à une vitesse deux fois plus grande que pour le reste du globe, et où la fonte généralisée des glaciers et du pergélisol préconisent l'ampleur des changements à venir.

Malgré son éloignement, l'Arctique n'est pas une région isolée du reste de la planète et les changements qu'elle subit actuellement auront aussi des impacts pour tout le système climatique global. En effet, l'Arctique, tout comme l'Antarctique, agit comme élément régulateur de température, refroidissant et contrôlant le réchauffement global. Si les mécanismes de refroidissement de l'Arctique sont perturbés par les changements climatiques et ne réussissent plus à compléter leurs fonctions, les températures globales augmenteront encore plus vite. Il est donc important de bien connaître les impacts que suscitent les changements climatiques sur l'Arctique afin de comprendre les conséquences qu'ils apporteront.

En plus de causer nombre de conséquences écologiques, sociales et économiques pour le reste du globe, les changements climatiques arctiques ont un autre impact majeur, soit celui de totalement perturber le mode de vie traditionnel et les habitudes de plusieurs communautés autochtones. L'historique de ces communautés et leur capacité d'adaptation phénoménale laissent croire qu'elles réussiront à s'adapter, mais à un prix très élevé.

Certaines solutions d'adaptation ont été suggérées, mais des recherches plus poussées sur ce milieu encore inconnu seront nécessaires. Il serait sage, pour ceux qui étudient l'état de la situation et qui analysent des pistes de solutions possibles, d'incorporer le savoir des peuples autochtones, qui ont réussi à survivre dans ces conditions extrêmes

grâce à leurs connaissances précises du milieu et qui sauraient apporter une précieuse contribution.

En effet, une approche multi-paliers, incluant savoir traditionnel et scientifique pourrait aider à déterminer les besoins locaux, les actions nécessaires et faire ressortir les inquiétudes des populations concernées, ce qui pourrait sûrement améliorer la situation. La collaboration de tous sera nécessaire si on espère pouvoir limiter les dommages et préserver notre planète pour les générations futures.

## **REMERCIEMENTS**

J'aimerais remercier mon directeur, Jean-Marie Bergeron, pour son aide, la multitude de références qu'il m'a suggéré de consulter, ainsi que ses précieux conseils tout au long de ce projet.

J'aimerais aussi souligner la contribution de certaines personnes, sans qui ce travail n'aurait jamais vu le jour: Jessica, pour la correction, Catherine, pour l'encouragement, et Etienne, pour le soutien moral.

# TABLES DES MATIÈRES

|  |           |
|--|-----------|
| <b>INTRODUCTION</b>  | <b>1</b>  |
| <b>1. MISE EN CONTEXTE: PARTICULARITÉS DE L'ARCTIQUE</b>     | <b>3</b>  |
| <b>2. IMPACTS DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES SUR L'ARCTIQUE</b> | <b>7</b>  |
| 2.1 Impacts physiques  | 8         |
| 2.1.1 Réchauffement des températures                         | 8         |
| 2.1.2 Fonte des glaces                                       | 10        |
| 2.1.3 Augmentation des contaminants                          | 11        |
| 2.1.4 Augmentation du niveau des océans                      | 12        |
| 2.1.5 Variations de la circulation thermohaline              | 13        |
| 2.1.6 Systèmes hydrologiques                                 | 14        |
| 2.1.7 Augmentation des séismes                               | 15        |
| 2.1.8 Diminution de l'ozone                                  | 16        |
| 2.2 Impacts écologiques                                      | 18        |
| 2.2.1 Biodiversité   | 18        |
| 2.2.2 Végétation   | 24        |
| 2.2.3 Pergélisol   | 26        |
| <b>3. ANALYSE: CONSÉQUENCES POUR LES PEUPLES AUTOCHTONES</b> | <b>28</b> |
| 3.1 Impacts économiques                                      | 29        |
| 3.1.1 Pêches   | 29        |
| 3.1.2 Foresterie et agriculture                              | 30        |
| 3.1.3 Élevage  | 31        |
| 3.1.4 Ouverture de la route maritime nordique et transport   | 32        |
| 3.1.5 Dommages aux routes et infrastructures                 | 34        |

|           |   |           |
|-----------|---|-----------|
| 3.2       | Impacts environnementaux                        | 36        |
| 3.3.      | Impacts sociaux                                 | 38        |
| 3.3.1     | Santé et alimentation                           | 38        |
| 3.3.2     | Sécurité humaine                                | 39        |
| 3.3.3     | Mode de vie et identité sociale                 | 40        |
| 3.4       | Adaptation ou extinction des peuples indigènes? | 41        |
| 3.4.1     | Analyse historique                              | 43        |
| 3.4.2     | Capacité d'adaptation                           | 45        |
| <b>4.</b> | <b>PISTES DE SOLUTIONS ET RECOMMANDATIONS</b>   | <b>48</b> |
|           | <b>CONCLUSION</b>                               | <b>57</b> |
|           | <b>RÉFÉRENCES</b>                               | <b>59</b> |

## LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX

|                    |   |    |
|--------------------|---|----|
| <b>Tableau 1.1</b> | Schéma de la circulation thermohaline                 | 5  |
| <b>Figure 2.1</b>  | Variations des températures arctiques, 1900 à présent | 9  |
| <b>Figure 2.2</b>  | Diminution de la couverture de glace 1979-2003        | 10 |
| <b>Figure 2.3</b>  | Zones de végétation arctique                          | 24 |
| <b>Figure 3.1</b>  | Carte représentant la nouvelle route maritime du nord | 32 |

## LISTE DES ACRONYMES, SYMBOLES ET SIGLES

|      |   |
|------|---|
| ACIA | Arctic Climate Impact Assessment          |
| IASC | International Arctic Science Committee    |
| IPCC | Intergovernmental Panel on Climate Change |

## LEXIQUE

**Anthropique:** qualifie tout élément provoqué directement ou indirectement par l'action de l'homme

**BPC: BiPhényles Chlorés;** font partie des POP; constituent une famille de molécules chimiques se rapprochant de la famille des dioxines; ont été fréquemment utilisées dans les années 1970 pour la fabrication des transformateurs électriques, mais bannies depuis à cause de leur bioaccumulation et leur capacité à dégrader des produits hautement toxiques sous l'effet de la chaleur.

**Circulation thermohaline:** Dans les océans, circulation à grande échelle contrôlée par les variations de températures et la salinité de l'eau. Dans l'Atlantique Nord, cette circulation consiste en un déplacement des eaux chaudes de surface vers le nord et un déplacement vers le sud des eaux froides des grands fonds, entraînant un transfert de chaleur vers les pôles.

CFC: gaz organique composé d'atomes de chlore, de carbone et de fluor, destructeur de la couche d'ozone. Ces gaz se trouvaient dans les aérosols, les pesticides, les éléments de réfrigération, etc. Le Protocole de Montréal a toutefois mis en place des mesures de contrôle pour en éliminer la production, l'importation et l'exportation.

DDT: insecticide de contact neurotoxique de la famille des organochlorés, faisant partie des POP. Son utilisation est maintenant réglementée par la Convention de Stockholm sur les polluants organiques persistants de 2001.

Effet de serre: phénomène de réchauffement de l'atmosphère terrestre dû au fait que certains gaz "à effet de serre" (CO<sub>2</sub>, méthane, etc.) empêchent une partie des rayons infrarouges émis par la surface terrestre de s'échapper, renvoyant la chaleur vers le sol et les mers, générant ainsi une augmentation des températures.

POP: Abréviations de **P**olluants **O**rganiques **P**ersistants. Molécules complexes qui sont définies à partir des quatre propriétés suivantes: toxicité pour la santé humaine, persistance dans l'environnement, bioaccumulation et transport longue distance (tendance à se déposer loin des lieux d'émission, typiquement des milieux chauds vers les milieux froids).

Ubiquiste: définit les espèces animales ou végétales susceptibles de s'adapter à une très grande variété d'habitats.

## INTRODUCTION

Le climat de la planète est actuellement en voie de changement, à un rythme encore jamais observé auparavant. Au cours de l'histoire, les températures ont déjà démontré des variations marquées, mais les changements observés actuellement sont différents, puisque leur cause est principalement anthropique. Selon une étude déposée en 2001 par l'*Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), il est en effet à peu près certain que le réchauffement climatique observé depuis le début de l'ère industrielle, soit depuis environ 150 ans, est dû à notre activité humaine, qui cause une augmentation de gaz carbonique (CO<sub>2</sub>, provenant principalement de combustibles fossiles), de méthane (CH<sub>4</sub>, produit par l'élevage de bovins et culture de riz à grande échelle) et autres gaz à effet de serre dans l'atmosphère. Vers 1870, ces gaz représentaient 280 ppm dans la composition de l'atmosphère, alors qu'aujourd'hui, ils sont à 370, et ils continuent d'augmenter de 1,5 ppm par an.

Ces changements sont ressentis particulièrement intensément dans la région de l'Arctique. Les températures moyennes ont augmenté à une vitesse deux fois plus grande que pour le reste du globe au cours des dernières années, et la fonte généralisée des glaciers et du pergélisol préconisent l'ampleur des changements à venir.

La plus grosse étude sur les changements climatiques en Arctique vient justement d'être publiée par *The Arctic Council*. Ce rapport, intitulé "*The Arctic Climate Impact Assessment*" et écrit par plus de 300 scientifiques, précise les impacts des changements climatiques sur l'Arctique depuis les cinq dernières années et démontre la gravité de la situation et la rapidité à laquelle les changements climatiques se font sentir dans cette région.

Malgré son éloignement, l'Arctique n'est pas une région isolée du reste de la planète et les changements qu'elle subit actuellement auront aussi des impacts sur tout le

système climatique terrestre. Il est donc important de bien connaître ces impacts afin de comprendre les conséquences qu'ils apporteront.

Un des problèmes majeurs reliés à ces changements reste toutefois associé aux communautés indigènes habitant l'Arctique, qui voient leur mode de vie traditionnel et leurs habitudes totalement menacés: les banquises disparaissent, leurs villages s'écroulent, les espèces desquelles elles se nourrissent s'éteignent. Plusieurs prédisent l'extinction éventuelle de ces peuples. Est-il trop tard pour qu'ils s'adaptent, et si l'adaptation est possible, quel en sera son coût?

L'objectif de ce rapport est donc de déterminer les principaux impacts que les changements climatiques auront sur l'Arctique, d'analyser si les peuples autochtones vivant dans ces régions auront une chance de s'en sortir et s'il existe des pistes de solutions qui pourraient les aider à mieux s'adapter.

Une mise en contexte et un survol des particularités spécifiques de cette région seront d'abord présentés. La deuxième partie portera ensuite sur les principaux impacts - physiques, environnementaux, sociaux, économiques - que les changements climatiques causeront à cette région, au reste de la planète et plus particulièrement aux communautés indigènes habitant l'Arctique. Finalement, une analyse concernant les chances de survie de ces peuples et les possibilités éventuelles d'adaptation sera présentée en troisième partie. Certaines pistes de solution possibles et recommandations afin d'améliorer leurs conditions actuelles et ainsi minimiser les impacts seront aussi apportées dans la dernière section.

## **1. MISE EN CONTEXTE: PARTICULARITÉS DE L'ARCTIQUE**

La définition de l'Arctique n'est pas simple et il en existe plusieurs. La frontière est généralement considérée comme la région au nord du cercle Arctique (66°33'N), qui est la limite du soleil de Minuit et de la nuit polaire. Elle comprend l'océan Arctique, qui couvre environ 14 millions de kilomètres carrés et dont une partie est gelée en permanence, et le nord des terres qui l'entourent, soit le Canada, la Russie, l'Alaska, la Sibérie, le Groenland et la Scandinavie. Elle comprend aussi la Baie d'Hudson, la Baie James et la Baie de Baffin. D'autres définitions de cette région se basent sur le climat et l'environnement, comme par exemple "la région où les températures moyennes sont de 10°C en juillet" (Arctic Council, 2005). Ces définitions sont toutefois moins précises et plus difficiles à visualiser.

Recouverte de glace et de neige durant une bonne partie de l'année, l'Arctique démontre des différences de températures extrêmes, dépendant des saisons et des endroits: les températures moyennes peuvent varier de 4°C en Islande, jusqu'à -28°C à l'extrémité du Groenland. Elle arbore aussi un paysage très différent, variant d'un endroit à l'autre: forêt boréale dans le sud ou toundra polaire dans le nord, marécages humides ou déserts arctiques, montagnes abruptes ou larges plaines, rivières ou glaciers, étangs ou banquises.

Mais peu importe la région, l'Arctique dans son ensemble expérimente actuellement certains des plus sévères et rapides changements sur la planète et on s'attend à ce qu'au cours des 100 prochaines années, ces changements s'accroissent encore plus, causant des impacts majeurs à plusieurs niveaux, tels une élévation majeure du niveau des océans, une perturbation de la circulation thermohaline, etc. (Arctic Council, 2005; David Suzuki Foundation, 2006). Ces impacts seront discutés en détail dans la deuxième partie de ce rapport.

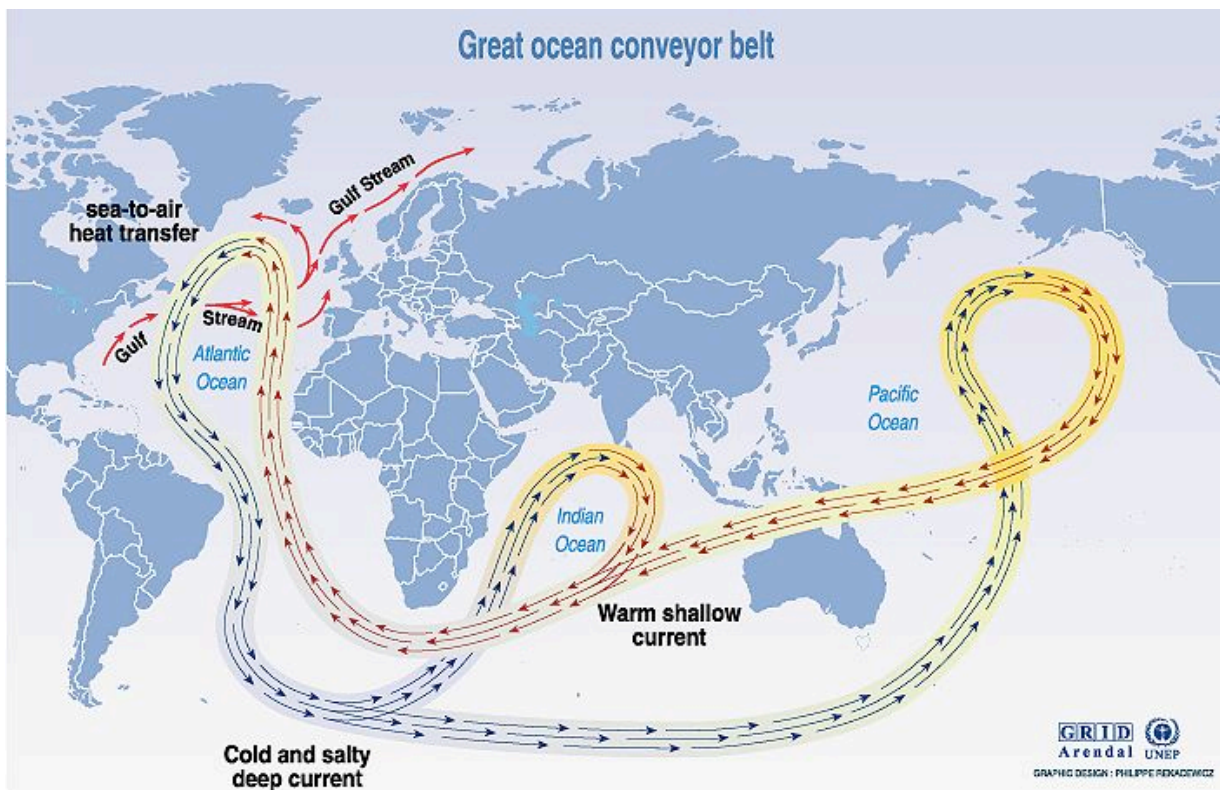
Plusieurs mécanismes propres à l'Arctique font que certains effets sont plus marqués dans cette région qu'ailleurs dans le monde. Tout d'abord, la glace et la neige ont des propriétés physiques très spécifiques qui peuvent amplifier les effets des changements climatiques. À cause de leur blancheur, elles jouent un rôle majeur dans le pouvoir de réflexion des surfaces, agissant comme un mécanisme refroidissant et modifiant par le fait même la quantité d'énergie solaire absorbée. En effet, plus une surface est pâle, plus elle reflète les rayons solaires, alors que les surfaces foncées absorbent la chaleur. Des études ont démontré que les surfaces recouvertes de glace reflètent entre 85 et 90% des rayons, alors que l'eau liquide en reflète seulement 10%. Des différences semblables existent pour la terre recouverte de neige et de végétation. Suite à la fonte de la neige et de la glace, surfaces très réfléchissantes, des surfaces plus foncées sont mises à jour (terre, végétation, eau), ce qui augmente l'absorption de la chaleur solaire, et donc, par le fait même, intensifie le réchauffement planétaire, causant ainsi plus de fonte, et on se retrouve avec ce qu'on appelle une boucle de rétroaction négative (Arctic Council, 2005).

A cause de la courbure de la Terre, la couche atmosphérique au-dessus de l'Arctique est aussi beaucoup moins épaisse qu'au niveau des tropiques; la quantité d'air qui doit être réchauffée avant de pouvoir à son tour réchauffer la surface du sol est donc moindre, résultant en une plus grande variation des températures. De plus, les températures en Arctique étant très froides, la majorité de l'énergie traversant l'atmosphère est utilisée directement pour le réchauffement, contrairement aux tropiques, où une grande partie sert à l'évaporation (Arctic Council, 2005).

Le climat arctique est un système très complexe qui interagit à plusieurs niveaux avec le système climatique global. Malgré sa situation géographique éloignée, l'Arctique comporte de nombreuses interactions avec les régions situées plus au sud.

D'abord, des changements au niveau de la circulation des courants dans l'océan Arctique pourraient causer de profondes répercussions à grande échelle. L'eau se déplace d'un océan à l'autre grâce à trois principaux mécanismes: la force des marées, les vents et les différences de densité de l'eau. La densité de l'eau est affectée par sa température (*thermo*) ainsi que par sa salinité (*haline*), d'où le fait qu'on appelle cette circulation "*thermohaline*". À cause des courants, l'eau chaude et salée des tropiques se déplace vers les pôles où elle se refroidit, devient plus dense et s'enfonce vers les profondeurs, pour revenir vers les tropiques. Le schéma suivant, tiré de l'UNEP (2005) illustre bien cette circulation.

Tableau 1.1 Schéma de la circulation thermohaline



Source: Broecker, 1991, in *Climate change 1995, Impacts, adaptations and mitigation of climate change: scientific-technical analyses, contribution of working group 2 to the second assessment report of the intergovernmental panel on climate change*, UNEP and WMO, Cambridge press university, 1996.

Comme on peut le voir sur le schéma, ce mouvement est responsable de la formation du Gulf Stream, qui apporte un courant chaud près de l'Europe, permettant ainsi à

certaines régions européennes d'avoir des températures plus douces que les régions du Canada, pourtant situées à la même latitude.

Pour l'Amérique du Nord, le point critique de cette circulation se situe au nord de l'océan Atlantique, où l'eau chaude venant des tropiques s'enfonce pour ensuite revenir vers son point de départ. Si l'eau en Arctique devient plus chaude à cause du réchauffement climatique et moins salée suite à la fonte des banquises et des glaciers qui ajoutent une grande quantité d'eau douce aux océans, la balance de salinité qui supporte la circulation thermohaline risque d'être perturbée, ce qui pourrait ralentir le système de courants marins et causer ainsi plusieurs répercussions sur le climat local (Climate Research Unit, 2006c; Knight et al., 2005).

Finalement, à cause des conditions climatiques extrêmes présentes en Arctique, les écosystèmes sont plus vulnérables aux changements que dans d'autres régions. En effet, les espèces y habitant ont dû développer des caractéristiques très spécifiques afin d'y vivre, les rendant moins flexibles aux variations climatiques. La faible biodiversité limite aussi la capacité d'adaptation des espèces, qui doivent déjà faire face à de nombreux stress additionnels apportés par les activités humaines, telles que la pollution due à l'extraction de ressources, la contamination de l'air et du sol, la surexploitation des océans, la destruction des habitats, etc. La somme de tous ces facteurs combinés risque de dépasser la capacité d'adaptation des populations et écosystèmes arctiques (Arctic Council, 2005).

## **2. IMPACTS DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES SUR L'ARCTIQUE**

Le climat de la Terre est affecté par la circulation globale de l'atmosphère et des océans, qui distribuent la chaleur et l'humidité autour de la planète. La principale source d'énergie qui alimente cette circulation est le Soleil. Ce dernier est donc en partie responsable des changements climatiques observés autour du globe, puisque des variations au niveau de la quantité d'énergie qu'il émet ont déjà créé de nombreuses variations climatiques par le passé. Toutefois, afin d'expliquer la magnitude des changements observés actuellement, il est nécessaire d'invoquer d'autres causes additionnelles (Mission ministérielle de l'effet de serre, 2006; Climate Research Unit, 2006d). En effet, un nouveau facteur doit maintenant être pris en considération en plus des causes naturelles, i.e. le facteur humain.

Depuis le début de l'ère industrielle, la quantité de gaz carbonique dans l'atmosphère a augmenté de 32%, celui du méthane, de 145%, qui est à son niveau le plus élevé depuis plus de 500 000 ans. Ces gaz sont parmi ceux causant ce qu'on appelle l'effet de serre, phénomène qui laisse entrer les rayons du soleil, mais empêche les rayons infrarouges de retourner à l'atmosphère, causant ainsi un réchauffement global de la planète. Depuis la fin du 19e siècle, la terre s'est réchauffée de 0,6°C globalement, augmentation qui semble mineure à première vue, mais qui cause de nombreux impacts majeurs, comme il sera démontré ultérieurement (Arctic Council, 2005; David Suzuki Foundation, 2006; Stott et al., 2003).

Au niveau de l'Arctique, ces changements climatiques ont aussi beaucoup d'impacts. Tout d'abord, le réchauffement global des températures a des répercussions au niveau de plusieurs systèmes physiques: fonte des neiges et glaces, augmentation du niveau des mers, etc. Ces effets ont, par la suite, d'autres conséquences sur les écosystèmes et processus biologiques qui s'en trouvent affectés. La section suivante présente un survol de ces nombreux impacts.

## 2.1 Impacts physiques

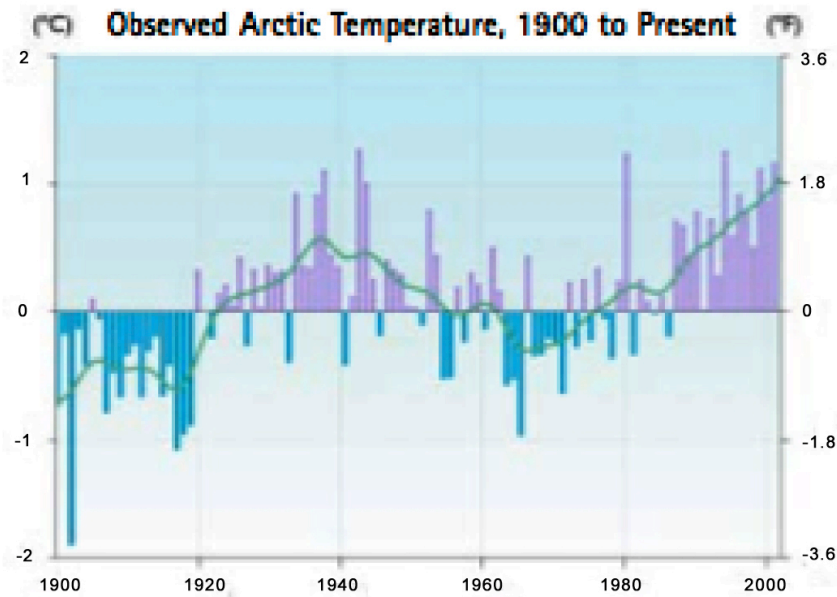
### 2.1.1 Réchauffement des températures

Les fluctuations des températures à l'échelle planétaire ne sont pas un nouveau phénomène. Le climat terrestre a connu des variations importantes au cours de son histoire, les périodes glaciaires succédant aux périodes interglaciaires, provoquées par des variations cycliques de la position de la Terre par rapport au Soleil. L'étude des archives glaciaires a aussi permis de constater une corrélation, au cours des 400 000 dernières années, entre l'augmentation des gaz à effet de serre et l'augmentation des températures (Climate Research Unit, 2006; Friis-Christensen et al., 1991; Jennings et al., 1997; Kelly et al., 1992).

Le réchauffement global ne cesse toutefois de s'accélérer depuis les dernières années, à une vitesse encore jamais observée depuis que les humains occupent la Terre. Les températures enregistrées au cours des années 1990 ont été les plus élevées du 20<sup>e</sup> siècle, et même du deuxième millénaire. D'après la NASA, l'année 2005 a été l'année la plus chaude à l'échelle planétaire depuis 1860, première année où les températures ont été mesurées (NASA, 2006), suivie de 1998, où la température était 0,548°C plus élevée que la moyenne enregistrée pour les années 1961-1990. Les années 2002, 2003 et 2001 se retrouvent quant à elles en troisième, quatrième et cinquième position (Climate Research Unit, 2006a; NASA, 2006).

Le graphique suivant, tiré du rapport *Arctic Climate Impact Assessment* (2005) démontre bien la tendance à la hausse des températures depuis les 40 dernières années. On remarque que depuis 1960, la courbe des températures moyennes ne cesse d'augmenter, passant de -0,5°C dans les années 1960 à près de 1°C vers les années 2000.

Tableau 2.1 Variations des températures entre 1900 et présent



Le réchauffement des températures dû aux gaz à effet de serre varie selon les régions, dépendamment des courants marins et atmosphériques, mais pour l'ensemble de la région de l'Arctique, la tendance globale est à la hausse. En Alaska et dans la région du nord-ouest du Canada, les températures hivernales ont augmenté de 3° - 4°C depuis les 50 dernières années, soit le double de ce qu'on peut observer dans d'autres régions plus au sud (Arctic Council, 2005). La projection pour les 100 prochaines années, si la tendance des émissions se maintient, prévoit une autre augmentation des températures moyennes de 3° à 5°C, et pouvant aller jusqu'à 7°C pour les océans. Durant l'hiver, les températures terrestres pourraient augmenter de 4° à 7°C et celles des océans, de plus de 10°C. Ces augmentations de température ont une multitude de conséquences, qui seront maintenant expliquées (Arctic Council, 2005; Mann et al., 1998).

### 2.1.2 Fonte des glaces

Tout d'abord, tel que discuté précédemment, la fonte des glaces est un problème majeur associé à la hausse globale des températures. Le professeur David Barber, spécialiste des glaciers à l'Université du Manitoba, affirme que les images satellites font bien état de la situation, comme le démontre l'image suivante tirée du rapport *Arctic Climate Impact Assessment* (2005).

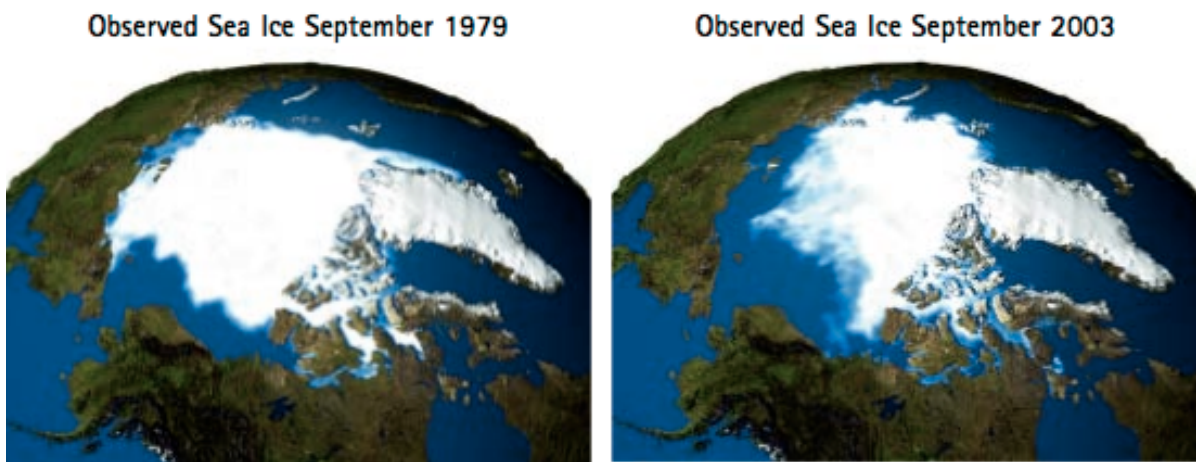


Figure 2.2 Diminution de la couverture de glace entre 1979 et 2003

Il semble que la couverture de glace au-dessus de l'Arctique fond maintenant à une vitesse de 74 000 km<sup>2</sup> par année, soit une augmentation de 20% par rapport à sa vitesse de 1980. Afin d'évaluer cette superficie, la surface totale du Lac Supérieur est de 82 000 km<sup>2</sup>. De plus, les banquises reculent de plus en plus: entre 1980 et 1989, leur recul était de 100 km<sup>2</sup> par année; de 320 km<sup>2</sup> en 1997 et de 450 km<sup>2</sup> en 1998. La couverture de neige recouvrant l'hémisphère nord a aussi diminué de 10% depuis 1972 (Arctic Council, 2005; Barber et al., 2003; Climate Research Unit., 2006d).

Une étude menée par Jonathan Bamber, de l'Université de Bristol en 2001 prévoit que d'ici la fin du siècle, la banquise arctique disparaîtra totalement durant l'été et plusieurs modèles indiquent que le glacier du Groenland fondra aussi éventuellement

complètement, ce qui pourrait élever le niveau de l'océan de plus de sept mètres (Arctic Council, 2005; Bamber et al., 2001; Chapman et al., 2003; Drobot et al., 2001).

La plus grande plate-forme glaciaire en Arctique, soit celle de Ward Hunt qui a une superficie de 443 km<sup>2</sup> et qui est située à 800 km du Pôle Nord, le long de l'île Ellesmere, s'est brisée en deux au cours de l'année 2003, ayant perdu la moitié de son épaisseur en 20 ans, et près de 90% de sa superficie depuis le début du 20<sup>e</sup> siècle. Sous cette plate-forme se trouvait le fjord de Disraeli, dernier lac de l'hémisphère Nord totalement entouré par des banquises de glace. Suite au bris de la plate-forme, l'eau de ce dernier commença à se drainer. Ce lac de 3 000 ans supportait un rare écosystème d'organismes marins microscopiques. Plus de 96% de cet unique écosystème a maintenant disparu (Futura-Sciences, 2003; Gosline, 2004).

Même les animaux ne vivant pas directement sur les banquises sont affectés par leur disparition; cet aspect sera toutefois abordé en plus de détails dans la prochaine section.

L'année 2002 fut aussi celle où de nouveaux records ont été battus concernant l'altitude de fonte. En effet, on a pu observer de la fonte à des hauteurs de plus de 2 000 mètres sur la banquise du Groenland, phénomène qui ne s'était jamais observé auparavant (Arctic Council, 2005).

### 2.1.3 Augmentation des contaminants

Un autre problème associé à la fonte des glaciers est l'augmentation des contaminants. Malgré le fait que les polluants organiques persistants (POP), tels les BPC (biphényles chlorés) et DDT (dichlorodiphényltrichloroéthane), sont maintenant bannis dans la majorité des pays industrialisés, ils étaient utilisés intensément au cours des années

1950-1970 et le sont encore dans plusieurs régions d'Afrique, d'Amérique du Sud et du Tiers-Monde. Ils ont été transportés dans l'air à partir de leur source d'épandage vers les régions plus froides où ils se sont condensés et se sont déposés sur et dans la glace. Jusqu'à récemment, ces contaminants étaient restés emprisonnés dans la glace, mais la fonte des glaces les libère maintenant dans l'environnement et ils voyagent à travers la chaîne alimentaire, contaminant animaux et humains de façon exponentielle. Une étude menée par le gouvernement canadien démontre que 25% des habitants de Baffin et de Kivalliq consomment une concentration de mercure plus élevée que la dose considérée "sans danger", et près de 50% des habitants d'Inuvialuit et de Kitikmeot ont le même problème avec le chlordane et le toxaphène. Il est encore difficile d'évaluer si la fonte des glaciers est la seule cause responsable de ces augmentations, mais il est clair qu'elle a sa part à jouer. Les effets à long terme concernant l'exposition à ces contaminants n'ont pas encore été identifiés (AMAP, 2006; Arctic Council, 2005; Gouvernement du Canada, 2006).

#### 2.1.4 Augmentation du niveau des océans

Le niveau des océans quant à lui semble aussi avoir augmenté de près de 8 cm depuis les 20 dernières années, et la quantité d'eau douce rejetée dans l'Océan Arctique entre 1921 et 1999 a augmenté de plus de 118 km<sup>3</sup> par année (Arctic Council, 2005; Climate Research Unit, 2006c). Depuis le début du 20<sup>e</sup> siècle, l'érosion causée par l'élévation des océans fait disparaître une centaine de kilomètres carrés de marécages par année dans la région du Mississippi aux États-Unis. On estime qu'une augmentation d'un mètre du niveau de la mer inonderait 80% des Iles Maldives, déplacerait 24 millions de personnes au Bangladesh, en Inde et en Indonésie et éliminerait complètement les Sundardans, région du Bangladesh classée patrimoine mondial de l'UNESCO où se trouve la plus grande forêt de mangrove au monde et qui abrite le tigre royal de Bengale. Les principaux facteurs expliquant cette augmentation sont la fonte des

glaces et l'expansion de l'eau suite à des températures plus élevées (Arctic Council, 2005; WWF, 2005).

#### 2.1.5 Variations de la circulation thermohaline

De plus, tel que discuté précédemment, la fonte excessive des glaces et des banquises affecte la circulation thermohaline qui gère les grands courants marins de la planète. En fondant, les glaces augmentent de façon importante la quantité d'eau douce présente dans les océans, atténuant l'enfoncement des eaux salées denses, ralentissant les courants chauds et affectant ainsi encore plus le climat local (Climate Research Unit, 2006c).

Une étude récente publiée par Bryden et collaborateurs fait état d'un ralentissement de 30% de cette circulation dans l'Atlantique au degré de latitude 25°N. Des excursions en mer ont eu lieu régulièrement depuis 1957, et le Gulf Stream était remarquablement stable depuis les 40 dernières années. Toutefois, les deux derniers voyages (1998 et 2004) ont démontré des changements notables dans la structure de retour de la circulation, en particulier pour la région la plus profonde de cette circulation (3 000-5 000m), qui ne s'enfonce plus aussi profondément. Ceci a pour conséquence une diminution du transport de chaleur vers le nord d'environ 15% (Bryden et al., 2005; Climate Research Unit, 2006b).

De plus, une autre étude publiée par Curry et Mauritzen en 2005 dans *Science* démontre que la salinité de l'eau a diminué en Arctique, possiblement à cause de la fonte massive des glaciers, de la décharge d'eau douce venant des rivières et de l'augmentation des précipitations, alors qu'elle a augmenté au niveau des tropiques, probablement à cause du réchauffement des températures causant plus d'évaporation. L'enfoncement des eaux chaudes en Arctique est principalement contrôlé par la salinité

de l'eau. Les projections pour le futur suggèrent que si l'enfoncement des eaux salées de surface diminue, il y aurait une réduction du transport de chaleur par l'océan, qui aurait en retour des implications pour le climat du nord de l'Europe. Curry et Mauritzen estiment que cela pourrait se produire d'ici 100-200 ans. On s'attend à ce que cette tendance continue dans les années à venir, mais personne ne sait qui gagnera la bataille de salinité entre les pôles et les tropiques, et aucune étude n'a encore été faite concernant des données quantitatives de ces changements de salinité (Climate Science, 2005; Curry et al., 2005; Dickson et al., 2002).

#### 2.1.6 Systèmes hydrologiques

La couverture de glace recouvrant les lacs et les cours d'eau arctiques joue aussi un rôle fondamental dans les procédés biologiques, physiques et chimiques des systèmes d'eau douce. L'eau douce est une partie intégrante du système hydrologique arctique et la durée ainsi que la composition de la glace recouvrant les lacs contrôlent entre autres le budget de chaleur attribué à ces systèmes, qui détermine par la suite la quantité d'évaporation qui se produira à mesure que les températures se réchauffent.

Le réchauffement planétaire cause de nombreux changements au niveau de la formation et de la fonte de ces glaces, affectant tout le système hydrologique de la région. Outre des inondations créées par une fonte plus forte et plus rapide et des variations dans la synchronisation du gel ou dégel des cours d'eau, les effets de ces changements n'ont pas fait l'objet de beaucoup d'études encore (Arctic Council, 2005).

### 2.1.7 Augmentation des séismes

Finalement, la fonte des glaciers est la source d'un autre problème majeur, les séismes, qui causent encore plus rapidement la destruction des banquises. Des études menées par Goeran Ekstroem de l'Université de Harvard indiquent que les tremblements de terre glaciaires au Groenland ont plus que doublé depuis 2002. Ces séismes sont causés lorsque des températures élevées font fondre les glaciers, causant la formation de rivières d'eau sous ces derniers. Ces rivières gèlent, créant une mince couche de glace très instable qui lubrifie le roc sur lequel repose le glacier et favorise son déplacement, ce qui peut créer des séismes. Tous ne sont pas perceptibles, mais le déplacement de 10m d'une paroi de glace ayant près de 350 m de haut a récemment causé un tremblement de terre de l'ordre de cinq sur l'échelle de Richter (Ekströem et al., 2006).

Le même phénomène semble se produire en Antarctique, où l'eau de mer plus chaude s'infiltré sous les glaciers, causant une fonte rapide à la périphérie et amenant les glaciers à se briser en morceaux, ce qui provoque aussi des séismes glaciers.

De plus, la masse des glaciers diminue à mesure que la fonte s'accélère, libérant ainsi les plaques tectoniques d'une pression remarquable qui les empêchait de bouger. Libérées du poids extrême des glaciers, elles risquent de causer plus de séismes dans la région (Arctic Council, 2005; Ekströem et al., 2006).

Jeanne Sauber du *NASA's Goddard Space Flight Center*, au Maryland, et Bruce Molnia, du *US Geological Survey en Virginie*, suggèrent que la fonte des glaciers est peut-être à l'origine du gros tremblement de terre de St-Elias en 1989 en Alaska, qui

a atteint 7.2 sur l'échelle de Richter. Une plaque tectonique sous l'océan Pacifique pousse constamment sur la côte de l'Alaska; des recherches démontrent que suffisamment de glace a disparu pour que la plaque soit libérée de sa pression et puisse déclencher le séisme.

Par le passé, le même phénomène s'est produit: à la fin de l'ère de glace, soit il y a près de 10 000 ans, de nombreux tremblements de terre ont secoué la Scandinavie, au fur et à mesure que les glaciers fondaient (Gosline, 2004; NASA, 2004).

#### 2.1.8 Diminution de l'ozone

La diminution de la couche d'ozone au-dessus de l'Arctique est quant à elle un autre problème à surveiller. Bien que la quantité d'ozone présente dans l'atmosphère soit principalement affectée par des produits chimiques, comme les CFC (chlorofluorocarbones) relâchés dans l'air, la température de la stratosphère exerce aussi une certaine influence indirecte. Les modèles actuels de prévisions de changements de températures prévoient une augmentation des températures dans la troposphère, mais surprenamment, une diminution dans la stratosphère. Jusqu'à très récemment, les scientifiques ne s'étaient concentrés que sur la troposphère, ce qui est compréhensible, puisque, même si la troposphère n'occupe que 12-15 km, elle contient 75% de la masse atmosphérique. C'est à cet endroit que la météo se crée, que les avions volent, et où l'accumulation de GES est la plus évidente. Mais en terme spatial, la troposphère est seulement une petite portion de l'atmosphère, et il est erroné de croire que les GES n'affecteront que cette première partie (Arctic Council, 2005).

Le refroidissement observé au niveau de la stratosphère (située entre 15 et 50 km et formée entre autres d'ozone) s'explique de la façon suivante: la troposphère se réchauffe grâce à la radiation des rayons sur la surface de terre. A mesure que la concentration des GES augmente, de plus en plus de cette chaleur est emprisonnée

dans cette couche près de la surface, réchauffant ainsi la troposphère graduellement. Par contre, ceci limite la quantité de chaleur disponible pour le reste de l'atmosphère, l'empêchant d'être distribuée également; plus la troposphère se réchauffe, plus les couches supérieures se refroidissent.

On a aussi remarqué un refroidissement important au niveau de la mésosphère, entre 50 et 90 km au dessus du sol. Ce refroidissement a pu atteindre jusqu'à un degré Celsius par année au cours des 30 dernières années, soit 10 fois la vitesse que tous avaient prédit (Arctic Council, 2005; Hurrell, 1995; Pearse, 2000; 1999).

Le refroidissement de la stratosphère contribue à l'amincissement de la couche d'ozone, puisque les processus chimiques causant la destruction plus rapide de l'ozone dépendent expressément de la température. Les produits chimiques destructeurs d'ozone, tels que les CFC, les halons, etc., en conjonction avec les particules de glace présentes dans les nuages stratosphériques se formant à  $-80^{\circ}\text{C}$  sont responsables de cette destruction. On retrouve souvent ces températures en Antarctique, mais elles sont généralement plus douces au-dessus de l'Arctique, ce qui l'a épargnée du trou d'ozone tel qu'observé en Antarctique. On remarque toutefois des signes que l'Arctique risque de subir le même dommage dans un futur rapproché.

En avril 1999, Shindell et collaborateurs ont publié dans la revue *Nature* une nouvelle analyse du mécanisme de réponse de l'atmosphère par rapport aux GES. Ils prédisent qu'à mesure que les températures augmentent, des courants plus forts se dirigeant en altitude se formeront au-dessus des eaux chaudes tropicales, créant un réchauffement intense de la troposphère à cet endroit. Ceci augmentera la différence de température entre les tropiques et les latitudes plus élevées, ce qui accroîtra la force et la vitesse des vents polaires, qui isolent l'air arctique des autres influences extérieures. Shindell prédit que l'Arctique ressemblera de plus en plus à son cousin du sud: d'ici 2020, la partie basse de la stratosphère sera de 8 à 10 degrés Celsius plus froide que maintenant, ce qui résultera en une perte d'ozone qui sera doublée et qui continuera à

décroître pour les 10-15 prochaines années, même si les produits destructeurs d'ozone sont maintenant interdits (Chapman, 2003; Shindell et al., 1999). La diminution d'ozone favorise l'entrée de rayons UV, qui sont dangereux pour toute forme de vie (Arctic Council 2005).

La neige et la glace ont de plus un effet atténuateur sur les rayons UV, protégeant la végétation et les animaux s'y réfugiant en dessous, mais leur fonte excessive ne fait qu'empirer la situation. Les plantes sont exposées plus longtemps au soleil et aux rayons UV, les animaux sont en contact plus direct et reçoivent une proportion plus directe de rayons. Le réchauffement de la planète a donc un effet néfaste quant à l'exposition aux rayons UV pour les êtres vivants, incluant les humains (Arctic Council, 2005).

## 2.2 Impacts écologiques

En plus d'affecter le paysage et de modifier la géographie de la région, les impacts physiques associés aux changements climatiques causent de nombreux effets pour la faune et la flore. Un survol de ces effets sera présenté dans la présente section.

### 2.2.1 Biodiversité

Les changements climatiques ont de nombreuses implications au niveau de la biodiversité arctique et globale.

A cause de l'augmentation des températures, on prévoit un déplacement de certaines d'espèces vers le nord, ce qui causera d'abord une certaine augmentation de la

biodiversité en Arctique, puisqu'une plus grande variété d'espèces sera présente. Par contre, les espèces existantes risquent rapidement de voir leur population décliner, étant déjà très restreintes au niveau de leur territoire et des ressources disponibles et ne pouvant pas compétitionner avec des espèces ubiquistes se déplaçant vers le nord (Arctic Council 2005).

Tel que mentionné précédemment, les écosystèmes arctiques sont aussi très vulnérables aux changements rapides. Les animaux arctiques possèdent de nombreuses adaptations qui leur permettent de persister aux grands froids et aux conditions défavorables de cette région. Ils peuvent survivre à des variations de températures extrêmes, et se sont adaptés de façon à pouvoir se développer et se reproduire sous des conditions environnementales imprévisibles, où les contraintes de temps pour se reproduire, pour faire des réserves de nourriture et se déplacer sont énormes. Les cycles de vie se sont ajustés en fonction des variations saisonnières et des fluctuations des ressources.

Toutefois, même s'ils sont bien adaptés, ces animaux seront vulnérables à certains changements particuliers, comme:

- des augmentations soudaines de température en été, puisqu'elles peuvent causer la dessiccation des invertébrés;
- des événements qui interfèrent avec les routes de migration et les refuges migratoires;
- des phénomènes qui affectent les conditions d'enneigement et de fonte, ayant des impacts sur les températures et les niveaux d'O<sub>2</sub> et de CO<sub>2</sub> disponibles pour les animaux hibernant ou se réfugiant sous la neige, ainsi que la quantité de ressources disponibles;

- et ceux qui synchronisent les cycles de reproduction avec les périodes où les ressources disponibles sont à leur maximum pour élever les jeunes (Arctic Council, 2005; WWF, 2006).

Certains de ces animaux ont des cycles de vie assez long, rendant leur capacité d'adaptation plus lente et difficile face aux changements climatiques qui se produisent rapidement. L'analyse de la situation présente pour certaines espèces animales illustrera les phénomènes décrits ci-haut.

### Ours polaires

Les ours polaires dépendent de la glace pour chasser les phoques, leur principale source d'alimentation. Ils sont actuellement environ 22 000 présents en Arctique, mais ce nombre sera amené à changer dans les années à venir, leur statut ayant déjà été modifié pour "espèce menacée". Ces animaux se déplacent d'un endroit à l'autre en utilisant les corridors de glace qui se forment sur les océans. La glace devenant de plus en plus rare, les ours doivent nager sur des kilomètres pour trouver des proies, et très souvent, finissent par se noyer, épuisés. On estime qu'en été, les glaces reculeront de 500 à 800 km par rapport à l'hiver, au lieu de 150 à 200 km qu'on peut observer actuellement, limitant encore plus le territoire de chasse disponible.

À mesure que les périodes sans nourriture s'allongent, la condition physique des ours se détériore, ce qui est particulièrement grave pour les ourses en période de gestation ou pour les oursons. La principale cause de mortalité chez les oursons est en effet le manque de nourriture ou le manque de gras pour la mère allaitante.

Des études ont démontré que pour chaque semaine où la glace fond plus tôt qu'autrefois dans la Baie d'Hudson, les ours perdent 10 kg de masse corporelle, abaissant ainsi leur condition physique, ce qui limite leur succès reproductif et pourra

éventuellement engendrer l'extinction de l'espèce (Arctic Council, 2005; WWF, 2006a; 2006b).

Une étude publiée dans le *Polar Biology* en avril 2006 a déjà rapporté des situations dans la région de la Mer de Beaufort où les ours devenaient cannibales, s'attaquant entre eux et mangeant un des leurs tellement la nourriture se faisait rare. Ce fut la première instance de cannibalisme observée en 24 ans d'études dans la région (Steven et al., 2006).

Il est peu probable que l'espèce puisse survivre au 21<sup>e</sup> siècle, puisque plusieurs modèles climatiques prédisent la disparition complète de la glace durant les mois d'été d'ici la fin du siècle actuel. La disparition des ours polaires aura en retour de nombreux et importants impacts au niveau des écosystèmes, puisqu'ils occupent une niche écologique très importante qui risque de débalancer l'équilibre global.

#### Phoques

Plusieurs espèces de phoques, tels que les phoques annelés (*Phoca hispida*), les phoques à rubans (*Phoca fasciata*) et les phoques barbus (*Erignathus barbatus*) sont particulièrement vulnérables aux réductions des banquises, puisqu'ils les utilisent comme plate-formes pour se reposer, donner naissance et nourrir leurs petits. Ils cherchent aussi leur nourriture autour des banquises. Une adaptation à la vie terrestre pendant l'été alors que la glace disparaît semble très peu probable pour ces espèces, qui seront sûrement amenées à s'implanter ailleurs qu'aux endroits traditionnellement occupés par l'espèce depuis des millénaires, et même, à disparaître complètement, comme l'ours polaire (Arctic Council, 2005; WWF, 2006b).

#### Caribous et rennes

La survie des troupeaux de caribous et de rennes dépend de la disponibilité d'une végétation de toundra abondante et des conditions de quête de nourriture adéquates.

Les changements climatiques prévus feront que les zones de végétation se déplaceront significativement vers le nord et se réduiront de beaucoup, de sorte que le support de nourriture sera aussi amoindri. Les cycles de gel-dégel ainsi que les pluies verglaçantes seront aussi plus fréquents, contribuant à des conditions plus dures pour ces espèces qui auront plus de difficulté à se reproduire et à maintenir une population stable (Arctic Council, 2005; WWF, 2005).

### Oiseaux migrateurs

Plusieurs centaines de millions d'oiseaux migrent vers l'Arctique chaque été afin de se reproduire. D'importantes diminutions en termes de superficie pour leurs lieux d'accouplement et de nidification sont à prévoir à mesure que la limite des arbres avancera vers le nord, empiétant sur la toundra. De plus, avec les changements de température, leur arrivée au nord ne coïncidera probablement plus avec la disponibilité d'insectes, sources de nourriture. Aussi, le niveau de la mer augmentant, les côtes subiront plus d'érosion, réduisant d'autant plus la quantité d'habitats disponibles. Beaucoup d'espèces, incluant des espèces déjà menacées, risquent de perdre jusqu'à 50% de leur territoire d'accouplement au cours de ce siècle (Arctic Council, 2005; WWF, 2005).

Certains oiseaux sont aussi affectés par la disparition des banquises. Le guillemot de Kittlitz, par exemple, est un petit oiseau plongeur qui trouve sa nourriture presque exclusivement à la limite entre l'eau libre et la glace. Ces oiseaux, vivant principalement en Alaska, ont vu leur population chuter de plusieurs centaines de milliers en 1972 à moins de 20 000 au début des années 1990. Plusieurs groupes de conservation ont fait des pétitions afin que cette espèce soit considérée comme une espèce en danger d'extinction (Arctic Council, 2005; WWF, 2005).

### Autres mammifères

Les populations de cerfs, de lemmings et de petits rongeurs ont déjà commencé à décliner dans la région au nord de l'Europe, ce qui cause en retour des diminutions de populations au niveau des carnivores, en particulier le renard arctique et le harfang des neiges pour le Canada. Ces diminutions ne feront qu'empirer. De plus, afin de fuir les effets du réchauffement des températures, les populations végétales et animales ont tendance à migrer vers le nord. Plusieurs mammifères habitant déjà très au nord seront particulièrement à risque, puisque la migration vers le nord leur sera impossible, étant limitée par l'océan (Arctic Council, 2005; WWF, 2005).

### Poissons et animaux marins

La température de l'eau augmentant, la diversité locale de poissons sera d'abord amenée à augmenter, à cause de la migration vers le nord, mais à long terme, alors que les températures continueront d'augmenter, elles risquent de dépasser la tolérance thermique de certaines espèces natives et on verra alors une baisse de diversité, avec un niveau d'extinction élevé. Des études récentes faites dans le détroit de Béring ont déjà démontré une diminution marquée des oiseaux et animaux marins dans cette région, avec de fréquents blooms d'algues anormaux. La population de lions de mer a diminué de plus de 50% au cours des dernières décennies, et les saumons sont de taille plus petite, et en moins grande quantité que ce qu'ils ont été autrefois (Arctic Council, 2005; WWF, 2006b).

La biodiversité arctique n'est pas la seule à être menacée. En effet, la biodiversité globale est à risque, puisque chaque année, plusieurs centaines de millions d'oiseaux et autres animaux migrent vers l'Arctique durant l'été pour se reproduire, et le succès de leur reproduction dépend des conditions climatiques en Arctique. Des changements au niveau des ressources disponibles, des lieux de reproduction qui se modifient et des routes de migration qui se dégradent auront potentiellement des répercussions sur leur

succès reproductif et menaceront la biodiversité à grande échelle lorsque de telles espèces disparaîtront des paysages arctiques.

## 2.2.2 Végétation

L'Arctique est dominée au nord par la toundra qui, à mesure que l'on descend vers le sud, cède la place à la forêt boréale. La zone de transition est plutôt minime (30-150 km) et est parsemée de quelques grands arbres et plusieurs rassemblements de petits buissons denses.

On prévoit que les changements climatiques auront des impacts au niveau de ces zones de végétation. Une expansion de la forêt boréale aux dépens de la toundra se fait déjà sentir dans le nord du Canada et en Alaska, et cette expansion ira en s'intensifiant. Une végétation plus dense et plus haute se développera aussi dans les déserts arctiques, ce qui réduira énormément les territoires de reproduction de plusieurs espèces d'oiseaux, comme déjà mentionné précédemment, ainsi que les pâturages d'herbivores terrestres. Des feux de forêt plus intenses et fréquents sont à prévoir, en plus de nombreuses infestations d'insectes (Arctic Council, 2005).

Le graphique suivant, tiré du rapport *Arctic Climate Impact Assessment* (2005), illustre bien les zones de végétation actuelles et les changements prévus dans le futur.

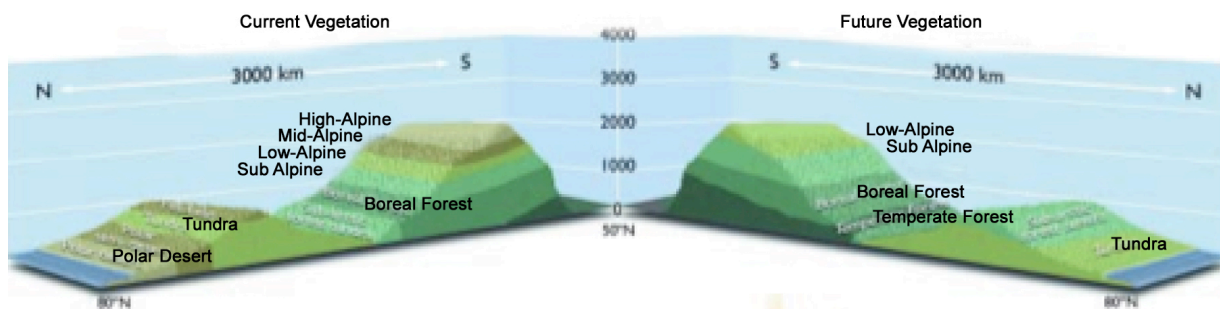


Figure 2.2 Zones de végétation arctique

La section gauche démontre la situation actuelle, alors que celle de droite identifie les nouvelles zones de végétation futures. On remarque que les déserts polaires et l'écozone du Haut-Arctique seront amenés à disparaître totalement, que la forêt boréale atteindra des altitudes beaucoup plus élevées et que les forêts mixtes migreront aussi vers le nord, faisant leur apparition dans des régions où elles n'avaient encore jamais été observées.

Dans la région du nord de l'Alaska et du Canada, 70% des plantes arctiques sont endémiques et ne se retrouvent que dans cette région. La biodiversité dans cette région est donc très vulnérable aux changements de températures et de conditions de croissance. Les espèces concentrées dans un petit endroit, par exemple, sur l'île de Wrangel, sont particulièrement à risque, puisqu'elles devront compétitionner avec d'autres espèces non-natives migrant vers le nord au fur et à mesure que le climat se réchauffe (Arctic Council, 2005).

De plus, la réduction de la toundra et l'expansion de la forêt boréale causeront une diminution de la réflectivité de la surface terrestre, amplifiant ainsi le réchauffement global puisque les régions boisées sont plus foncées et absorberont donc plus d'énergie lumineuse que la toundra. Elles masqueront aussi de grandes régions enneigées, qui autrefois reflétaient la lumière.

Par contre, l'expansion des forêts a l'avantage d'augmenter la quantité de CO<sub>2</sub> absorbée par les arbres; ces forêts pourraient donc devenir des puits de gaz à effet de serre, ce qui compenserait pour leur réflectivité diminuée. Malheureusement, ce renforcement positif risque d'être annulé par le dégel du pergélisol et le réchauffement des marécages, qui dégageront alors plus de méthane (voir "Pergélisol") (Arctic Council, 2005; WWF, 2005).

### 2.2.3 Pergélisol

Par définition, le pergélisol désigne des régions de sol gelées en permanence. Or, ceci est de moins en moins vrai (Cardinal, 2006).

Des études faites dans le nord du Canada, en Russie et en Alaska ont démontré un réchauffement du pergélisol au cours de la dernière décennie, ce qui est consistant avec l'augmentation des températures dans cette région. Lachenbrush et Marshall ont été parmi les premiers à documenter le réchauffement global de la planète en démontrant une augmentation de la température de la surface du sol de 2°C entre le début du siècle et les années 1980. Une augmentation supplémentaire de 3°C a été notée entre 1980 et aujourd'hui (Arctic Council, 2005; Lachenbrush et Marshall, 1986).

Ce réchauffement du pergélisol est à l'origine de nombreux problèmes. Tout d'abord, le pergélisol contient une quantité énorme de matière organique, présentement gelée. En se réchauffant, le pergélisol décongèle cette matière qui commence à se décomposer et libère alors une énorme quantité de méthane, gaz à effet de serre 21 fois plus puissant que le gaz carbonique. Le pergélisol sous les lacs libère aussi du méthane, alors que le carbone emprisonné sous le pergélisol sec se transforme en CO<sub>2</sub>. La quantité de gaz à effet de serre rejeté de cette façon est estimée à 100 fois la quantité de CO<sub>2</sub> émise par la combustion de combustibles fossiles et des études ont démontré que le pergélisol sibérien contenait à lui seul près de 500 gigatonnes de carbone qui pourrait être libérées sous forme de méthane et gaz carbonique si le pergélisol commence aussi à fondre dans cette région (BBC, 2001; University of Alaska, 2006).

Ces estimés sont toutefois plutôt incertains, puisque la majorité de ces émissions sont rejetées dans l'eau, donc très difficiles à mesurer. Des extrapolations de ces mesures indiquent toutefois que la fonte du pergélisol sous les lacs en Sibérie du nord rejette 3.8

téragrammes de méthane par année, soit une augmentation de 58% depuis 1974 (Chanton et al., 2006).

La fonte du pergélisol causera aussi de nombreux changements au niveau des zones de drainage et de l'humidité des surfaces. Ceci affectera en retour les zones de végétation et entraînera des risques de glissement de terrain, augmentant la quantité de sédiments apportés dans les cours d'eau (Arctic Council, 2005).

La fonte du pergélisol cause un autre problème: la disparition des lacs. En effet, c'est en grande partie le pergélisol qui assure l'étanchéité des lacs. Dès qu'il fond, l'eau s'infiltré dans le sous-sol et le lac se vide rapidement. Sur le territoire sibérien, d'après des images satellites, entre 1973 et 1998, le nombre de lacs ayant une superficie supérieure à 40 hectares a diminué de 11% malgré des précipitations annuelles croissantes (Cohen et al., 1997; Futura-Sciences, 2006).

Finalement, la fonte du pergélisol est aussi responsable d'impacts majeurs au niveau des routes et des infrastructures qui étaient bâties en fonction de la rigidité et fermeté du pergélisol, mais qui maintenant risquent de s'écrouler. Cet aspect sera toutefois discuté en détail dans la prochaine section qui aborde les impacts sociaux associés aux changements climatiques.

### **3. ANALYSE: CONSÉQUENCES POUR LES PEUPLES AUTOCHTONES**

Grâce à de minutieuses observations et interprétations de leur environnement, les communautés indigènes habitant l'Arctique ont su développer, au cours des générations, un mode de vie leur permettant de survivre à ces conditions climatiques extrêmes. La flexibilité et l'adaptation sont au coeur de leur succès. Par contre, la vitesse à laquelle les changements se produisent actuellement, combinée à d'autres contraintes culturelles, sociales, politiques, institutionnelles et économiques qui surviennent depuis quelques années, posent un grand défi pour ces peuples.

Près de quatre millions de personnes habitent la région circumpolaire de l'Arctique. Composée d'autochtones, de nouveaux arrivés attirés par le prospect du développement de ressources naturelles et de chasseurs et trappeurs plutôt nomades, cette région renferme aussi plusieurs groupes indigènes uniques (environ 10% de la population) qui continuent à vivre de façon plus traditionnelle comme leurs ancêtres, vivant de chasse et de pêche et pratiquant les coutumes d'autrefois. Les principaux groupes sont les Lapps, en Europe; les Samoyèdes dans l'ouest de la Russie; les Yakuts, les Tungus, les Yukaghirs et les Chukchis dans la région est de Russie; et les Inuits en Amérique du Nord. À cause de leurs ancêtres communs et de leur manque de contact avec d'autres civilisations, tous ces peuples ont des caractéristiques physiques et des cultures très similaires, surtout en ce qui a trait aux outils, vêtements et organisation sociale, mais ils se perçoivent comme étant des peuples à part entière, avec un passé différent, des coutumes et des traditions uniques (Arctic Council, 2005; Nunavut Tunngavik, 2004a).

Les conséquences apportées par les changements climatiques pour les peuples autochtones de l'Arctique sont très variables, dépendamment des régions. Certains impacts sont ou seront positifs pour certaines régions, alors que pour d'autres, les conséquences seront plutôt néfastes, et ces changements affecteront différents niveaux

de leur vie, soit environnemental, social ou économique. Les impacts potentiels associés aux changements climatiques seront résumés dans la section présente.

### 3.1 Impacts économiques

L'Arctique est reconnue pour être une source importante de ressources naturelles. Les premiers explorateurs découvrirent un marché basé sur la vente de produits animaux très intéressant avec quantité de poissons, baleines, phoques et oiseaux. Au 20e siècle, ce fut au tour des minéraux à être exploités, la taille et la richesse des gisements compensant très souvent les frais de transport supplémentaires associés à l'éloignement de ces régions. Au cours des dernières années, le tourisme a aussi fait son apparition et a ajouté un nouveau secteur aux économies locales. Les changements climatiques risquent d'affecter ces secteurs, parfois de façon positive, parfois négative (AMAP, 1998; Arctic Council, 2005).

#### 3.1.1 Pêches

L'Arctique comprend plusieurs sites de pêche extrêmement productifs. Dans la Mer de Béring et de Norvège, la production de poissons a dépassé deux millions de tonnes annuellement il y quelques années, et la Norvège a exporté pour plus de quatre milliards de dollars US de produits de poisson en 2001.

Suite aux augmentations de températures prévues, plusieurs espèces de poisson migreront vers le nord, augmentant dans un premier temps la diversité arctique. Par exemple, il est possible que la morue s'établisse dans cette région où l'eau est plus froide, mais s'ensuivra alors une diminution de crevettes, puisque celles-ci sont les principales proies de la morue. On dit que la diversité biologique n'augmentera que de

façon temporaire, puisque les espèces endémiques, habituées et spécialement adaptées aux températures froides, risquent de moins bien supporter le réchauffement, tel qu'expliqué précédemment. Le cisco arctique, le corégone blanc et l'omble de l'Arctique sont parmi les espèces qui seront probablement amenées à disparaître, et ce sont elles qui contribuent majoritairement à la diète des Inuits du Canada. Les espèces arctiques sont donc à risque. On verra aussi probablement plusieurs changements au niveau des périodes de migration des espèces. Les températures étant de plus en plus douces, les espèces retarderont leurs déplacements, ce qui risque de désynchroniser leur arrivée avec leurs sources de nourriture, perturbant ainsi l'écosystème dans son ensemble (All Things Arctic, 2003; Arctic Council, 2005; Hamilton et al., 2003).

### 3.1.2 Foresterie et agriculture

Les forêts ont déjà été affectées par les changements climatiques, et on prévoit que les impacts seront de plus en plus sévères. De nombreux insectes ont déjà ravagé plusieurs forêts dans le nord de la Russie, et les épisodes d'épidémie ont triplé depuis les 20 dernières années. Dans la région de la péninsule de Kenai, par exemple, 2,3 millions d'acres d'arbres ont été ravagés par des coléoptères en 2001, ce qui représente près de 70-80% des arbres de la région (CIEL, 2005).

Toutefois, le réchauffement climatique ne présente pas que des problèmes en ce qui a trait à l'industrie de la forêt. En effet, puisque les températures augmentent, plus de variétés d'arbres auront la chance d'envahir le nord, remplaçant peu à peu la toundra et les déserts arctiques, et permettant ainsi de développer une nouvelle activité économique, qui aidera à la création d'emplois et à l'économie locale (Arctic Circle, 2005).

L'agriculture quant à elle existe depuis près d'un millénaire en Arctique, consistant principalement en une agriculture de subsistance. Toutefois, de nouvelles opportunités

d'agriculture risquent de voir le jour suite au réchauffement climatique, puisque la saison chaude sera plus longue et s'étendra plus au nord avec plus de précipitation, ce qui créera des conditions favorables à certaines cultures (Arctic Council 2005; Nunavut Tunngavit, 2004b). Déjà à Qaqortoq, les températures moyennes ont grimpé de 1,3°C depuis les 30 dernières années, ce qui a rajouté deux semaines à la saison de récolte qui varie maintenant autour de 120 jours. Avec près de 20 heures d'ensoleillement par jour en été dans cette région, ces deux semaines additionnelles ont une très grande répercussion sur la croissance des plantes (Tarufetter, 2006).

### 3.1.3 Élevage

L'élevage de cerfs est une pratique culturelle et économique courante chez plusieurs peuples indigènes, et cette pratique est maintenant à risque. Tout d'abord, le climat oscille souvent entre la pluie et le gel en automne, causant la formation d'une fine couche de glace sur le sol, ce qui limite ainsi l'accès au lichen pour les cerfs, qui ont de la difficulté à se nourrir.

De plus, l'accès entre les pâturages d'hiver et d'été devient aussi de plus en plus difficile, les routes de glace disparaissant plus tôt au printemps et prenant plus de temps à se former en automne. La plupart des éleveurs utilisent des motoneiges pour déplacer leurs troupeaux; ils doivent donc attendre plus longtemps avant de pouvoir se déplacer en toute sécurité, retardant ainsi les périodes de migration (Arctic Council, 2005; Maxwell, 1997).

### 3.1.4 Ouverture de la route maritime nordique et transport

La fonte des glaces laisse à prévoir un impact potentiel au niveau de l'ouverture d'un passage maritime dans la Mer du Nord, qui permettra une route plus directe pour le transport maritime, comme illustré ci-dessous.



Figure 3.1 Schéma de la route maritime du Nord (tiré de Athropolis Productions, 2006)

D'ici la fin de ce siècle, la saison de navigation (moment où la glace recouvre moins de 50% des eaux) augmentera d'environ 120 jours, comparativement aux 20-30 jours disponibles pour la navigation à l'heure actuelle. Un tel changement aura d'importantes implications dans le choix des trajets pour cette région et permettra un accès beaucoup plus facile aux ressources. Cela pourra réduire le coût de transport des marchandises,

comme les matériaux de construction et les denrées alimentaires, et faciliter l'accès aux ressources naturelles. Les nombreuses mines de charbon en Russie, par exemple, exportant leurs produits par bateau, bénéficieront probablement de grosses économies de transport à cause de l'ouverture de cette route maritime.

Présentement, la plupart des navires transportant des marchandises entre l'Europe et l'Asie passent par le canal de Panama. Cette route équivaut à 12 600 milles nautiques, alors que si les navires empruntaient la route du Nord-Ouest, leur voyage ne serait que d'environ 7 900 milles nautiques. De plus, l'ouverture de ce passage permettrait aussi à davantage de bateaux touristiques de s'aventurer plus au nord, permettant peut-être de développer un nouveau marché économique. L'Arctique risque donc de se développer de plus en plus, ce qui pourrait avoir des effets bénéfiques pour les gens en quête d'emplois dans la région, mais négatifs pour les populations locales indigènes ayant des cultures plus traditionnelles (Adaptation, 2005; Arctic Council, 2005; Pelouas, 2006).

Une certaine dégradation environnementale est aussi à prévoir suite à ce transport plus marqué. Pollution des eaux, destruction d'habitats et surtout déversements de pétrole ou accidents industriels sont à craindre, puisque des études ont démontré que la haute altitude et l'environnement marin très froid apportaient des effets qui étaient plus persistants et néfastes que ceux en basse altitude en ce qui a trait aux déversements (Arctic Council, 2005).

L'ouverture de ce passage aura aussi d'importantes implications au niveau politique. En effet, ces eaux sont, d'après le Canada, considérées comme étant du territoire canadien et font partie des eaux intérieures délimitées en 1973. De façon légale, ces eaux sont donc assujetties aux lois canadiennes et les bateaux qui voudront emprunter ce passage devraient obtenir la permission du Canada avant de pouvoir passer. Toutefois, les États-Unis, eux, insistent que ces eaux sont internationales, et que tous

peuvent emprunter ce passage. En 1985, un brise-glace américain a emprunté ce passage sans demander la permission aux Canadiens. Ils déclarent que cette route était simplement plus rapide et qu'ils n'avaient pas à obtenir d'autorisation pour passer au travers des eaux internationales. Le gouvernement canadien a alors émis une déclaration en 1986 réaffirmant les droits canadiens sur ces eaux. Toutefois, les Américains ont refusé de reconnaître cette déclaration.

L'absence de renforcement policier et militaire dans cette région ne risque pas d'améliorer la situation, en plus d'attirer le transport de cargos illicites. Terroristes, contrebandiers et immigrants illégaux risquent de percevoir ce passage comme une porte ouverte au Canada et aux États-Unis. Le gouvernement Harper compte à tout prix conserver la souveraineté canadienne dans cette région, et planifie investir plus de 5 milliards de dollars en défense nationale, incluant l'achat de trois brise-glace, la construction d'un nouveau port à l'entrée du passage près d'Iqaluit et plusieurs bases militaires pour permettre aux soldats de patrouiller à travers la région. La dispute Canada-É.U. ne fait que commencer (Arcticnet, 2006; Dubé, 2006).

### 3.1.5 Dommages aux routes et infrastructures

Le pergélisol était idéal pour la construction de bâtiments et d'infrastructures à cause de sa solidité et de sa fermeté permanente. Toutefois, avec les changements climatiques, certaines régions commencent à fondre, et sa capacité à bien soutenir les édifices diminue drastiquement. D'après des études, une augmentation de la température du sol passant de  $-4^{\circ}\text{C}$  à  $-1^{\circ}\text{C}$  diminue la capacité de soutien du pergélisol de près de 70% (Arctic Council, 2005).

Le ministère des Transports du Québec a justement rapporté une dégradation précoce des aéroports, routes et bâtiments construits au Nunavik, où des affaissements et des

crevasses apparaissent régulièrement. On peut aussi observer un affaissement sur toute la largeur des chemins d'accès à l'aéroport d'Umiuja et de Salluit. Le MTQ avoue que les bâtiments et infrastructures bâtis dans cette région ont été construits entre 1984 et 1991, alors que l'on ne prévoyait pas de réels changements climatiques à court-terme et que le risque de réchauffement du pergélisol n'avait même pas été pris en considération dans les diverses études qui ont été faites (Cardinal, 2006; Teskrat, 2006).

La combinaison de réchauffement du sol, des designs et pratiques de construction basés sur la présence de pergélisol résultent aussi en de nombreux dommages en Sibérie pour les infrastructures. Un recensement fait durant les années 90 a rapporté que près de la moitié des bâtiments étaient en mauvaise condition, et près de 80% étaient considérés dangereux dans la ville de Vorkuta. Les routes sont aussi très endommagées, et les pistes d'atterrissage sont dans un état d'urgence à travers la Sibérie. De plus, les pipelines de gaz sont dans une situation critique, et 16 bris ont été rapportés uniquement au cours de l'année 2005. Dans la région de Khanty-Mansi, 1 702 accidents de déversement ont été rapportés, et plus de 640 km<sup>2</sup> de terre ont été déclarés non utilisables à cause de la contamination aux produits pétroliers (Arctic Council, 2005).

Le pergélisol fondant de plus en plus vite et les périodes de gel-dégel étant de plus en plus fréquentes, l'accès par la route risque aussi d'être plus compliqué pour certaines industries, par exemple, les mines de gaz naturel ou de gisements de pétrole qui utilisent les routes de glace par-dessus le pergélisol pour le transport. Davantage de maintenance et d'entretien pour garder ces routes en bon état sera nécessaire (Arctic Council, 2005; Cardinal, 2006).

### 3.2 Impacts environnementaux

Avec l'augmentation du niveau des mers surviennent des risques d'inondation pour toutes les communautés vivant à proximité de l'eau, surtout au printemps, lorsque la neige fond et se déverse dans les rivières avoisinantes, empirant encore plus la situation. Une augmentation de 50 cm du niveau de l'eau fait normalement reculer les côtes de plus de 50 mètres pour les régions planes, causant de nombreuses difficultés aux gens habitant près des côtes.

Le Canada possède plus de 240 000 km de littoral côtier. Au cours des 100 dernières années, le niveau de la mer a augmenté de 10 à 25 cm, et on s'attend à ce qu'il augmente de 90 cm d'ici 2100. Beaucoup de villages situés sur ces côtes seront donc à risque.

En plus du niveau de la mer qui monte, on remarque aussi une augmentation de l'intensité et de la fréquence des tempêtes, créant ainsi plus de vagues violentes le long des côtes, et empirant encore une fois l'érosion.

Tuktoyaktuk, petite communauté située le long de la côte nord des Territoires du Nord-Ouest, par exemple, a déjà commencé à s'adapter au littoral érodé en déplaçant des bâtiments vers le centre des terres et en changeant son plan d'urbanisme, ce qui aidera à minimiser les répercussions à long terme (Adaptation, 2005; Arctic Council, 2005; Teskrat, 2006).

La situation est encore pire pour le village de Shishmaref. Un article paru dans le journal d'Alaska en octobre dernier relate l'histoire de ce village occupé par 600 Eskimos Inupiaq, situé à environ 965 km au nord-est d'Anchorage, 150 km à l'est de la Russie, à la pointe d'une île de cinq km assise sur du sable gelé.

Les Inupiaq ont habité ce village depuis plus de 4,000 ans, mais l'augmentation du niveau des océans et la violence des tempêtes qui les menaçaient depuis longtemps ont finalement eu raison d'eux. Les vagues violentes ont détruit leurs embarcations et leurs entrepôts, leurs maisons se sont écroulées suite au dégel et à l'érosion, et 20 autres habitations ont dû être déplacées plus loin du rivage. En 2002, les habitants du village ont voté pour déplacer leur village sur le continent, et neuf nouvelles localisations sont maintenant à l'étude. On estime qu'un tel déplacement occasionnera des frais de plus de 200 millions de dollars, ce qui serait quand même moins élevé que si le village devait être reconstruit totalement à neuf.

Les changements climatiques sont donc fortement ressentis par ces habitants, qui ont toujours vécu une vie insulaire, dépendant totalement de la mer pour survivre. Ils sont maintenant confrontés à une toute nouvelle situation et plusieurs croient que ce déplacement aura un impact considérable sur leur façon d'exister et sur leur perception d'eux-mêmes. Une consolidation avec une autre communauté serait encore pire, puisqu'ils perçoivent la dissémination de leur peuple comme une annihilation de leur culture. Leurs valeurs, leurs traditions et leurs objectifs de vie sont très différents de leurs voisins et souvent perçus comme incompatibles. Ce déménagement sur le continent sera donc un changement critique pour ces habitants, et demandera une capacité d'adaptation importante. Vladimir Romanovsky, professeur de géophysique à l'Université Fairbanks en Alaska, ajoute que ce ne sera pas le seul épisode de la sorte qui sera observé (Teskrat, 2006).

À l'inverse, durant l'été, les températures plus chaudes créeront plus de sécheresse, affectant la navigation sur l'eau et la production hydroélectrique, ainsi que plus de feux de forêt. Tel que mentionné précédemment, les températures douces amènent aussi de nouveaux problèmes d'insectes qui détruisent des forêts entières et menacent les activités forestières.

Les impacts des changements climatiques se font déjà sentir pour certains habitants, mais ce n'est qu'un aperçu de ce qui est encore à venir. Déjà, on peut se rendre compte que les impacts économiques seront difficiles à affronter pour les Inuits du Canada. Des villages vont devoir être déplacés, plusieurs activités économiques devront être modifiées, de nouveaux conflits commerciaux verront le jour, ce qui occasionnera plusieurs impacts sociaux à grande échelle.

### 3.3. Impacts sociaux

De nombreuses conséquences sociales dérivent des impacts énumérés précédemment. Les communautés indigènes nordiques dépendent de l'environnement pour survivre. Elles y trouvent leur nourriture, les matériaux pour confectionner leurs vêtements et bâtir leurs maisons, et même leur identité sociale. C'est à ce niveau que les changements climatiques auront donc le plus d'impacts.

#### 3.3.1 Santé et alimentation

Beaucoup de ces peuples dépendent de la pêche et de la chasse au caribou, à l'ours polaire, au phoque et au renne, non seulement pour se nourrir, mais aussi pour supporter leur économie locale. Des changements au niveau de la disponibilité des espèces et de leur accès mettent donc en péril leur alimentation ainsi que leur santé. Les Inuits, par exemple, ont besoin des banquises pour avoir accès aux phoques desquels ils se nourrissent. Ne pouvant plus subvenir à leurs besoins par la chasse traditionnelle, ceux-ci devront dépendre de plus en plus de nourriture achetée en magasin, plus onéreuse et souvent dommageable pour leur santé, apportant des problèmes cardiovasculaires, du diabète ou de l'obésité (All Things Arctic, 2003; Arctic Council, 2005; Nunavut Tunngavik, 2004b).

Une réduction de la qualité des sources de nourriture est aussi à prévoir à cause des sécheresses qui affecteront les fruits, de la contamination de viandes et poissons, etc. Par exemple, le saumon du Pacifique risque de répondre à l'augmentation des températures en se déplaçant vers les rivières du nord de l'Arctique. Ces saumons accumulent toutefois des contaminants dans l'océan Pacifique et les transporteront plus haut vers l'Arctique, causant des dommages à la santé de ceux qui s'en nourrissent. De plus, la fonte intensive des glaces rejette de fortes quantités de contaminants dans l'eau, tel que discuté précédemment, lesquels étaient auparavant prisonniers depuis des années dans ces glaces. Des changements dans la distribution des vents, des précipitations et des températures risquent aussi de modifier les routes d'entrée des contaminants, leur localisation, ainsi que la quantité déposée en Arctique (Arctic Council, 2005).

Des températures plus chaudes durant l'été font aussi que la nourriture ne se conserve plus aussi bien et l'entreposage à long terme pour l'hiver devient très difficile, créant des problèmes d'approvisionnement pendant l'hiver, ou d'empoisonnement suite à l'ingestion de viandes avariées (Arctic Council, 2005; AMAP, 2003).

Finalement, les changements au niveau des populations animales et des migrations plus haut vers le nord pourraient causer des conditions favorables pour la transmission de maladies transportées par les animaux et transmises aux humains (AMAP, 2003).

### 3.3.2 Sécurité humaine

Des changements dans la prévision de la météo et dans la fiabilité des routes et des ponts de glace présentent de nombreux défis pour la sécurité humaine et même la survie de certains individus. Les autochtones avaient l'habitude de se fier aux conditions climatiques pour prédire la météo, les meilleurs moments de chasse, les

périodes de migration, de gel et de dégel des rivières. Les changements climatiques bouleversent toutefois tous leurs repères, et les connaissances de jadis sur lesquelles ils se fiaient depuis des années ne leur sont plus d'aucune utilité.

Un taux d'accidents et de mortalité plus élevé est donc à prévoir. Les températures plus chaudes réduiront l'épaisseur de la glace, apportant plus de noyades, et les ponts de glace seront moins sécuritaires. Les tempêtes soudaines seront plus courantes et difficiles à prévoir, paralysant certains qui ne s'y attendaient pas. Des problèmes au niveau des infrastructures sanitaires surviendront aussi sûrement, à cause du dégel du pergélisol et les petites communautés rurales vivant dans des régions isolées, arborant des systèmes de support fragiles avec peu d'infrastructures et des systèmes de santé publique inexistantes seront les plus vulnérables (Arctic Council, 2005).

### 3.3.3 Mode de vie et identité sociale

Les peuples indigènes se servent de connaissances accumulées depuis des générations pour survivre sous ce climat austère. Cependant, de nos jours, ils trouvent difficile de se fier à leurs anciennes habitudes: de nouvelles espèces d'animaux apparaissent, alors que d'autres changent de comportement; la glace et le pergélisol fondent, ne leur permettant plus d'attraper des phoques et rendant les déplacements dangereux; les caribous changent leurs routes de migration afin de s'adapter aux conditions différentes de neige et de glace.

Les températures plus chaudes créent aussi un problème pour la confection de vêtements. La fourrure des animaux est en effet plus courte et moins épaisse qu'auparavant. Les vêtements sont donc moins chauds, et les ventes de fourrure rapportent moins. Certains commencent déjà à acheter de la fourrure importée d'autres

régions, mais on se retrouve toujours avec des vêtements de moins bonne qualité et un produit beaucoup plus onéreux (Arctic Council, 2005; CMCC, 2006).

La vie en Arctique devient donc de plus en plus difficile et incertaine, et les habitudes des gens commencent à changer. Ceux pour qui l'ours polaire a une signification symbolique si importante - il est le logo apparaissant sur tous les documents gouvernementaux et les plaques de véhicules - craignent maintenant de le voir disparaître à jamais. Leur mode de subsistance ne leur suffit plus, leurs techniques de chasse ne sont plus efficaces, leurs connaissances du milieu ne leur sont plus d'aucune utilité. Il s'ensuit donc une certaine confusion, un malaise face au futur: toutes les certitudes que ces gens pouvaient avoir sont détruites une à une. Pour certains, cela peut s'apparenter à une crise d'identité sociale. Tout ce qui les définit comme peuple commence à disparaître. Qui seront-ils si leur emblème s'éteint, s'ils ne peuvent plus subvenir à leurs besoins de la façon qu'ils ont toujours connue, si même la neige et la glace, qui ont toujours dominé la région, commencent à fondre? Est-ce que leur langue, leurs coutumes, leurs traditions s'évanouiront avec le reste?

Ces questions fondamentales sont au coeur du problème des changements climatiques en Arctique, et très peu de réponses sont données. Une étude plus approfondie de la question sera apportée dans la section suivante.

### 3.4 Adaptation ou extinction des peuples indigènes?

Les peuples autochtones sont reconnus pour leur capacité d'adaptation. Ils survivent à des conditions environnementales extrêmes, à des fluctuations de populations animales incertaines, à des variations climatiques soudaines et inconstantes.

L'Arctique a été habitée depuis au moins la dernière période glaciaire, soit il y a 10 000 ans, si ce n'est pas plus longtemps. Les peuples sont venus et repartis, ont évolué et se sont adaptés, leur mode de vie changeant avec les conditions environnantes. Ils reconnaissent que les surprises vont de pair avec leur environnement, et c'est pourquoi ils sont si flexibles dans leur façon de vivre et ont développé des adaptations culturelles leur permettant de faire face à ces fréquents changements, comme la chasse mobile en groupe ou des valeurs de partage extrêmement fortes (Arctic Council, 2005; CMCC, 2006; Dixon, 2001; Nunavut Tunngavik, 2004a).

Étant déjà prédisposés à faire face aux changements, ces peuples ne devraient donc pas avoir à s'inquiéter face à leur adaptation vis-à-vis des changements climatiques. Pourtant, plusieurs s'inquiètent: les changements climatiques observés aujourd'hui sont beaucoup plus rapides et plus sévères que ceux rencontrés précédemment, et c'est à se demander si les peuples indigènes seront capables de changer et de s'adapter aussi vite que les changements climatiques leur demandent.

On voit déjà dans les journaux de nombreux articles relatant ces inquiétudes; des groupes autochtones ont amené en justice le gouvernement américain, décrétant une violation de leurs droits humains, puisqu'en ne ratifiant pas Kyoto, le gouvernement américain les condamne à disparaître (Counterpunch, 2004; Freeman, 2000). Plus de 155 000 Inuits habitant le long de la Sibérie, de l'Alaska, du Groenland et du Canada ont aussi demandé à se faire entendre par le groupe *Inter-American Commission on Human Rights*, afin de connaître quels étaient leurs droits (Gouvernement du Canada, 2004). On trouve même des articles de journaux parlant de génocide et de l'extinction de ces peuples (Gertz, 2005).

Parler d'extinction est peut-être exagéré... Les humains ont fait face à plusieurs changements depuis le début de leur existence et ils ont toujours trouvé des moyens de

s'adapter. Un "génocide culturel" est toutefois possible pour ces peuples qui voient leurs coutumes et mode de vie traditionnel s'évanouir peu à peu.

Réussiront-ils à s'adapter en conservant leurs valeurs, leurs traditions, leur patrimoine, leur identité sociale, ou évolueront-ils pour devenir un nouveau peuple, pour qui la culture inuite traditionnelle ne sera qu'un lointain souvenir?

Les opinions sont divisées...

### 3.4.1 Analyse historique

Il est intéressant d'examiner le passé historique des habitants de l'Arctique, afin de mieux comprendre les étapes qui les ont amenés à être ce qu'ils sont maintenant, ainsi que les changements auxquels ils ont déjà eu à faire face. Les archives archéologiques indiquent qu'il y a 5 000 ans, l'Arctique était habitée par un peuple connu sous le nom de "*Tuniit*". Ils ont probablement traversé le détroit de Béring, en provenance de la Sibérie, puisqu'on a retrouvé leurs vestiges à travers l'ouest de l'Arctique, jusqu'aux côtes du Labrador et du Groenland. Jusque dans les années 1000, ils semblent avoir été les seuls occupants de cette région.

C'est à ce moment qu'émergèrent les *Thule*, un peuple nomade en provenance de l'Alaska, et probablement l'ancêtre des Inuits actuels. Ceux-ci avaient un certain avantage sur les *Tuniit*, ayant des bateaux, des chiens, ainsi que plusieurs outils technologiques plus avancés, ce qui leur permit de prendre de l'expansion aux dépens des *Tuniit*. Ceux-ci furent complètement décimés dans les années 1900, suite à des maladies apportées par les Européens.

Les *Thule* étaient nomades et circulaient au nord de la limite de la forêt boréale. Ils vivaient de chasse et de pêche, se nourrissant surtout de baleines franches du Groenland (*Balaena mysticetus*). Des nombreuses communautés s'établirent sur les côtes nord de l'Alaska, où il était facile de chasser les baleines qui traversaient les passages étroits entre les glaces du printemps.

Vers les années 1250, ces peuples entrèrent en contact avec les Norse, ou Vikings, qui avaient établi de petites communautés dans la région sud-ouest du Groenland, et des échanges de technologies utilisant le métal s'ensuivirent alors. Éventuellement, ces colonies viking disparurent, autour des années 1400, probablement à cause de la Petite Ère Glaciaire, qui refroidit considérablement le climat à cette époque.

C'est aussi à cette époque que de nombreux changements commencèrent à apparaître dans la culture Thule qui marquent entre autres la transition entre la culture thule et inuite d'aujourd'hui. Tout d'abord, le climat refroidissant et les baleines se faisant de plus en plus rares, les Thules (ou Inuits) durent abandonner leurs sites de chasse et pêche en Haute Arctique pour se réfugier plus au sud. Leur diète était alors beaucoup plus pauvre, consistant de petits mammifères marins, de poisson et de caribou. Il leur était maintenant impossible d'accumuler assez de nourriture pour passer l'hiver avec de si petites proies; ils durent donc commencer à passer l'hiver en communautés dans des igloos, d'où ils pouvaient plus facilement chasser les phoques à travers la glace. Sans baleine, ils perdirent aussi accès à plusieurs matériaux de construction pour leurs habitations et d'outils fabriqués à partir du squelette.

Durant les 16e, 17e et 18e siècles arrivèrent les pêcheurs européens, baleiniers et explorateurs, qui ont davantage apporté de changements aux cultures traditionnelles par leur influence européenne. Puis, ce fut le tour des Catholiques et des Protestants (1905-1925), causant une autre ère de changement où de nouveaux cultes émergèrent, créant des conflits avec les croyances traditionnelles. Finalement, la création d'écoles

où l'éducation canadienne prévalait aux dépens de la culture inuite empira la situation en enlevant les enfants dès l'âge de 5 ans de leur contexte inuit, les aliénant de plus en plus de leur culture traditionnelle (CMCC, 2006; Die Off, 2006; Nunavut Tunngavik, 2004a).

Actuellement, ce n'est donc pas une période très facile pour ces communautés. Les jeunes sont aux prises avec de nombreux problèmes de drogues et d'alcool, les taux de suicide et de chômage sont extrêmement élevés, la violence conjugale ainsi que le décrochage scolaire sont courants, et ceci n'est que la pointe de l'iceberg d'un problème beaucoup plus profond: la lutte constante contre la perte de leur identité sociale ainsi que l'absence d'un projet social commun.

Déjà, les habitudes et le mode de vie de ces peuples se sont modifiés sans que ces changements n'aient rien à voir avec les changements climatiques: au lieu de chasser avec des chiens en traîneaux, ils utilisent maintenant des motoneiges; au lieu de chasser avec des harpons comme leurs ancêtres, ils utilisent des fusils et carabines de chasse. Les igloos ne sont plus que des vestiges culturels, et tous habitent maintenant des maisons chauffées et bien isolées. Les jeunes naviguent sur Internet, écoutent la télévision et écoutent la musique populaire; leur compréhension de la langue traditionnelle s'effrite peu à peu, limitant les échanges avec leurs ancêtres, sources de connaissances et de traditions culturelles (CMCC, 2006).

#### 3.4.2 Capacité d'adaptation

En plus des changements climatiques auxquels ils sont confrontés, les communautés autochtones habitant l'Arctique doivent aussi faire face à d'autres forces qui sont déjà mises en oeuvre. En effet, des forces politiques, sociales et économiques sont déjà présentes et les communautés indigènes doivent se battre constamment pour

conserver leur identité et culture distincte pour ne pas se faire assimiler aux majorités nationales.

Déjà dans les années 1960, plusieurs anthropologistes, tels que Diamond Jenness prédisaient la fin de la culture inuite. Toutefois, 40 années plus tard, cette culture existe toujours. Malgré tous ces changements massifs menaçant de les faire disparaître, grâce à leur lutte constante contre l'assimilation, sous la surface, ils ont su évoluer sans compromettre leurs valeurs de base, en conservant leur héritage, leur langue et leur sens de l'indépendance (CMCC, 2006; Nunvut Tunngavit, 2004a).

Il semble donc possible que ces peuples puissent s'adapter aux changements tout en conservant leur identité; un équilibre peut exister entre le monde moderne et la culture traditionnelle.

Une étude a d'ailleurs été faite sur les habitants de Sachs Harbour, petite communauté dans le nord du Canada, afin d'évaluer leur capacité d'adaptation, et il se trouve que ces peuples ont la capacité de s'adapter à deux différents niveaux. Tout d'abord, des adaptations à court terme sont possibles. Par exemple, chasser une nouvelle espèce lorsque celle sur laquelle ils se nourrissaient commence à décliner, varier les lieux et les moments de chasse pour les faire coïncider avec les migrations, etc. Cette flexibilité est requise des communautés qui dépendent de l'environnement pour survivre et se nourrir, et toujours prévoir un "plan B" est une nécessité.

Le deuxième mécanisme d'adaptation est relié au mécanisme de survie de ces communautés qui ont à évoluer dans un environnement extrêmement variable et incertain; de telles adaptations sont considérées comme étant des stratégies de survie à long terme. Les connaissances traditionnelles permettent de diversifier les activités de chasse, de consolider les réseaux de partage et d'étendre les échanges entre

communautés pour les ressources et la nourriture. La flexibilité des patrons de chasse sont des exemples de stratégies adaptatives à long terme (Berkes et al., 2001).

Les peuples nordiques sont donc prédisposés, tout naturellement, à s'adapter; leur disparition complète pendant les périodes de grands changements climatiques est donc une éventualité très peu probable. Mais il existe plusieurs façons de s'adapter, certaines comportant des coûts - autant économiques que sociaux - plus élevés que d'autres. Les solutions qui devraient être préconisées sont celles qui ne mettent pas en jeu leur culture, mais au contraire les aident à bâtir une société plus solide.

Certaines pistes de solution seront suggérées dans la prochaine partie. Ces solutions ne sont que quelques-unes d'une vaste gamme de possibilités d'adaptation envisageables, et nul ne prétend qu'elles représentent la marche à suivre pour régler tous les problèmes.

Tout comme les changements climatiques qui nous font entrer, la plupart du temps, dans un monde de supposition et de projections, ces solutions ne sont que quelques réponses imaginables aux divers changements prévus.

#### **4. PISTES DE SOLUTIONS ET RECOMMANDATIONS**

Les Inuits réussissent à survivre dans un climat austère en observant attentivement les signes environnementaux et en les interprétant comme ils ont appris à le faire de génération en génération. Leur survie dépend en grande partie de leur capacité à anticiper et à réagir aux dangers, aux risques, aux opportunités et aux changements. Leur connaissance du milieu est donc bien plus que seulement une collection de données. En partageant leur information, ils peuvent déduire des parallèles entre certains faits; leurs chansons, leurs danses et leurs histoires révèlent des événements marquants qui ont eu lieu à certains moments, créant des archives de données qui sont transmises de génération en génération. Ce savoir est donc d'une importance primordiale pour les études sur les changements climatiques; il est la synthèse d'incommensurables observations faites sur l'environnement.

Une approche pour améliorer la situation serait donc de développer des mesures comportant un système multi-paliers, incluant savoir traditionnel et scientifique, qui pourront aider à déterminer les besoins locaux, les actions nécessaires et les inquiétudes des populations concernées (Arctic Council, 2005).

Certains projets de ce type existent déjà, mais ce n'est que récemment qu'ils ont commencé à voir le jour. C'est le cas entre autres d'un projet mis de l'avant par l'administration régionale de Kativik, qui a été mis en place en 2004. Ce programme local de surveillance repose autant sur le savoir traditionnel que scientifique afin de fournir des outils d'adaptation aux communautés en ce qui a trait à l'accès au territoire et aux ressources. Une collectivité naskapi (Kawawachikamach) et trois collectivités inuites (Kangiqsujuaq, Kangiqsualujjuaq, Umiujaq) participent au projet. Le réseau de surveillance de la route de glace consiste à interviewer des exploitants expérimentés ainsi que des aînés de la communauté concernant les caractéristiques des routes en hiver. Les chercheurs locaux sont responsables de réaliser les entretiens et les travaux

sur le terrain. Les descriptions des variations de l'état des glaces sont transformées en indicateurs climatiques quantitatifs afin de les comparer aux données instrumentales. De tels indicateurs de l'état des routes fourniront l'information requise pour élaborer les projections climatiques reflétant la réalité temporelle et spatiale des collectivités nordiques (Administration régionale de Kativik, 2004).

De tels projets favorisent donc le sentiment d'appartenance des Inuits, sollicitent leur participation dans des projets les concernant et prennent à coeur leurs opinions afin de trouver des solutions qui leur conviennent.

Certains groupes ont aussi été créés afin de renforcer l'unité des Inuits et s'assurer que leurs droits soient protégés. C'est le cas de la Conférence circumpolaire inuite, organisation internationale représentant environ 130 000 Inuits qui vivent dans les régions arctiques du Canada, de l'Alaska, du Groenland et de Chukota (Russie). Ses principaux objectifs sont:

- “de défendre les droits et les intérêts des Inuits à l'échelle internationale;
- d'élaborer et encourager des politiques à long terme visant à protéger l'environnement arctique;
- de solliciter un partenariat complet et actif pour le développement politique, économique et social des régions circumpolaires, et
- d'obtenir la reconnaissance du droit des Inuits à l'auto-détermination et de leur égalité en tant que peuple” (Gouvernement du Canada, 2004).

Certaines adaptations plus mineures existent aussi, qui sauraient minimiser les impacts des changements climatiques à court terme et peut-être rendre la vie des habitants nordiques un peu plus facile.

Nouvelles technologies:

Les communautés nordiques ont réussi à vivre sous ce climat difficile en observant les conditions climatiques et en sachant reconnaître les signes du temps. Par contre, la nature dérégulée et les nombreux bouleversements climatiques observés ne leur permettent plus de se fier aux signes d'autrefois. Afin d'éviter les accidents, ils devront maintenant s'équiper de nouvelles techniques de suivi, de chasse et de capture, de nouveaux équipements technologiques plus avancés, et développer une économie plus variée, qui compensera pour le manque dans leur économie de subsistance.

Ouverture du passage maritime du nord:

Si cet aspect du réchauffement semble être un des très rares avantages, il est primordial que l'augmentation du transport marin aille de pair avec des régulations nationales et internationales révisées, mettant l'accent sur la sécurité marine et sur la protection de l'environnement. Le gouvernement canadien a suggéré d'ouvrir de nouvelles bases militaires le long des côtes arctiques, et d'associer les autochtones aux patrouilles des berges. Déjà en août 2005, plus de 400 soldats canadiens ont été envoyés en Arctique pour un exercice de patrouille dans le détroit de Lancaster, près des Iles Baffin et Devon, et ont demandé la collaboration des garde-forestiers inuits (CBC News, 2006). Ceci pourrait amener une perspective d'emplois intéressante pour les Inuits.

Un transport accru dans cette région ira de pair avec une destruction plus importante des habitats, une détérioration possible des écosystèmes et un risque de déversements pétroliers élevé. Une surveillance environnementale accentuée sera nécessaire, et des mesures de protection pour l'environnement devront être instaurées.

De plus, si l'augmentation du transport maritime dans cette région apporte des désavantages aux peuples nordiques (diminution de poissons suite à la pollution plus

élevée ou destruction d'habitat, etc.), ces derniers devraient recevoir un dédommagement quelconque afin de compenser ces pertes.

Fonte du pergélisol:

Suite à la fonte du pergélisol qui déstabilise bâtiments et infrastructures, une adaptation rapide est nécessaire: une surveillance minutieuse du comportement des infrastructures en fonction du mouvement du sol devrait d'abord être instaurée, puis de nouvelles pratiques de construction qui tiennent compte de l'instabilité du sol devraient être utilisées, avec des nouvelles fondations ajustées en fonction de la profondeur du sol gelé. Pour les habitations déjà construites qui deviennent instables, la solution la plus économique est souvent de se relocaliser et rebâtir à neuf. La planification du territoire devra toutefois être revue, afin d'éviter la construction de villages dans des zones à risque (inondations, glissements de terrain, écoulement, etc.) et certains villages complets devront être relocalisés loin des côtes ou des endroits susceptibles d'être inondés. Une cartographie précise de la région sera un outil important pour la gestion des territoires, permettant de déterminer avec précision quelles zones sont instables, inondables ou au contraire favorables à l'exploitation et la construction.

En ce qui a trait aux routes, une augmentation de l'épaisseur des remblais le long de celles-ci ainsi que le long des pipelines serait une première solution, alors que davantage de surveillance et d'entretien pour les routes de glace seront nécessaires dans un premier temps. Le remplacement des ponts de glace vers des structures de métal devront se faire par la suite.

Les rails de train aussi se déforment, rendant le transport par train très difficile. Une solution possible serait d'instaurer un système d'isolation, composé de petites roches concassées, formant une épaisse couche protectrice par-dessus le pergélisol. Ce système a été utilisé au Tibet, pour la construction de la voie ferrée de Qinghai-Xizang,

qui s'étend sur plus de 1 100 km et dont plus de la moitié se trouve sur du pergélisol (LiveScience, 2004).

À l'heure actuelle, de nombreuses études ont été lancées et plusieurs firmes d'ingénierie s'efforcent de trouver des solutions technologiques à ces nouveaux problèmes, mais très peu de solutions viables et efficaces ont vu le jour. On remarque deux tendances au niveau des recherches: trouver des solutions pour garder le pergélisol gelé, ce qui ne semble que retarder le problème sans vraiment le régler, ou trouver de nouvelles façons de construire, de nouveaux matériaux qui permettront de bâtir sur des surfaces instables, option qui semble un peu plus prometteuse. De la peinture claire sur les routes afin d'éviter le réchauffement de la surface, l'utilisation de thermosiphons placés le long des routes qui permettent à la chaleur de s'échapper et de nouveaux remblais faits de larges roches qui laissent l'air circuler librement, ce qui favorise le refroidissement du pergélisol et diminue sa vitesse de fonte, sont présentement des solutions à l'essai depuis quelques années (NASA, 2005; University of Fairbanks, 1998).

La fonte du pergélisol cause un autre problème au niveau de l'eau potable. Traditionnellement, l'eau potable était récoltée sous le pergélisol, alors que les matières résiduelles étaient entreposées dans des puits ou dépotoirs à ciel ouvert à la surface du pergélisol qui, étant gelé, offrait une grande imperméabilité et limitait la contamination. Le réchauffement des températures actuel décongèle toutefois ces piles de matières et permet aux bactéries de migrer à travers le sol vers les réserves d'eau potable. De plus, tel que discuté précédemment, plusieurs lacs existent à cause de l'imperméabilité du pergélisol gelé les entourant. En fondant, le pergélisol perd son étanchéité et ces lacs disparaissent, apportant avec eux les réserves d'eau potable qui diminuent.

Afin d'éviter toute contamination, les communautés nordiques devraient faire preuve de prudence en ce qui a trait à l'eau potable. Faire des analyses d'eau, la faire bouillir

avant de la consommer et utiliser de l'eau embouteillée en cas de doute sont des solutions à privilégier à court-terme. Des techniques de traitement et d'analyse d'eau plus poussées, ainsi que des usines de traitement d'eau seront aussi nécessaires afin que la qualité de l'eau potable soit bien contrôlée (Assemblée Nationale du Québec, 2006; Inuit Tapiriit Kanatami, 2005).

Les pêches sont aussi une des activités économiques qui peut être à risque suite à la fonte du pergélisol. En effet, le sol devenant de plus en plus instable, de nombreux glissements de terrain sont à prévoir, ainsi qu'une augmentation de l'érosion des côtes, phénomènes qui rejettent une quantité énorme de sédiments dans l'eau. Certaines espèces de poissons plus susceptibles à la qualité de l'eau risquent d'en souffrir. L'érosion le long des côtes risque aussi de détruire des habitats essentiels à la survie de certaines espèces.

De plus, à la base de la chaîne alimentaire marine arctique se trouve une espèce d'algues glaciaires (phytoplankton) qui s'accroche sous la glace durant tout l'hiver. Lorsque la glace fond au printemps, ces algues peuvent avoir plus de 80 km de long et supportent plusieurs crustacés et invertébrés, source de nourriture pour d'autres poissons et animaux marins. Des changements dans la qualité de l'eau ou de sa température risquent de perturber cette fragile chaîne et affecter tout l'écosystème arctique (Environmental Health Center, 2000).

Il n'existe malheureusement pas de solutions efficaces pour ces problèmes à l'heure actuelle, mais de nombreuses études sont en cours afin de bien comprendre le problème ainsi que toutes les répercussions qu'il entraîne.

Espèces menacées:

Malheureusement, très peu d'options semblent être disponibles pour aider les espèces menacées d'extinction suite à la fonte des glaces. Des tentatives ont déjà été faites afin

d'aider les ours polaires: le Service de Fish and Wildlife des États-Unis a tenté de nourrir les ours durant l'été, alors que la nourriture est très difficile à trouver en raison de la disparition des glaces. Ce ne fut pas un succès retentissant; il était difficile de bien localiser les ours, qui parcourent un énorme territoire, et encore plus de les habituer à manger cette nourriture qu'il ne chassait pas eux-mêmes. Le futur est donc très noir pour ces espèces, et ce sera aux peuples nordiques qui se nourrissent de ces espèces à trouver un moyen de s'adapter malgré leur disparition (Jolin et al., 2005).

Il est difficile de prévoir avec précision quels seront les impacts spécifiques de la disparition d'espèces arctiques. Il est certain que l'équilibre de l'écosystème sera perturbé, que l'on assistera au déplacement de plusieurs espèces et que plusieurs adaptations seront nécessaires de toute part avant de voir une certaine forme de stabilité revenir.

Il sera important pour les communautés autochtones de trouver des sources de nourriture alternatives aux sources traditionnelles et de solidifier leurs réseaux de partage et d'entraide. De nouvelles techniques de chasse utilisant des technologies plus avancées pourraient les aider à localiser les nouvelles routes de migration ou zones de migration. L'approvisionnement externe en nourriture sera aussi important, et l'emphase sur les "aliments santé" devrait être privilégiée afin de limiter les problèmes de santé.

La confection de vêtements devra elle aussi subir quelques modifications. L'introduction de nouvelles espèces domestiques, telles que les moutons et les lamas, dans les zones plus au sud, pourrait compenser pour la diminution d'espèces sauvages disponibles, et l'utilisation de matériaux synthétiques pourra peu à peu remplacer les peaux traditionnelles qu'on utilisait autrefois.

## Amélioration des prédictions futures

Le rapport *The Arctic Climate Impact Assessment* représente un des premiers efforts qui a été fait dans le but de mieux comprendre les impacts que les changements climatiques ont et pourront avoir sur cette région. Ce rapport a combiné les analyses de centaines de scientifiques autour du monde dont les recherches reposaient sur l'Arctique. Il inclut aussi quelques observations des autochtones, qui ont développé une grande connaissance des conditions environnementales de la région à travers leur longue expérience de vie sous ces conditions. Une compréhension plus approfondie du phénomène des changements climatiques résulte donc de ce rapport, mais beaucoup reste encore à apprendre. D'autres études devraient continuer à se faire afin de limiter les incertitudes, enrayer les doutes, et parfaire les connaissances.

En effet, le système climatique terrestre est tellement complexe et comprend tellement de variables qu'il est difficile de prévoir l'impact que chacun pourrait avoir sur l'ensemble des composantes. Plusieurs de ces facteurs nécessitent encore beaucoup d'analyses avant que l'on puisse émettre des prédictions sûres. Par exemple, plusieurs s'interrogent sur la variabilité de l'énergie solaire et à quel point elle influence le réchauffement climatique; l'impact de la vapeur d'eau dans l'atmosphère comme GES est aussi un facteur à étudier, tout comme l'impact de la couverture nuageuse sur l'albedo (Arctic Council, 2005; Wang et Key, 2003).

De plus, afin d'obtenir un portrait plus juste de la situation à travers l'Arctique, un plus grand nombre de données devra être collecté à divers endroits de l'Arctique pendant de plus longues périodes de temps. La priorité devrait être donnée à la collection et l'interprétation des données relativement au climat et à l'environnement physique, ainsi qu'au taux de changement associé aux plantes, animaux et écosystèmes, puisque beaucoup d'incertitudes planent encore sur ce sujet.

La partie la plus importante de cette collecte de données reste toutefois associée à la collaboration des communautés indigènes, qui connaissent si bien leur environnement et sauraient apporter une contribution majeure à la recherche scientifique.

En effet, ces gens ont été les premiers à remarquer que des changements se produisaient en Arctique, puisque leur survie dépend de leurs observations du milieu. Tout changement dans la composition de la neige, dans les routes de migration, dans la vitesse de fonte de la glace, ou dans l'apparition ou la disparition d'espèces est susceptible d'avoir été remarqué et discuté à travers la communauté. Ces gens sont donc une source de savoir et de connaissances immense qui permettrait une documentation détaillée et systématique des changements apportés à l'environnement.

Leur collaboration aux recherches permettrait aussi l'intégration de leurs besoins, de leurs incertitudes et de leurs préoccupations dans les pistes de solution. Ils pourraient choisir les moyens de mitigation qui répondent le plus à leurs valeurs et leur culture, et qui sont le plus adaptés à leur style de vie.

## CONCLUSION

Le réchauffement de la planète existe vraiment. Ce n'est plus un problème "potentiel" futur qu'il faudra régler dans cinquante ans. Ses impacts se font déjà sentir à l'échelle planétaire et ils ne font qu'empirer. Fonte des glaces, augmentation du niveau des océans, disparition prochaine d'écosystèmes et perturbation de la circulation marine ne sont que la pointe de l'iceberg en terme d'impacts associés aux changements climatiques.

En effet, les changements observés en Arctique ne sont pas restreints à cette région; tous les écosystèmes sont inter-reliés, les systèmes atmosphérique et océanique parcourent la Terre d'un bout à l'autre et les changements apportés à l'un ou l'autre de ces régions auront tôt ou tard des répercussions à l'échelle planétaire.

En plus de causer des dommages à l'environnement, ces changements mettent aussi en péril l'existence de certaines communautés arctiques qui voient leur mode de vie et leurs habitudes complètement bouleversés. Leurs sources de nourriture disparaissent, leurs villages s'écroulent, leurs territoires de chasse diminuent de jour en jour. Leur histoire et leur capacité d'adaptation laissent toutefois croire qu'elles sauront s'adapter et survivre à ces changements, comme l'humain a toujours su le faire au cours de son existence. Entre s'adapter ou périr, le choix n'est pas difficile.

Si leur extinction n'est pas à craindre, il en va autrement de leur extinction "culturelle". L'appréhension associée à l'adaptation face aux changements réside dans le fait que le mode de vie traditionnel de ces communautés est à la base de leur culture, et plusieurs redoutent qu'en laissant de côté leur mode de vie traditionnel, leur culture et leur identité sociale s'éteindront en même temps.

Cette éventualité ne risque toutefois pas de se produire. Ces peuples ont déjà prouvé à travers les années, malgré les changements massifs menaçant de les faire disparaître et tentant de les assimiler aux peuples majoritaires, qu'ils savaient évoluer et s'adapter en conservant leurs valeurs de base, leur héritage et leur sens de l'indépendance.

Le rapport du Arctic Council est une première étape quant à l'étude des changements climatiques en Arctique. Beaucoup de données sont encore manquantes, beaucoup de lacunes encore présentes. On croit pouvoir prédire la majorité des impacts apportés par les changements climatiques, mais il ne faut pas oublier qu'étant donné la complexité du système terrestre, plusieurs surprises auxquelles on ne s'attendait pas risquent de survenir. Il serait important d'incorporer le savoir et les connaissances autochtones dans une prochaine analyse, afin d'avoir un portrait plus complet de la situation et peut-être, une vision quelque peu différente.

Les réponses aux changements environnementaux sont multi-dimensionnelles. Elles nécessitent des modifications au niveau de la chasse, de la pêche, des activités économiques, des habitudes de vie, mais en plus, certains ajustements au niveau des aspects spirituels et culturels de la vie quotidienne. En intégrant les connaissances indigènes dans la recherche scientifique et en tenant compte de leur culture distincte pour l'élaboration de pistes de solution, il va sans dire que les communautés autochtones arctiques seront en mesure de s'adapter sans avoir à renier leur identité sociale.

## RÉFÉRENCES

ADAPTATION (2005) S'adapter aux changements climatiques au Nunavik, [http://www.adaptation2005.ca/abstract/lafortune\\_f.html](http://www.adaptation2005.ca/abstract/lafortune_f.html). Consulté le 13 octobre 2006.

ADMINISTRATION RÉGIONALE DE KATIVIK (2004) Programmes d'aide, <http://www.krg.ca/fr/rrrd/programs.htm#4#hsp>. Consulté le 3 novembre 2006.

AGENCE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA MAÎTRISE D'ÉNERGIE (ADEME) (2004) Polluants Organiques Persistants, <http://www.ademe.fr/entreprises/polluants/polluants/polluant.aspID=49&o=1>. Consulté le 27 novembre 2006.

ALL THINGS ARCTIC (2003) Inuit Polar Bear Hunt, <http://www.allthingsarctic.com/news/2003/0403/inuit-hunt.aspx>. Consulté le 28 septembre 2006.

ARCTIC CIRCLE (2005) Global Changes: Implications for the North, <http://arcticcircle.uconn.edu/NatResources/Globalchange/globalindex.html>. Consulté le 26 octobre 2006.

ARCTIC COUNCIL. (2005) Arctic Climate Impact Assessment. Cambridge University Press, New York, 1086 pages, sur le site de <http://www.acia.uaf.edu/>. Consulté le 10 octobre 2006.

ARCTIC MONITORING AND ASSESSMENT PROGRAM (2003) The Influence of Global Change on Contaminant Pathways to, within, and from the Arctic. Arctic Monitoring and Assessment Programme, Oslo, 65p.

ARCTICNET (2006) Canada must seal deal with U.S., <http://www.arcticnet-ulaval.ca/index.php?fa=News.showNews&menu=4&home=5&sub=1&id=303>. Consulté le 12 novembre 2006.

ASSEMBLÉE NATIONALE DU QUÉBEC (2006) Le réchauffement climatique et autres problèmes au Nunavik, <http://www.assnat.qc.ca/fra/37legislature2/commission/cte/rapport-climatNunavik.html#422>. Consulté le 22 novembre 2006.

ATHROPOLIS PRODUCTIONS (2006) Maps of the Northwest Passage, <http://www.athropolis.com/map9.htm>. Consulté le 23 octobre 2006.

- BAMBER, J.L., JOUGHIN, I.R., FAHNESTOCK M., et MACAYEAL, D. (2001) Observation and flow of the largest Greenland ice stream. *Journal of Geophysical Research*, vol. 106, num. 34, p.21-34.
- BARBER, D.G., IACOZZA, J. et WALKER, A.E. (2003) Estimation of snow water equivalent using microwave radiometry over Arctic first-year sea ice. *Hydrological Processes*, vol. 17, p. 3503–3517.
- BBC NEWS (2001) Arctic now “adding” Global Warming, <http://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/11588269.stm>. Consulté le 11 octobre 2006.
- BRYDEN, H. L., LONGWORTH H.R. et CUNNINGHAM, S.A. (2005) Slowing of the Atlantic meridional overturning circulation at 25° N. *Nature*, vol. 438, p.655-657.
- BERKES, F. et JOLLY, D. (2001) Adapting to climate change: social-ecological resilience in a Canadian western Arctic community. *Conservation Ecology*, vol. 5, num. 2 [en ligne]: <http://www.consecol.org/vol5/iss2/art18/>. Consulté le 18 octobre 2006.
- CANADIAN MUSEUM OF CIVILISATION CORPORATION (CMCC) (2006) Canadian Inuit History, [http://www.civilization.ca/educat/oracle/modules/dmorrison/page02\\_e.html](http://www.civilization.ca/educat/oracle/modules/dmorrison/page02_e.html). Consulté le 14 novembre 2006.
- CARDINAL, F. (2006) Même le pergélisol ramollit. *La Presse* (Montréal), 28 septembre, p.S-28.
- CBC NEWS (2006) Military Conducts Sovereignty Exercise in High Arctic, <http://www.cbc.ca/canada/north/story/2006/08/18/lancaster-sovereignty.html>
- CHANTON, J.P., VERBYLA, D et CHAPIN, F.S. (2006) Melting Lakes in Siberia Emit Greenhouse Gas. *Nature*, vol. 443, p. 71-75.
- CHAPMAN, W.L. et WALSH, J.E. (2003) Observed climate change in the Arctic: Recent variations of sea ice and air temperatures in high latitudes. *Bulletin of the American Meteorological Society*, vol. 74, num. 1, p. 33–47.
- CENTER FOR INTERNATIONAL ENVIRONMENTAL LAW (CIEL) (2005) Battling the Beetles, [http://www.ciel.org/Climate/Climate\\_Arctic.html#2](http://www.ciel.org/Climate/Climate_Arctic.html#2). Consulté le 2 novembre 2006.

CLIMATE RESEARCH UNIT (2006a) Global Temperature Records, [http://www.cru.uea.ac.uk/link/new\\_link/welcome.html](http://www.cru.uea.ac.uk/link/new_link/welcome.html). Consulté le 12 octobre 2006.

CLIMATE RESEARCH UNIT (2006b) Thermohaline Circulation, [http://www.cru.uea.ac.uk/link/new\\_link/welcome.html](http://www.cru.uea.ac.uk/link/new_link/welcome.html). Consulté le 12 octobre 2006.

CLIMATE RESEARCH UNIT (2006c) Sea Level Rise, [http://www.cru.uea.ac.uk/link/new\\_link/welcome.html](http://www.cru.uea.ac.uk/link/new_link/welcome.html). Consulté le 12 octobre 2006.

CLIMATE RESEARCH UNIT (2006d) Causes of Climatic Changes, [http://www.cru.uea.ac.uk/link/new\\_link/welcome.html](http://www.cru.uea.ac.uk/link/new_link/welcome.html). Consulté le 12 octobre 2006.

CLIMATE RESEARCH UNIT (2006e) El Niño and Climatic Changes, [http://www.cru.uea.ac.uk/link/new\\_link/welcome.html](http://www.cru.uea.ac.uk/link/new_link/welcome.html). Consulté le 12 octobre 2006.

CLIMATE SCIENCE (2005) Arctic and Antarctic Oceans: Saltier or not? <http://www.realclimate.org/index.php?p=191>. Consulté le 14 octobre 2006.

COHEN, S.J. (1997). Mackenzie Basin Impact Study. Rapport final, Environnement Canada, Environmental Adaptation Research Group, 372 pages.

COUNTERPUNCH (2004) Genocide by Global Warming, <http://www.counterpunch.org/cornwell12172004.html>. Consulté le 11 octobre 2006.

CURRY, R. et MAURITZEN, C. (2005) Dilution of the Northern North Atlantic Ocean in Recent Decades. *Science*, vol. 308, p.1772-1774.

DAVID SUZUKI FOUNDATION (2006) Climate Changes: Impacts and Solutions, [http://www.davidsuzuki.org/Climate\\_Change/](http://www.davidsuzuki.org/Climate_Change/). Consulté le 12 octobre 2006.

DICKSON, B., YASHYAEV, I., MEINCKE, J., TURRELL, B., DYE, S. et HOLFORT, J. (2002) Rapid freshening of the deep North Atlantic Ocean over the past four decades. *Nature*, vol. 416, p. 832-836.

DIXON, E.J. (2001) Human colonization of the Americas: timing, technology and process. *Quaternary Science Reviews*, vol. 20, p. 277–299.

- DIE OFF (2006) Sudden Climate Change Through Human History, <http://dieoff.org/page127.htm>. Consulté le 11 octobre 2006.
- DROBOT, S.D. et ANDERON, M.R. (2001) Comparison of interannual snowmelt-onset dates with atmospheric conditions. *Annals of Glaciology*, vol. 54, p.79-81.
- DUBÉ, R. (2006) As Ice Melts, debate over NorthWest Passage Heats. *USA Today*, 4 avril, [http://www.usatoday.com/news/world/2006-04-03-nwpassage-debate\\_x.htm](http://www.usatoday.com/news/world/2006-04-03-nwpassage-debate_x.htm). Consulté le 27 octobre 2006.
- EKSTRÖEM, G., NETTLES, M. et TSAI, V. (2006) Seasonality and Increasing Frequency of Greenland Glacial Earthquakes. *Science* 24, num. 5768, p. 1756-1758.
- ENVIRONMENTAL HEALTH CENTER (2000) Potential Impacts of Climate Changes in Alaska, <http://www.nsc.org/ehc/jrn/weather/alaska.htm>
- FREEMAN, M.M.R.( ed.). 2000. *Endangered Peoples of the Arctic*. Greenwood Press, Connecticut, 278p.
- FRIIS-CHRISTENSEN, E. et LASSEN, K. (1991) Length of the solar cycle: an indicator of solar activity closely associated with climate. *Science* 254, p. 698-700.
- FUTURA-SCIENCES (2006). Les lacs arctiques en passe de disparaître? [http://www.futura-sciences.com/news-lacs-arctiques-passe-disparaitre\\_7681.php](http://www.futura-sciences.com/news-lacs-arctiques-passe-disparaitre_7681.php). Consulté le 24 octobre 2006.
- FUTURA-SCIENCES (2003). La chaleur brise la plus grande plate-forme glaciaire en arctique. <http://www.futura-sciences.com/news-chaleur-brise-plus-grande-plate-forme-glaciaire-arctique2509.php>. Consulté le 11 octobre 2006.
- GOSLINE, A. (2004) Alaska rattled by melting ice. *New Scientist*, vol. 2460, p.13-14.
- GOUVERNEMENT DU CANADA (2006) Canadian Arctic Contaminants Assessment Report II, [http://www.ainc-inac.gc.ca/ncp/pub/hig/hig11\\_\\_e.html](http://www.ainc-inac.gc.ca/ncp/pub/hig/hig11__e.html). Consulté le 12 novembre 2006.

- GOUVERNEMENT DU CANADA (2004) Conférence circumpolaire inuit, [http://www.ainc-inac.gc.ca/ch/dec/circon\\_f.html](http://www.ainc-inac.gc.ca/ch/dec/circon_f.html). Consulté le 13 octobre 2006.
- HAMILTON, L.C., BROWN, B.C. et RASMUSSEN, R.O. (2003) West Greenland's cod-to-shrimp transition: local dimensions of climate change. *Arctic*, vol. 56, num. 3, p. 271–282.
- HATUN, H., SANDRE, A.B, DRANGE, H., HANSEN B. et VALDIMARSSON, H. (2005) Influence of the Atlantic Subpolar Gyre on the Thermocline Circulation. *Science*, vol. 309, p. 1841-1844.
- HURRELL, J.W. (1995) Decadal trends in the North Atlantic Oscillation: regional temperatures and precipitation. *Science*, vol. 269, p. 676–679.
- INUIT TAPIIRIT KANATAMI (2005) Inuit Concerns of Changing Aquatic Ecosystems in Arctic Communities, <http://www.itk.ca/environment/water-inuit-concerns.php>. Consulté le 24 novembre 2006.
- JENNINGS, A., LAMOUREUX, S., LASCA, A., MACDONALD, G., MOORE, J., RETELLE, M., SMITH, S., WOLFE, A. et ZIELINSKI, G. (1997) Arctic environmental change in the last four centuries. *Science*, vol. 278, p. 1251-1256.
- JOLING, D. (2005). Fish and Wildlife service: polar bears may be threatened. *The Associated Press State & Local Wire*. p.23-28.
- KELLY, P. M. et WIGLEY, T. M. L. (1992) Solar cycle length variations, greenhouse forcing and global climate. *Nature*, vol. 360, p. 328-330.
- KELLY, P. M., PENGQUN, J. et JONES, P. D. (1996) The spatial response of the climate system to explosive volcanic eruptions. *International Journal of Climatology*, vol. 16, p. 537-550.
- KNIGHT, J.R., ALLAN, R.J., FOLLAND, C.K., VELLINGA, M. et MANN, M.E. (2005) A signature of persistent natural thermohaline circulation cycles in observed climate. *Geophysical Research Letters*, vol. 32 [en ligne] <http://doi:10.1029/2005GL0247233>. Consulté le 24 octobre 2006.
- LIVESCIENCE (2004) Surprising Side Effects of Global Warming, [http://www.livescience.com/forcesofnature/041222\\_permafrost.html](http://www.livescience.com/forcesofnature/041222_permafrost.html). Consulté le 30 novembre 2006.

LACHENBRUCH, A.H. et MARSHALL, B.V. (1986) Changing Climate: geothermal evidence from permafrost in the Alaskan Arctic. *Science*, vol. 234, p. 689-696.

MANN, M.E., BRADLEY, R.S. et HUGHES, M.K. (1998) Global-scale temperature patterns and climate forcing over the past six centuries. *Nature*, vol. 392, p. 779-787.

MAXWELL, B. (1997). Responding to global climate change in Canada's Arctic: Volume II of the Canada Country Study: Climate impacts and adaptation. Environnement Canada, ISBN 3-540-43011-3, 82 pages.

MISSION INTERMINISTÉRIELLE DE L'EFFET DE SERRE (2006) L'Essentiel pour l'effet de serre, <http://www.effet-de-serre.gouv.fr/fr/savoir/savoir.htm#%Quest-ce%20que%20l'effet%20de%20serre>. Consulté le 10 octobre 2006.

NASA (2006) Warmest Year in Over a Century, [http://www.nasa.gov/vision/earth/environment/2005\\_warmest.html](http://www.nasa.gov/vision/earth/environment/2005_warmest.html). Consulté le 14 octobre 2006.

NASA (2005) Riding Permafrost Express, [http://nasadaacs.eos.nasa.gov/articles/2005/2005\\_permafrost.html](http://nasadaacs.eos.nasa.gov/articles/2005/2005_permafrost.html). Consulté le 25 novembre 2006.

NASA (2004) Retreating Glaciers Spur Alaskan Earthquakes, <http://www.nasa.gov/centers/goddard/news/topstory/2004/0715glacierquakes.html>. Consulté le 14 octobre 2006.

NOWPUBLIC (2005) The Snow Must Go On, <http://view.nowpublic.com/?src=http%3A%2F%2Fwww.grist.org%2Fnews%2Fmaindish%2F2005%2F07%2F26%2Fgertz-inuit%2F>. Consulté le 16 octobre 2006.

NUNAVUT TUNNGAVIK (2004a) The Early Years, <http://www.nunavut.com/nunavut99/english/early.html>. Consulté le 12 octobre 2006.

NUNAVUT TUNNGAVIK (2004b) Living with Change, <http://www.nunavut.com/nunavut99/english/change.html>. Consulté le 12 octobre 2006.

PEARSE, F. (2000) Freezing clouds threaten record Arctic ozone loss. *New Scientist*, vol. 1885, p.34-35

- PEARSE, F. (1999) Chill in the Air. *New Scientist*, vol. 1, p. 28-29.
- PELOUAS, A. (2006) Le réchauffement climatique bouleverse le quotidien des Inuits. *Le Monde* (France), 26 septembre, <http://www.lemonde.fr/web/article/0,1-0@2-3228,36-710327@51-690189,0.html>. Consulté le 19 octobre 2006.
- PRINCETON UNIVERSITY (2005) Ice Sheets, Global Warming and Article 2 of the INFCCT, <http://www.princeton.edu/~step/people/Oppenheimer%20and%20Alley%20II%20published.pdf>. Consulté le 12 octobre 2006.
- REAL CLIMATE (2005) Decrease in Atlantic Circulation? <http://www.realclimate.org/index.php?p=225>. Consulté le 17 octobre 2006.
- SHINDELL, D.T., MILLER, R.L., SCHMIDT, G.A. et PANDOLFO, L. (1999) Simulation of recent northern winter climate trends by greenhouse-gas forcing. *Nature*, vol. 399, p. 452-455.
- STEVEN, C., AMSTRUP, I., SMITH, T.S., PERHAM, C. et THIEMANN, G.W. (2006) Recent observations of intraspecific predation and cannibalism among polar bears in the southern Beaufort Sea. *Polar Biology*, Volume 29, Numéro 11 <http://china.springerlink.com/content/m518018263874231/?p=d5950fbfdec04d01a4b9e7704c7314a1&pi=0>. Consulté le 28 octobre 2006.
- STOTT, P.A., STONE, D.A. et ALLEN, M.R. (2004) Human Contribution to the European Heatwave of 2003. *Nature*, vol. 432, p.34-39.
- TESKRAT, N. (2006) Warming Melting Arctic Forces Native Alaskan Village to Move, [http://www.terraily.com/reports/Warming\\_Melting\\_Arctic\\_Forces\\_Native\\_Alaskan\\_Village\\_To\\_Move\\_999.html](http://www.terraily.com/reports/Warming_Melting_Arctic_Forces_Native_Alaskan_Village_To_Move_999.html). Consulté le 19 octobre 2006.
- TRAUFFETTER, G. (2006) Global Warning a Boon for Greenland's Farmers, *Speigel International Online* (Allemagne), <http://www.spiegel.de/international/spiegel/0,1518,434356,00.html>. Consulté le 25 novembre 2006.
- UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP) (2005) Great Ocean Conveyor Belt, <http://www.grida.no/climate/vital/32.htm>. Consulté le 29 octobre 2006.

UNIVERSITY OF ALASKA (2006) Siberian Lakes burp “time-bomb” greenhouse gas, [http://www.uaf.edu/news/a\\_news/20060907084941.html](http://www.uaf.edu/news/a_news/20060907084941.html). Consulté le 14 octobre 2006.

UNIVERSITY OF FAIRBANKS (1998) New Road Construction Process Gets Stamps of Approval From U.S. Patent Office, <http://www.uaf.edu/univrel/media/FY98/041.html>. Consulté le 25 novembre 2006.

WANG, X. et Key, J.R. (2003) Recent Trends in Arctic Surface, Cloud, and Radiation Properties from Space. *Science*, vol. 299, num. 5613, p. 1725-1728.

WORLD WILDLIFE FUND (2005) Going, Going, Gone! <http://assets.panda.org/downloads/glacierspaper.pdf>. Consulté le 22 octobre 2006.

WORLD WILDLIFE FUND (2006a) Save the Polar Bears, [http://www.panda.org/about\\_wwf/where\\_we\\_work/arctic/polar\\_bear/index.cfm](http://www.panda.org/about_wwf/where_we_work/arctic/polar_bear/index.cfm). Consulté le 23 octobre 2006.

WORLD WILDLIFE FUND (2006b) Climate Changes Threaten Polar Bears, [http://www.panda.org/about\\_wwf/where\\_we\\_work/arctic/polar\\_bear/threats/climate\\_change/index.cfm](http://www.panda.org/about_wwf/where_we_work/arctic/polar_bear/threats/climate_change/index.cfm). Consulté le 13 octobre 2006.