

RAPPORT SCIENTIFIQUE SUR L'ANNÉE POLAIRE INTERNATIONALE :

faits saillants

CANADIENS



Canadian Polar Commission
Commission canadienne
des affaires polaires



2007-2008

IPY-APU

Canada



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

On demande seulement :

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

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

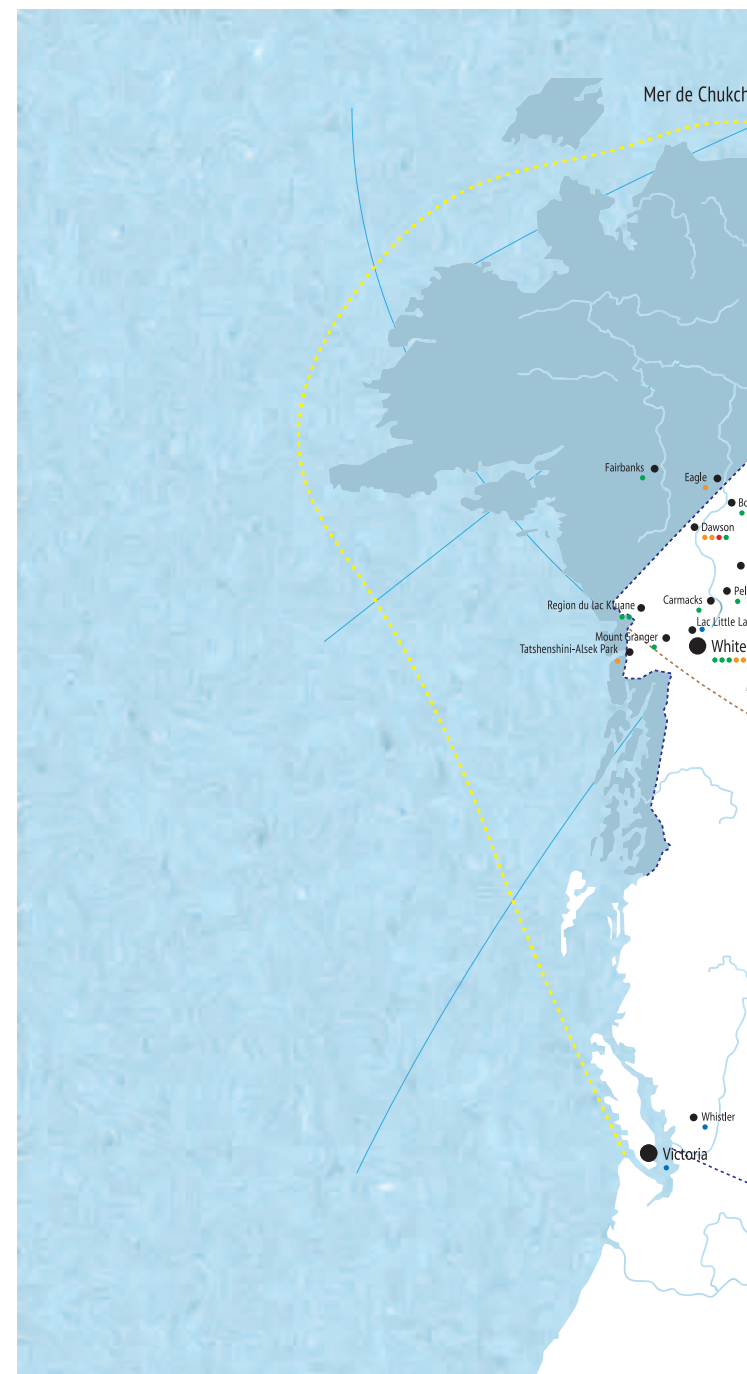
Publié par :
Commission canadienne des affaires polaires
Pièce 1710, Constitution Square
360, rue Albert
Ottawa (Ontario) K1R 7X7 Canada

© 2012 Commission canadienne des affaires polaires

pdf, français
No de Catalogue R104-3/2012F-PDF
ISBN 978-1-100-98780-4

La version électronique du présent rapport se trouve sur le site Web : www.polarcom.gc.ca

This publication is also available in English under the title:
International Polar Year 2007-2008 Science Report - Canadian highlights





Message du ministre

Affaires autochtones et du développement du Nord canadien



En tant que ministre des Affaires autochtones et du développement du Nord canadien, je suis heureux d'accueillir au Canada la conférence De la connaissance à l'action dans le cadre de l'Année polaire internationale (API) 2012.

Les ambitions de notre gouvernement pour le Nord sont claires : nous devons exercer notre souveraineté dans l'Arctique et y stimuler un développement économique et social durable d'un point de vue environnemental tout en améliorant et en décentralisant la gouvernance dans cette région. Ces ambitions sont énoncées dans la Stratégie pour le Nord, annoncée par le premier ministre Stephen Harper en 2008, et constituent des principes directeurs pour notre gouvernement.

Parmi nos grandes réalisations à l'échelle nationale et internationale, mentionnons notre participation au programme de l'API, qui a mené à l'engagement de construire une station de recherche à la fine pointe de la technologie dans l'Arctique. Nous sommes fiers d'accueillir la troisième conférence de l'API, qui se déroulera à Montréal en avril 2012. Il s'agira d'une occasion de mettre en valeur les dernières recherches polaires et de discuter de l'utilisation des nouvelles connaissances ainsi acquises pour faire évoluer les programmes et les politiques. Je tiens à souligner le travail de la Commission canadienne des affaires polaires, qui contribue à la diffusion des résultats canadiens de recherches polaires tant au Canada qu'à l'étranger, et ce, depuis 1991. Ce travail a joué un rôle essentiel dans les succès de l'API.

Le thème de cette dernière conférence, De la connaissance à l'action, met en évidence la nécessité de s'adapter à un monde en changement et de tirer profit des possibilités qu'offre le Nord. Nous réunirons un grand nombre d'acteurs majeurs de partout dans le monde pour échanger des connaissances appuyées par des preuves et pour discuter de moyens novateurs d'intégrer davantage le Nord à l'économie mondiale. Le Canada est fier d'accueillir la conférence finale de l'Année polaire internationale, qui profitera de l'impulsion donnée à la conférence d'Oslo, en 2010, et qui constituera une plaque tournante dans les relations, les décisions mondiales, les politiques et les résultats liés au Nord à l'avenir.

Le Nord du Canada représente un élément fondamental de notre identité nationale et de l'avenir de l'économie mondiale. Notre gouvernement continue à collaborer avec les dirigeants territoriaux et autochtones ainsi qu'avec des partenaires internationaux pour faire en sorte que le Nord demeure une région prospère et sécuritaire au sein d'un Canada fort et souverain. En déployant notre Stratégie pour le Nord, nous travaillons à réaliser le potentiel du Nord en matière de ressources et à garantir des avantages durables pour les résidents du Nord et de l'ensemble du Canada.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'John Duncan'.

L'honorable John Duncan

Message du président

Commission canadienne des affaires polaires



La Commission canadienne des affaires polaires

La Commission canadienne des affaires polaires, qui a été créée en 1991, a les responsabilités suivantes : promouvoir et diffuser les connaissances relatives aux sciences polaires et suivre leur évolution; aider à sensibiliser le public à l'importance de la science polaire pour le Canada; intensifier le rôle du Canada sur la scène internationale à titre de nation circumpolaire; et recommander l'adoption d'une politique sur la science polaire par le gouvernement.

Dans le cadre de son mandat, la Commission organise des conférences et des colloques, publie de l'information sur des questions qui ont rapport à la recherche polaire et collabore étroitement avec les autres organismes gouvernementaux et non gouvernementaux pour encourager les études canadiennes sur les régions polaires.

www.polarcom.gc.ca

La Commission canadienne des affaires polaires a l'honneur d'avoir été parmi les principaux promoteurs de l'Année polaire internationale 2007-2008 (API) et je souhaiterais reconnaître mes prédécesseurs à la Commission et leur apport au succès éclatant de l'API au Canada.

L'Année polaire internationale 2007-2008 est le couronnement de près de 130 années de progrès en recherche polaire canadienne. Notre pays n'avait que 15 ans lors de la première Année polaire internationale, en 1882-1883. Certains chercheurs étrangers ont mené ici des travaux, mais très peu de Canadiens. La deuxième API, en 1932-1933, a permis à de jeunes chercheurs canadiens en physique de l'atmosphère de lancer des ballons de recherche et des cerfs-volants au-dessus de l'inlet Chesterfield, sans savoir que quelques années plus tard à peine, au cours de l'API 1957-1958 (l'Année géophysique internationale), leur expertise serait mise à contribution pour le lancement de l'ère spatiale.

Un demi-siècle plus tard, l'Année polaire internationale 2007-2008 a donné lieu à de vastes efforts de recherche où des centaines de chercheurs canadiens ont travaillé en étroite collaboration avec leurs collègues étrangers et, notamment, avec les gens et les collectivités autochtones du Nord car, contrairement aux années polaires internationales précédentes, l'API 2007-2008 englobait des activités de recherche d'envergure liées directement à la dimension humaine de l'Arctique. Le lecteur trouvera dans le présent rapport un aperçu de leurs découvertes, qui établiront le cap de la recherche polaire et éclaireront les choix stratégiques pour des décennies à venir.

Beaucoup de choses restent latentes, sous les résultats de la recherche : le travail parfois éreintant, les défis quotidiens à relever sur le terrain grâce auxquels s'acquièrent l'expérience et la connaissance, l'exaltation de la découverte, les nouvelles perspectives acquises par les gens du Nord qui voient leur terre natale sous la lentille de la recherche, les nouveaux partenariats, les réseaux et les amitiés, ainsi que ce moment crucial où un étudiant attrape la piqûre de la recherche polaire. Ce sont là également des résultats importants de l'API.

Pendant les années qui s'écoulent entre chaque API, des événements, des découvertes et des innovations d'envergure ont réorganisé l'univers de l'homme. Nous pouvons nous attendre à encore plus. La présente API a fait exploser nos connaissances de l'Arctique et de l'Antarctique, les régions de la Terre les moins connues et celles qui changent le plus rapidement, et aidera l'humanité à négocier les défis, connus et inconnus, que nous réservent les décennies qui viennent. J'adresse mes félicitations à tous ceux qui, par leur participation, ont contribué à cette magnifique réalisation.

Bernard W. Funston

Introduction

Pourquoi l'API?



L'Arctique et l'Antarctique sont les régions de la planète où les changements sont les plus rapides et dramatiques. Les enjeux environnementaux mondiaux aux ramifications profondes, par exemple le changement climatique, la montée du niveau des mers et le stockage et la libération du carbone, permettent tous de remonter à ce qui se produit maintenant dans les régions polaires. L'Arctique et l'Antarctique sont les meilleurs baromètres des changements environnementaux et les meilleures archives de ce qu'était la Terre par le passé.

À juste titre, il existait un sentiment d'urgence et de finalité concernant la quatrième Année polaire internationale (API). L'API, la plus vaste collaboration scientifique internationale visant à étudier les régions polaires, a rallié des dizaines de milliers de chercheurs de plus de 60 pays. Parrainée conjointement par l'Organisation météorologique mondiale et le Conseil international pour la science, l'API 2007-2008 a donné lieu à plus de 200 projets

de recherche en biologie, en géophysique et en sciences sociales. Ces projets comportaient des fouilles archéologiques, des levées sur la diversité biologique des écosystèmes polaires, des études de la chimie de l'océan et des analyses pour découvrir quelle sera l'influence du changement climatique sur les collectivités polaires.

L'API 2007-2008 n'a pas dérogé à la tradition, vieille de 125 ans, en matière de collaboration scientifique internationale. La première Année polaire internationale, qui a eu lieu en 1882-1883, a réuni diverses expéditions indépendantes vers les endroits les plus reculés de la planète, dans le cadre d'un effort international pour étudier la météorologie, le magnétisme terrestre et les aurores boréales. Le thème de la collaboration internationale était encore bien présent dans la deuxième API, en 1932-1933, et dans l'Année géophysique internationale (AGI) inspirée par l'API (1957-1958), qui a mis en branle le processus de signature du Traité de l'Antarctique afin de protéger

le continent des activités militaires. L'API 2007-2008 a été planifiée pour coïncider avec le 125^e anniversaire de la première API, le 75^e anniversaire de la deuxième API et le cinquantenaire de l'AGI.

L'API 2007-2008 était un effort venu à point pour comprendre en quoi les effets du changement climatique dans l'Arctique et l'Antarctique influeraient sur le reste de la planète. Elle préparait la scène pour la poursuite d'études des régions polaires et a offert une plateforme permettant aux jeunes chercheurs de lancer leur carrière scientifique. Dans le cadre de cet héritage, l'API continue d'offrir en accès libre les données de ses activités de recherches et de surveillance.

Le rôle du Canada dans l'API a été loin d'être négligeable. En définitive, près du quart de l'Arctique se situe dans les limites territoriales du Canada; plus de la moitié de notre littoral est dans l'Arctique. Le programme canadien de l'API s'est officiellement déroulé entre mars 2007 et mars 2009, autorisant deux campagnes d'activités intensives sur le terrain menées par plus de 1 750 chercheurs provenant d'organismes gouvernementaux, d'universités et des collectivités nordiques.

Le programme du gouvernement du Canada pour l'API a consacré 150 millions de dollars afin d'appuyer 45 projets de recherche. De plus, le Conseil de recherche en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG) a subventionné 11 projets de l'API. Quatre des projets ont reçu des fonds du programme du gouvernement du Canada et du CRSNG, portant à 52 le total des projets scientifiques.

Les recherches sur le terrain se sont déroulées à plus de 100 emplacements un peu partout dans le

nord du Canada et sur cinq brise-glace de la Garde côtière canadienne. Elles se sont concentrées sur deux domaines essentiels : les répercussions du changement climatique et l'adaptation à celui-ci, ainsi que la santé et le bien-être des collectivités nordiques. Les chercheurs ont été encouragés à recourir à des approches interdisciplinaires et à fusionner le savoir traditionnel et la science.

Chaque projet de recherche canadien devait être pertinent par rapport aux besoins des collectivités nordiques, faire appel aux gens du Nord dans la planification et la mise en œuvre de la recherche et comporter un élément de renforcement des capacités à l'intention des étudiants et des collectivités. En effet, contrairement aux API précédentes, l'API 2007-2008 a fait participer des gens du monde circumpolaire à la planification et à l'exécution des projets de recherche, en reconnaissant le fait que les populations locales du monde circumpolaire ont maintenant plus de

maîtrise sur leur vie depuis les règlements des revendications territoriales et les gouvernements autonomes.

La Commission canadienne des affaires polaires (CCAP) a joué un rôle déterminant pour faire du Canada l'un des grands intervenants de l'API 2007-2008. La CCAP a consulté activement la communauté des chercheurs polaires et les collectivités nordiques afin de préciser de quelle façon le Canada devrait participer à l'API. La Commission a également établi et appuyé le comité national de l'API et son Secrétariat chargé de recevoir les propositions de recherches et de superviser les projets.

Ces efforts continueront à porter fruits pour les Canadiens du Nord et du Sud, car les résultats scientifiques des projets canadiens de l'API éclaireront la politique, les programmes et les pratiques qui contribueront à une meilleure compréhension de l'état des régions polaires.

Sections

ATMOSPHERE	8
OCÉAN	12
GLACE DE MER	16
CRYOSPHERE	20
ÉCOSYSTÈMES MARINS	24
ÉCOSYSTÈMES TERRESTRES	28
FAUNE	32
LE BIEN-ÊTRE DES COLLECTIVITÉS	36
SANTÉ HUMAINE	40

L'API en chiffres

228 projets

On a entrepris au cours de l'API 2007-2008 228 projets, dont 170 dans le domaine de la science et 57 en éducation et dissémination.

156 millions

Le gouvernement du Canada et le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie ont injecté dans l'API 2007-2008 156 millions de dollars en financement.

1 000

Les chercheurs de l'API ont découvert 1 000 espèces marines inconnues auparavant. De ce nombre, environ 25 p. 100 se retrouvaient dans les deux régions polaires.

1 800

Ont contribué aux projets de l'API à titre de chercheurs, de techniciens et de guides de terrain 1 800 résidents du Nord et 215 étudiants du Nord canadien.

8 Huit des projets scientifiques étaient dirigés par des gens du Nord.

240

Plus de 240 chercheurs étrangers de 23 pays ont participé aux projets canadiens de l'API.

8 Huit réseaux internationaux de recherche de l'API étaient dirigés par des Canadiens.

9 délégués

Assistaient à la première Conférence polaire internationale tenue en 1879 en Allemagne neuf délégués dont le but était de planifier la première Année polaire internationale.

2 500 délégués

devraient participer à la conférence de l'API qui se tiendra à Montréal en avril 2012 sous le thème « De la connaissance à l'action ».

Atmosphère

Le cas de la disparition du mercure et autres mystères polaires



À l'arrivée du printemps, dans l'Arctique, le mercure disparaît de l'atmosphère.

Au printemps, un phénomène étrange se produit dans le ciel de l'Arctique : le mercure, en tant qu'élément chimique, disparaît de l'atmosphère pour n'y revenir qu'après le coucher du soleil. C'est également au printemps que l'on assiste à un épuisement de l'ozone troposphérique, un gaz à effet de serre. Qu'est-ce que ces événements signifient pour l'environnement arctique?

Les scientifiques canadiens du programme de recherche OASIS (acronyme formé des équivalents anglais des termes suivants : océan, atmosphère, glace de mer et manteau neigeux) de l'Année polaire internationale (API) ont tenté de mieux comprendre les processus à l'origine de la disparition saisonnière du mercure et de l'ozone. OASIS était l'un des ambitieux projets météorologiques et atmosphériques de l'API servant à recueillir des données annuelles et à étudier l'ensemble des phénomènes, des voies de pollution dans l'Arctique aux répercussions des violents orages de l'Arctique

Principales constatations

- L'épuisement généralisé de l'ozone et du mercure au-dessus de l'océan Arctique est confirmé.
- Le réchauffement climatique risque d'entraîner la libération des polluants accumulés dans l'environnement arctique, ce qui saperait les efforts déployés pour atténuer les risques auxquels les substances chimiques toxiques exposent l'environnement et les êtres humains.
- Les fleurs de gel — des cristaux de glace salés qui se forment par temps froid et non venteux sur les glaces de mer récentes de l'Arctique — influent sur les interactions chimiques entre l'océan et l'atmosphère.
- Il semble qu'une bien plus grande quantité de mercure est déposée et reste sur la glace de mer que sur le manteau neigeux terrestre.

sur les zones côtières et les couches supérieures de l'océan.

Dans le cas d'OASIS, il est urgent de comprendre où et comment le mercure, un puissant neurotoxique, se déplace dans l'Arctique, que ce soit dans l'atmosphère, sur le manteau neigeux ou dans l'océan. En effet, s'il disparaît au printemps, où va-t-il?

OOTI et O-bouées

Grâce à des observations faites à l'observatoire atmosphérique le plus septentrional du monde, à Alert, au Nunavut, les scientifiques savent que l'ozone et le mercure disparaissent de l'atmosphère à l'arrivée du printemps polaire; des recherches subséquentes ont révélé que ces phénomènes sont liés à des réactions chimiques avec le brome provenant des sels marins. Le brome réagit différemment au contact de l'ozone et du mercure : les atomes de brome détruisent les molécules d'ozone, mais se combinent au mercure et en modifient l'état chimique de sorte qu'il tend à se déposer sur la glace et le manteau neigeux.

Cependant, bon nombre des détails des processus chimiques en jeu restent à éclaircir et le peu de mesures réalisées sur place au grand large de l'océan Arctique n'ont pas aidé à en savoir davantage.

Les scientifiques de l'équipe OASIS ont tenté de déterminer si ces phénomènes printaniers, déjà observés sur des manteaux neigeux continentaux, étaient différents sur la glace de mer et près des chenaux de glace. Pour ce faire, ils ont dû se donner les moyens nécessaires : ils ont mis sur pied l'OOTI (Out On The Ice - sur la glace), un laboratoire miniature de chimie et de physique atmosphériques installé sur un traîneau et pouvant être rapidement déployé par une motoneige; ils



Les scientifiques installent une station météorologique sur la calotte glaciaire de Devon, sur l'île d'Ellesmere.

ont également élaboré des O-bouées, soit des bouées équipées de jauges à ozone et à dioxyde de carbone ancrées dans la glace.

En traitant les données recueillies, les scientifiques ont découvert que l'atmosphère au-dessus de la glace de mer contenait des concentrations de mercure bien supérieures à celles généralement observées sur le continent. Il sera peut-être nécessaire de réévaluer les modèles servant à estimer l'impact du mercure atmosphérique sur l'océan Arctique et sur l'ensemble de la région arctique.

Pour ce qui est de l'ozone, les scientifiques ont effectivement constaté son appauvrissement printanier sur l'océan Arctique et, dans de nombreux cas, ce phénomène semble être lié aux concentrations de brome. Cependant, les données

Les masses d'air pollué en provenance du Sud atteignent le Centre de l'Arctique en quelques jours seulement.



À la station de recherche PEARL, les scientifiques prennent toute l'année des relevés de l'ensemble de la colonne atmosphérique, de la surface océanique à la stratosphère.

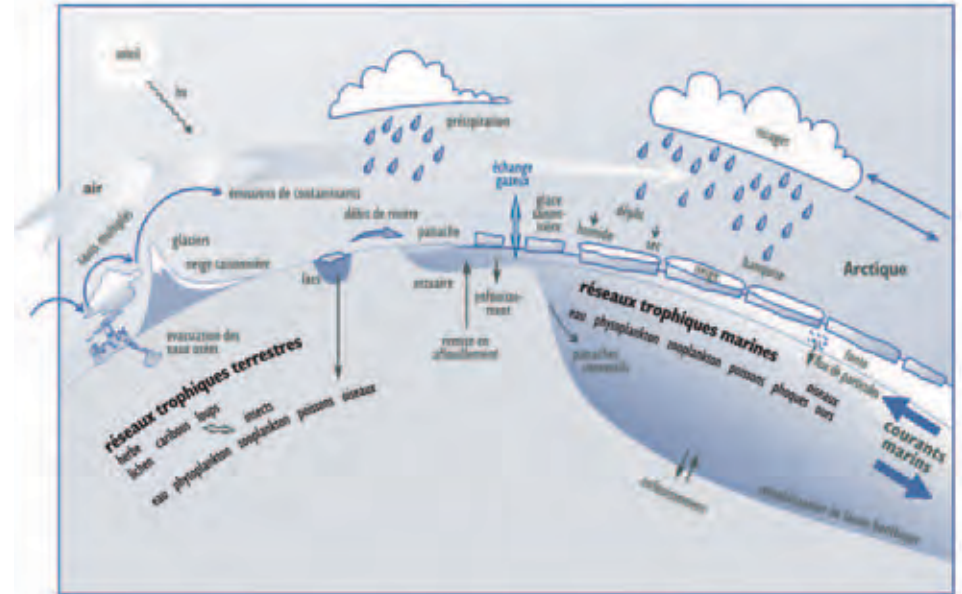
étaient contradictoires : l'ozone n'était pas toujours détruit en présence de très fortes concentrations de brome. De plus, les scientifiques ne peuvent affirmer avec certitude si ou de quelle façon ces phénomènes sont potentiellement liés, soit à des systèmes de haute pression, soit à la température.

Dans le cadre d'un autre projet canadien de l'API, Transport atmosphérique intercontinental de polluants anthropiques vers l'Arctique (TAIPAA), les scientifiques ont examiné de plus près les données sur la disparition du mercure dans l'atmosphère recueillies à Alert entre 1995 et 2007 et ont découvert que, ces dernières années, ces phénomènes survenaient plus tôt au printemps.

Les voies de pénétration de la pollution

Comment le changement climatique pourrait-il influencer sur la distribution des polluants, tels que le biphenyle polychloré (BPC), dans le Nord?

Voies de pénétration des contaminants dans l'Arctique.



L'atmosphère est considérée comme la voie de pollution principale et la plus rapide vers l'Arctique : Les masses d'air polluée passent parfois des régions d'origine au Centre de l'Arctique en quelques jours seulement. Les substances chimiques toxiques, telles que le BPC, le mercure et les pesticides organochlorés, peuvent se déposer dans l'Arctique, puis s'accumuler dans la faune, dans les aliments traditionnels et dans l'organisme des résidents du Nord, dont ils pourraient affecter la santé.

Les scientifiques supposent que, si l'Arctique se réchauffe et que la glace de mer se retire, les polluants déposés antérieurement sur la neige, la glace et le sol pourraient être rejetés dans l'atmosphère. Le mercure présent dans les eaux de fonte pourrait pénétrer dans les lacs et les mers de l'Arctique où il pourrait être transformé en méthylmercure et s'accumuler dans les organismes vivants tout au long de la chaîne alimentaire. En effet, les chercheurs de l'API ont détecté ce phénomène en eaux

libres dans la Baie d'Hudson et dans la mer de Beaufort, où du mercure était recyclé.

Pour essayer de prévoir la trajectoire potentielle de la pollution dans l'atmosphère de l'Arctique, il est nécessaire d'élaborer des modèles robustes qui tiennent compte de nombreux facteurs. Ces modèles sont construits, en grande partie, à l'aide de données recueillies par le laboratoire de recherche atmosphérique de l'environnement polaire (PEARL) situé sur l'île d'Ellesmere, à Eureka, au Nunavut.

PEARL est considéré comme un laboratoire « panatmosphérique » : tout au long de l'année, les scientifiques peuvent y mesurer l'ensemble de la colonne atmosphérique, de la surface de l'océan à la stratosphère, pour en évaluer les états et la composition physiques, y compris la présence d'ozone et de gaz connexes.

À PEARL, les scientifiques de l'API ont observé la propagation de la fumée et de la pollution de la partie inférieure à la partie supérieure de l'atmosphère,

là où les particules peuvent influencer sur le temps et le climat. Ces données sont importantes, car, actuellement, on ne comprend que de façon générale les sources et la nature des schémas complexes qui se développent lorsque des aérosols sont transportés dans l'Arctique.

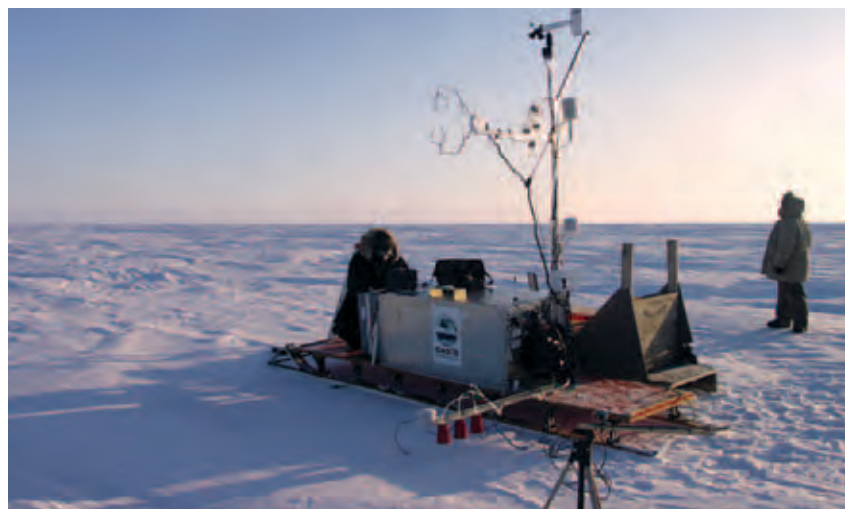
Durant l'API, la détection, au-dessus de PEARL, de panaches provenant de feux déclenchés plus au Sud a permis de confirmer cet état de fait. Par exemple, les scientifiques ont suivi la trajectoire d'un panache de fumée panarctique qui s'est déplacé du sud-est de la Russie à Eureka en cinq jours environ. Des instruments de détection de pointe ont capté ce panache au moment où il survolait Eureka à une altitude de 5 à 9 kilomètres et ont pu établir qu'il était constitué de particules de fumée provenant de la Russie.

La suite?

À partir des données de surveillance atmosphérique à long-terme, les scientifiques ont observé les conséquences du changement climatique sur le comportement de substances chimiques toxiques telles que le mercure dans l'Arctique. Cependant, le changement climatique se déroule sur des périodes de plusieurs décennies, tandis que les modèles sur l'évolution des substances chimiques toxiques dans l'atmosphère reposent généralement sur des séries de données de moins de 20 ans. Pour comprendre la façon dont le changement climatique influera sur le transport et le comportement des substances polluantes dans l'environnement, il est nécessaire de continuer d'effectuer des mesures pour établir les tendances portant sur des périodes comparables à celles utilisées pour observer le changement climatique.

Les recherches futures serviront également à dégager les liens entre une augmentation des orages dans l'Arctique et le changement des conditions de la glace de mer et des températures de la surface océanique. En effet, une meilleure connaissance de cette activité cyclonique permettra aux chercheurs d'élaborer des modèles réalistes des répercussions possibles le long des côtes de la mer de Beaufort et de l'archipel connexe.

En outre, les technologies liées au programme OOTI et aux O-bouées développées durant l'API seront perfectionnées au cours des prochaines années et ces instruments pourront fonctionner de façon autonome sur de plus longues périodes. Ils devraient devenir des outils importants pour les scientifiques de l'Arctique de demain.



Mis au point au cours de l'API, l'OOTI est un mini-laboratoire de chimie et de physique de l'atmosphère monté sur un traîneau et qui peut être rapidement déployé par motoneige.

Études canadiennes de l'API dans ce domaine

- « OASIS-CANADA : Comprendre l'ozone et le mercure dans l'air au-dessus de l'océan Arctique »; chefs de projet : Ralf Staebler et Jan Bottenheim, Université de Toronto
- « TAIPAA : Transport atmosphérique intercontinental de polluants anthropiques vers l'Arctique »; chef de projet : Hayley Hung, Environnement Canada
- « Le laboratoire PEARL à proximité du pôle – recherche atmosphérique dans l'Extrême-Arctique »; chef de projet : James Drummond, Université de Toronto
- « Répercussions des orages violents de l'Arctique et des changements climatiques sur les zones côtières »; chef de projet : William Perrie, Pêches et Océans Canada
- « Production océanique de gaz à l'état de traces dans l'Arctique et répercussions sur le climat »; chef de projet : Maurice Lvasseur, Université Laval
- « Arctic Weather and Environmental Prediction Initiative »; chef de projet : Ayrton Zadra, Environnement Canada
- « L'étude sur le chenal de séparation circumpolaire »; chef de projet : David Barber, Université du Manitoba
- « Structure et évolution de l'atmosphère polaire »; chef de projet : Theodore Shepherd, Université de Toronto
- « Comprendre le processus de rétroaction déshydratation-effet de serre dans l'Arctique »; chef de projet : Jean-Pierre Blanchet, Université du Québec à Montréal

Océan

À la recherche des forces agissantes dans l'océan Arctique



Rencontre dramatique de la terre et de la mer au fiord Gibbs, sur l'île de Baffin.

L'océan Arctique canadien est un élément clé du régime climatique mondial, mais ses caractéristiques sont très fortement influencées par ses interactions avec les zones adjacentes du Pacifique et de l'Atlantique. Ces profils de circulation sont complexes. Les hautes montagnes le long de la côte est du Pacifique emprisonnent l'eau évaporée dans la région, provoquant une hausse de 80 centimètres du niveau de la mer sur l'Atlantique nord et de 40 centimètres sur la mer de Beaufort. Ces mers haussées par les crues « descendent » du Nord, par le détroit de Béring dans l'Arctique sur les eaux plus salines de l'Atlantique, traversant la côte eurasienne à l'Est à travers le bouclier arctique canadien jusqu'à la baie de Baffin pour s'apaiser dans la mer du Labrador.

Les courants arctiques ne peuvent emprunter que quelques voies bien précises, entravés par l'Archipel arctique canadien. Les chercheurs canadiens de l'API ont effectué les premières

Principales constatations

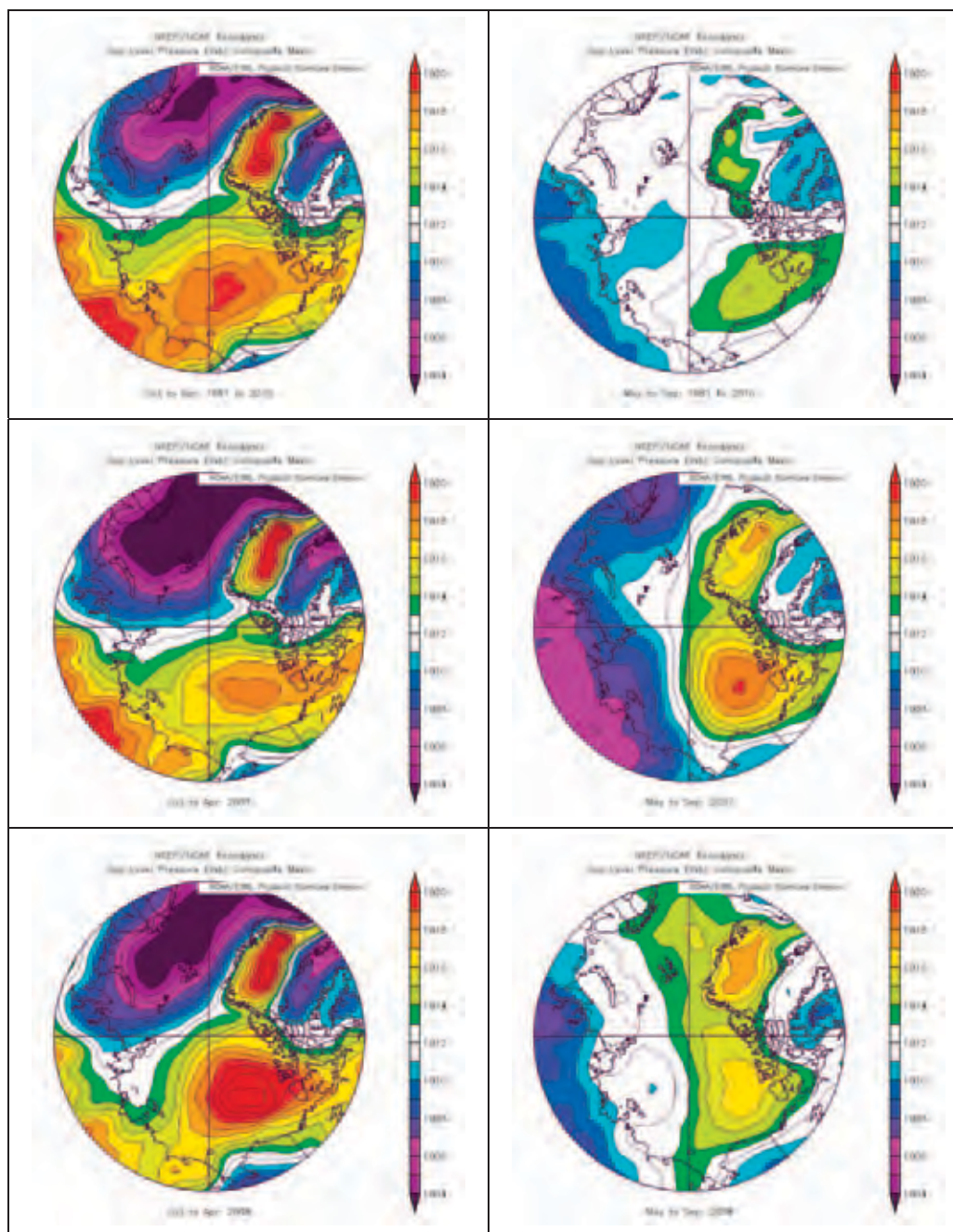
- Nombre des changements intervenus récemment dans les propriétés et la circulation des eaux de l'Arctique canadien sont liés à des changements dans les profils et la force des vents.
- Les carottes de sédiments permettent de voir que les fluctuations climatiques dans l'Arctique canadien depuis la dernière période glaciaire ont été asymétriques : intervalles de réchauffement avec moins de glace dans l'Ouest, parallèlement à des intervalles de froid et davantage de glace dans l'Est, et inversement.
- L'accumulation d'eau douce dans le bassin canadien a augmenté au cours de la dernière décennie, réduisant l'apport de nutriments du plancton dans la couche océanique superficielle bénéficiant de l'ensoleillement.
- On constate une augmentation de l'acidité des eaux de l'Arctique canadien en raison de l'absorption d'anhydride carbonique et d'une baisse de la salinité. L'acidité élevée freine maintenant la capacité de certaines espèces d'utiliser le carbonate de calcium qui sert à la formation des coquilles protectrices.
- Les tempêtes de l'Arctique sont à l'origine de vents, de vagues et de crues dangereux lorsque la glace de mer est loin des côtes. De l'autre point de vue, les vastes étendues d'eaux tempérées libres de glace favorisent le développement des tempêtes. Les deux aspects sont le résultat du recul de la glace d'été des côtes de l'Arctique.

Les trois océans du Canada sont en interrelation dynamique, chimique et biologique.

observations exhaustives de cet échange hydrique dans l'étude intitulée « Courants océaniques de l'Arctique canadien » (COAC) et ont cartographié les volumes hydriques, la vitesse du courant et les effets du vent dans les canaux de l'est de l'Arctique. Cette étude a permis de découvrir que les courants rapides n'occupent pas toute la largeur des détroits océaniques, mais sont étonnamment étroits, environ 10 kilomètres de largeur, et sont souvent à la merci des forts vents qui soufflent dans les passages. Par opposition aux glaces à la dérive, la glace de rive tend à freiner le mouvement des courants océaniques en raison de la friction et des effets amortissants du vent.

Message dans un tourbillon

Dans l'hémisphère sud, dont l'Antarctique est le centre, seule l'atmosphère peut transmettre rapidement les influences environnementales vers les latitudes plus élevées. Dans l'Arctique, l'océan a lui aussi un rôle à jouer dans ce qui est transporté. Les glaces de l'Arctique, l'océan et les écosystèmes ont une interaction relativement forte avec l'océan Paci-



Les études menées au cours de l'API ont fait ressortir les preuves de l'interaction des changements entre l'atmosphère et l'océan. Ces cartes illustrent la pression de surface de l'air en hiver (à gauche) et en été (à droite). Le vent circule en sens horaire autour des centres de haute pression et sa vitesse augmente à mesure que diminue l'espacement des couleurs. Les sections illustrent les conditions pendant les deux années de l'API, 2006-2007 (paire médiane) et 2007-2008 (paire inférieure) et la moyenne des 30 dernières années (paire supérieure).

À GAUCHE : Le NGCC Henry Larsen, navire de soutien pour les projets océaniques de l'API, naviguant sur le fiord Alex.

À DROITE : Les sonars Doppler, qui s'utilisent dans les mesures sous-marines, sont rangés sur le pont.



fique et l'océan Atlantique dans les courants aériens et océaniques. Le projet « Les trois océans du Canada » (C30) est une étude de deux ans faisant appel à deux brise-glace et à 200 chercheurs dans le but d'examiner ces interactions. L'équipe de chercheurs a étudié la façon dont l'afflux d'eaux douces de sources comme le Pacifique, la fonte des glaces de mer et les gigantesques fleuves de l'Arctique est stocké et la manière dont il affecte les écosystèmes.

L'exemple parfait de ce genre de « réservoir de stockage » d'eau douce est le tourbillon de Beaufort, un immense courant océanique anticyclonique (tournant en sens horaire) à l'ouest de l'Archipel arctique. Sous un mélange de glaces de fonte, de précipitations et d'eau de cours d'eau, on trouve des couches de courants de déversement du Pacifique et de l'Atlantique de plus en plus salins. Les chercheurs canadiens de l'API ont documenté une accumulation plus accusée d'eau douce dans le tourbillon au cours de la dernière décennie, observant un pic de stockage de l'eau douce en 2008, deuxième année d'étude de l'API.

Cette constatation a des conséquences écologiques, car l'eau douce flotte au-dessus

des eaux marines plus salines et tend à ne pas se mélanger, empêchant ainsi le transport d'importants nutriments dont se nourrit le plancton, à la surface de l'océan.

Le plancton à coquille et les autres organismes marins qui créent leurs coquilles à partir des concentrations de carbonate de calcium sont exposés à un risque accru en raison de l'acidification croissante de l'océan Arctique. Le tiers des émissions d'anhydride carbonique produites par l'humanité a été absorbé par les océans et converti en acide carbonique. Ce sont les océans nordiques qui courent le plus grand risque et cela, pour deux raisons : les eaux froides dissolvent les gaz plus efficacement et la glace de mer, plus acide, fond et se mêle à l'eau plus rapidement pendant l'été. D'après les études menées au cours de l'API, on a constaté des dommages aux organismes fixant le calcium et, par extension, à tous les écosystèmes marins de l'Arctique.

Les tenants et les aboutissants du cycle du carbone

Qualifié par les chercheurs canadiens de l'API de « présage de changement » dans l'océan Arctique,

le courant de déversement de l'Atlantique s'est réchauffé d'un bon 0,5 °C au cours de la dernière décennie. De plus, des couches plus chaudes d'eaux estivales ont pénétré l'Arctique par le Pacifique.

L'une des conséquences du réchauffement des températures est que les tempêtes de l'Arctique semblent augmenter en intensité, voire en fréquence. Tout comme les courants et les côtes océaniques du Nord sont affectés par ces orages, les chercheurs canadiens ont constaté que la force des tempêtes subit l'influence des vastes étendues d'eaux libres, par exemple celles qui naissent pendant l'été et au début de l'automne. La glace d'été recule dans le Nord-Ouest, des étendues de la mer de Chukchi et de la côte de l'Alaska et ouvre de longues nappes d'eau. Les vents de tempête du Nord-Ouest donnent naissance à des vagues plus hautes et plus puissantes et à de violentes crues qui peuvent inonder et éroder les côtes canadiennes de Beaufort et affecter les collectivités côtières.

Les prévisions climatiques sur l'Arctique ne reposent que sur quelques décennies d'observations et les relevés des systèmes marins sont les plus succincts. Pour dresser un tableau plus

étendu, les chercheurs canadiens de l'API ont étudié des échantillons de sédiments océaniques afin d'obtenir une nouvelle image du cycle du carbone nécessaire à la vie, des variations climatiques et de la couverture de glace de mer sur plusieurs milliers d'années. Il ressort de leurs recherches qu'une période de refroidissement s'est amorcée dans l'Est du Canada il y a environ 6 000 ans, tandis que les mers de l'Arctique, à l'Ouest, étaient plus chaudes et généraient une couverture de glace beaucoup moins importante que dans les temps modernes. Ce synopsis météorologique du passé est un outil précieux, particulièrement pour lier les changements du climat aux environnements marins et aux influences humaines modernes.

Il est essentiel de connaître l'environnement physico-chimique marin pour gérer les océans sur une base écosystémique. Les propriétés fondamentales de l'océan (couverture de glace, température, salinité, structure de densité, oxygène dissout, nutriments, fer) et les processus qui assurent le maintien de ces propriétés (le gel et le dégel, le transport, les courants entrants et sortants, le brassage, l'équilibre énergétique) sont des déterminants clés de la vie qu'il abrite.

Les variations dans l'écosystème marin de l'Arctique sont clairement liées aux variations des caractéristiques physiques et géochimiques de l'océan. Par contre, il n'y a pas encore entente sur la question de savoir si la production marine panarctique augmentera ou diminuera compte tenu de la régression de la couverture de glace.

La suite?

Les projets canadiens de l'API ont créé des modèles informatiques prévisionnels permettant de reproduire avec précision l'échange dynamique des eaux et des glaces dans l'ensemble de l'Arctique canadien et de prévoir les ondes de tempête et les risques d'inondation et d'érosion des côtes de la région. Grâce à ces modèles, les chercheurs pourront tirer des renseignements importants concernant les collectivités côtières à risque; de plus, ces modèles peuvent être adaptés par les prévisionnistes en météorologie et par les responsables de la planification des missions de recherche et de sauvetage.

Aux dires des scientifiques, il est essentiel de maintenir l'approche globale adoptée au cours de l'API afin de mieux déceler les indices de changements progressifs dans l'environnement marin arctique susceptibles de varier considérablement au fil des ans.



Les modèles élaborés au cours de l'API permettront de prévoir plus facilement les ondes de tempête et l'érosion des côtes, pour la plus grande utilité de collectivités côtières comme Salluit.

Études canadiennes de l'API dans ce domaine

- « *C30 – Les trois océans du Canada* »; chef de projet : Eddy Carmack, Pêches et Océans Canada
- « *Courants océaniques de l'Arctique canadien* »; chef de projet : Humfrey Melling, Pêches et Océans Canada
- « *Enquête sur les effets des changements climatiques sur les éléments nutritifs et le cycle du carbone dans l'océan Arctique* »; chef de projet : Roger Francoise, Université de la Colombie-Britannique
- « *Répercussions des fortes tempêtes arctiques et des changements climatiques sur les zones côtières* »; chef de projet : William Perrie, Pêches et Océans Canada
- « *Étude sur le canal de séparation circumpolaire* »; chef de projet : David Barber, Université du Manitoba
- « *Production océanique de gaz à l'état de traces dans l'Arctique et répercussions sur le climat* »; chef de projet : Maurice Levasseur, Université Laval
- « *Le cycle du carbone dans la marge continentale arctique et subarctique du Canada* »; chef de projet : Charles Gobeil, Université du Québec

Glace de mer

Le panorama glaciaire de la mer arctique s'envole au vent



La glace de mer est un moteur de changement dans l'Arctique.

Comme on l'avait prédit il y a trente ans, l'Arctique est la région la plus touchée par le réchauffement planétaire, mais ce réchauffement se produit à un rythme beaucoup plus rapide que prévu. Des données de satellites confirment que l'étendue d'océan recouvert de glace, dans la région circumpolaire, rétrécit depuis la fin des années 1970. Celle-ci a diminué dans une proportion remarquable de 65 pour cent en 2007 et encore une fois en 2011.

Le sort de la glace de mer suscite de grandes craintes, car celle-ci est un moteur du changement. La glace de mer joue un rôle crucial : elle détermine les réactions du système marin arctique au changement de climat et influe sur ce changement; elle règle les échanges de chaleur, d'humidité et de gaz dans l'océan, la glace et l'atmosphère. En outre, elle détermine la répartition de la lumière et la durée de l'apport lumineux aux eaux riches en nutriments dans les couches supérieures de l'océan. À signaler aussi qu'une diminution

Principales constatations

- Dans le golfe d'Amundsen, à l'extrémité ouest du passage du Nord-Ouest, les eaux sont libres de glaces pendant plus longtemps que la période normale, et en hiver la couche de glace de mer est maintenant plus mince et plus mobile.
- Les cyclones jouent un rôle important dans l'accroissement et la désintégration de la glace de mer. Ils retardent la formation de la nouvelle glace, réduisent la croissance de la glace pluriannuelle et entraînent la dislocation de cette glace à la fin de l'été.
- Les phénomènes liés au changement climatique peuvent faire remonter les eaux riches en nutriments du fond de l'océan Pacifique vers les eaux de surface déficientes en nutriments le long de la côte arctique, ce qui nuit aux réseaux trophiques de la zone.
- Les lisières de glace en bordure des chenaux de séparation — zones d'eaux libres entre le pack et la banquise côtière — se distinguent par leur grande productivité biologique.
- Auparavant, le gyre de la mer de Beaufort (courants océaniques giratoires) suivait le sens horaire pendant la plus grande partie de l'année, mais maintenant il change régulièrement de direction. Cela contribue à réduire l'épaisseur et l'étendue de la glace de mer.

considérable de la couverture de glace de mer affecte énormément l'équilibre entre le rayonnement solaire incident et le rayonnement solaire sortant. C'est parce que la glace de mer reflète habituellement jusqu'à 50 pour cent de la lumière du soleil, et jusqu'à 90 pour cent si elle est recouverte de neige, alors que la surface foncée de l'océan absorbe 90 pour cent de la lumière solaire.

Le programme canadien de l'API a donné aux scientifiques un accès à l'Arctique sans précédent. Grâce à l'Étude sur le chenal de séparation circumpolaire menée dans la mer de Beaufort-Sud, pour la première fois un brise-glace de recherche entièrement équipé a passé l'hiver dans l'Arctique, permettant ainsi à des scientifiques d'examiner l'évolution de la glace de mer, depuis sa formation jusqu'à sa désintégration. L'étude a aussi permis d'observer pendant toute l'année de nombreuses masses de glace de mer formée au fil des époques, ce qui a beaucoup amélioré la capacité de détecter les caractéristiques géophysiques (salinité, volume de saumure, épaisseur) et thermodynamiques (température à la surface et profil) de la glace de mer.

Les scientifiques ont confirmé que les cyclones (et les anticyclones en hiver) jouent un important rôle dans la dynamique et l'évolution de la glace de mer. Ces phénomènes météorologiques, caractérisés par des violents vents en spirale soufflant vers l'intérieur, prennent de la force au-dessus des eaux libres entre le pack et la banquise côtière, et tendent à suivre l'interface entre les eaux libres et la glace de mer. Les cyclones dans le bassin arctique ne semblent pas plus fréquents, mais ils s'intensifient. Les cyclones créent des vagues qui déplacent le pack, et ils peuvent aider à déclencher des ondes de tempêtes démesurées. Les scientifiques qui ont mené l'étude



Le NGCC Amundsen était le premier brise-glace de recherche à passer l'hiver dans l'Arctique.

sur le chenal de séparation circumpolaire ont noté que même les floes les plus épais, affaiblis par les chaudes températures estivales, peuvent être brisés par ces ondes.

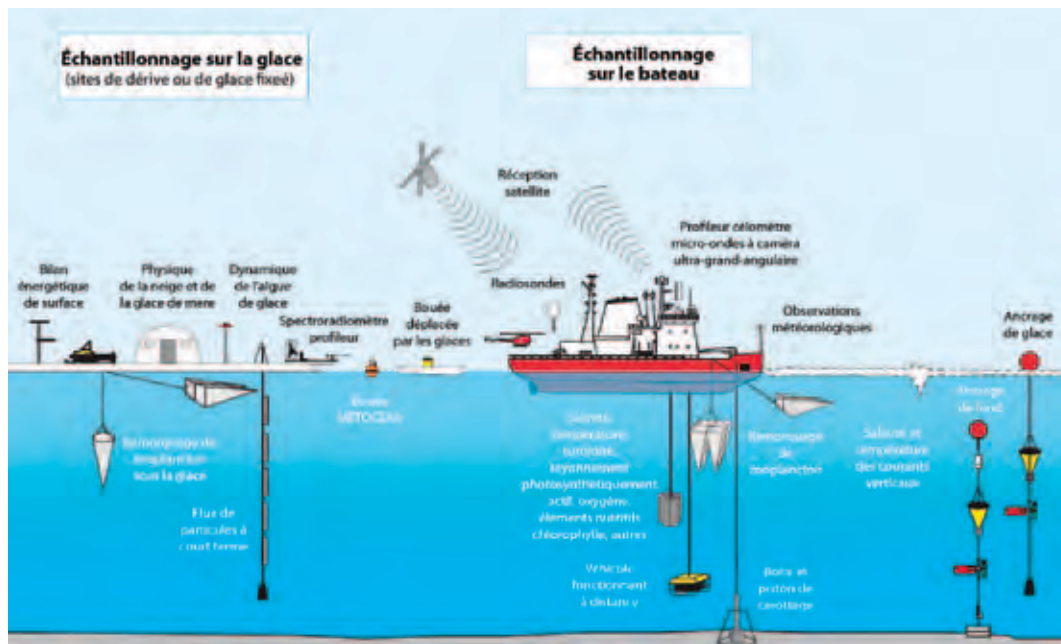
Stockage de polluants et de carbone

Dans le cadre de l'API, les chercheurs canadiens ont fait des analyses hebdomadaires des cartes glaciaires établies à partir de 1960 jusqu'en 2008, pour déterminer les tendances et la variabilité de la glace de mer en été. Ils ont constaté que la couverture de glace avait diminué surtout dans la baie d'Hudson, soit d'environ 11 pour cent par décennie. Les taux de rétrécissement par décennie observés : 8,9 pour cent dans la baie de Baffin; 5,2 pour cent dans la mer de Beaufort; et 2,9 pour cent dans l'archipel arctique canadien.

Les chercheurs ont trouvé la preuve que

Une couverture de glace de mer de plus en plus fragile, combinée à la réduction des glaces pluriannuelles, accélère le changement dans l'Arctique.

Les installations et l'équipement perfectionné du NGCC Amundsen en font une plateforme de recherche polyvalente pour les océanographes, les géologues, les écologistes terrestres et les épidémiologistes.



L'augmentation des températures surface-air dans l'Arctique continuera de réduire le volume de glace de mer en été et facilitera la navigation d'un bout à l'autre du Nord canadien dans un proche avenir. Depuis 2007, le passage du Nord-Ouest, qui autrefois était en grande partie inaccessible aux navires-cargo, est libre de glaces pendant une partie de l'année. À cause des chaudes températures enregistrées au printemps et de la diminution accrue de la glace pluriannuelle, on a enregistré une baisse record du volume de glace de mer dans le passage en août 2010. Cette situation entraîne des conséquences de taille pour la navigation saisonnière et la souveraineté du Canada dans l'Arctique.

On note aussi des répercussions significatives pour ce qui est du changement climatique planétaire. Exemple : un récent compte rendu d'étude scientifique a renforcé l'idée que les eaux des plateaux continentaux, dans les hautes latitudes, présentent habituellement un taux de saturation en dioxyde de carbone inférieur à celui de l'atmosphère. Cela laisse supposer que l'Arctique

fonctionne comme un puits de carbone, le dioxyde de carbone étant stocké dans l'atmosphère. Cependant les chercheurs de l'API invitent à la prudence, car on ne connaît pas encore assez les processus associés à la glace de mer qui peuvent influencer sur l'absorption du dioxyde de carbone.

Toutefois, les scientifiques savent que les régions polaires sont particulièrement sensibles aux effets des contaminants chimiques. Comme si elles se déplaçaient sur un tapis roulant, les substances polluantes provenant des basses latitudes sont transportées par les courants océaniques et atmosphériques dans l'Arctique où elles finissent par entrer dans la chaîne alimentaire. Au cours de l'API, plusieurs études ont considéré les liens entre la glace de mer et le transport des contaminants. Dans l'une de ces études, on a examiné des trous de forage percés dans la glace, pour dégager les liens entre les pesticides organochlorés, comme le HCH (hexachlorocyclohexane), et les caractéristiques physiques et thermodynamiques de la glace de mer. Les scientifiques ont déterminé

que les niveaux de HCH présents dans la saumure excédaient la concentration d'eau sous la glace par un facteur de trois, ce qui laisse supposer que l'écosystème hypersalin était et est encore celui qui est le plus exposé aux HCH.

Nouvelles règles pour les habitants du Nord

Outre leurs observations scientifiques, les chercheurs qui ont travaillé à l'étude sur le chenal de séparation circumpolaire ont consulté les habitants de l'Arctique pour exploiter leur savoir traditionnel et le résultat de leurs observations de la glace de mer. On a demandé aux Inuvialuits (Inuits vivant dans l'Arctique canadien occidental) de Paulatuk, Sachs Harbour et Ulukhaktok, dans les Territoires du Nord-Ouest, de consigner leurs connaissances sur la glace de mer et les facteurs qui amènent les changements.

Dans toutes les collectivités, la constatation la plus courante signalée par les personnes interrogées était la diminution du volume de glace de mer et l'augmentation des eaux libres. Pendant tout l'hiver les gens avaient noté, entre autres, l'expansion et l'accroissement des bassins d'eau libre qui au cours des années antérieures étaient habituellement gelés. On constate aussi que maintenant les eaux libres sont plus proches des rivages. Les gens de Sachs Harbour ont remarqué que la prise en glace se produit à peu près un mois plus tard qu'il y a vingt ou trente ans. En outre, ils ont dit aux chercheurs de l'API qu'ils ne se sentent plus en sécurité s'ils veulent aller loin sur la glace de mer, dans le golfe d'Amundsen.

Les résidants de tout l'Arctique canadien, sont confrontés à une nouvelle réalité : les amoncellements de morceaux de glace, la glace rugueuse et les eaux libres sont de plus en plus menaçants. Ces gens seront forcés de modifier les itinéraires qu'ils suivent depuis longtemps ou de mettre fin à leurs déplacements sur les glaces. Leur capacité de s'adapter, qui a été fort vantée, sera sérieusement mise à l'épreuve dans les années à venir.



Les scientifiques recueillent des échantillons de glace de mer. On dirait qu'ils travaillent sur une « feuille de nénuphar ».

La suite?

Les constatations des études sur la glace de mer menées durant l'API occuperont grandement les scientifiques et les responsables des politiques, dans tout le Canada. Les résultats pourront être intégrés aux études de modélisation qui suivent le mouvement des glaces de mer et servir à évaluer l'impact d'une couverture de glace de plus en plus mobile sur la présence de nutriments et de polluants dans la région de la mer de Beaufort. Cela pourrait avoir des conséquences sur l'exploitation des ressources renouvelables et non renouvelables, la navigation et la souveraineté dans l'Arctique.

Et que signifieront la diminution de la glace de mer et l'amincissement de la couche de glace pour les populations côtières du Nord? L'augmentation des ondes de tempêtes pourrait accélérer l'érosion des côtes, ce qui nuirait aux pêches et aux activités de récolte. Les changements en ce qui concerne les périodes de formation et de dislocation des glaces de mer auront des conséquences sur la sécurité et l'efficacité des moyens de transport pour les résidants et les chasseurs. Les gens du Nord devront trouver des stratégies d'adaptation.

Études canadiennes de l'API dans ce domaine

- « *L'Étude sur le chenal de séparation circumpolaire* »; chef de projet : David Barber, Université du Manitoba
- « *Production océanique de gaz à l'état de traces dans l'Arctique et répercussions sur le climat* »; chef de projet : Maurice Levasseur, Université Laval
- « *Le cycle du carbone dans la marge continentale arctique et subarctique du Canada* »; chef de projet : Charles Gobeil, Université du Québec
- « *Répercussions des orages violents de l'Arctique et des changements climatiques sur les zones côtières* »; chef de projet : William Perrie, Pêches et Océans Canada
- « *Effets des changements climatiques sur les cycles des nutriments et du carbone dans l'océan Arctique* »; chef de projet : Roger François, Université de la Colombie-Britannique
- « *Courants océaniques du Canada arctique* »; chef de projet : Humfrey Melling, Pêches et Océans Canada
- « *Les trois océans du Canada – C3O* »; chef de projet : Eddy Carmack, Pêches et Océans Canada
- « *Variabilité naturelle du climat et forçages climatiques dans l'Arctique canadien et dans l'océan Arctique* »; chef de projet : André Rochon, Université du Québec à Rimouski

Cryosphère

Qu'est-ce qui se passe quand le pergélisol dégèle?



Un glacier de l'île de Baffin recule en raison du réchauffement du climat.

Les études (indices obtenus allant des carottes de glace jusqu'aux images de satellites) montrent que l'Arctique est en train de perdre les caractéristiques qui rendent la région aussi distincte. La neige, les plates-formes de glace, les glaciers et le pergélisol du Nord perdent tous du terrain à cause du changement climatique.

Qu'on ne s'y méprenne pas : l'Arctique se réchauffe. Au cours des vingt dernières années, les températures annuelles moyennes dans le sol gelé de l'Extrême-Arctique ont augmenté de près de 1°C par décennie. Il y a maintenant une moins grande quantité de neige sur le sol au printemps et au début de l'été; depuis 1967, la couverture de neige en juin a diminué de près de moitié. Au Yukon, les glaciers rétrécissent à cause des étés plus longs et plus chauds. Des plates-formes entières de glace — éléments flottants dont l'épaisseur peut atteindre 50 mètres — se sont volatilisées au large de l'île d'Ellesmere.

Les études canadiennes de l'API visaient à présenter un instantané de l'état actuel de la

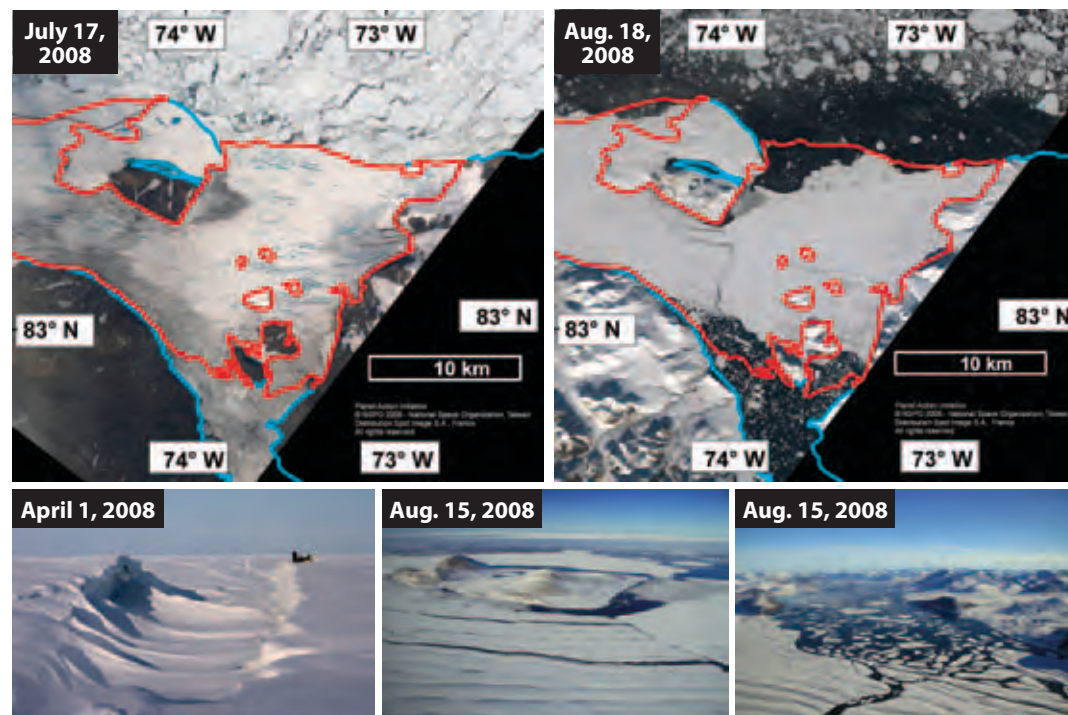
Principales constatations

- Pour la cryosphère arctique (zones de neige, de glace et de sol gelé), la période de l'API a marqué l'accélération de tendances déclenchées au cours des décennies précédentes : réchauffement du pergélisol, réduction de l'étendue et de la durée de la couverture de neige; réduction de l'étendue des glaces de mer en été; diminution accrue de la masse des glaciers et amincissement et dislocation des plates-formes de glace restantes au Canada.
- La couverture de neige dans l'Arctique diminue graduellement parce que la neige fond plus tôt au printemps. Depuis 1967, l'étendue de la couverture de neige sur tout le continent arctique en juin a diminué de 46 pour cent.
- Dans tout le Nord canadien, le pergélisol s'est réchauffé. La température annuelle moyenne du sol en milieu pergélisolé a augmenté dans des proportions allant jusqu'à 0,2°C par décennie depuis le milieu des années 1980 dans la vallée du Mackenzie, 0,8°C par décennie depuis le début des années 1970 dans tout l'Arctique occidental et environ 1°C par décennie depuis les années 1990 dans l'Arctique oriental et l'Extrême-Arctique.
- D'après les simulations modélisées, la fonte des glaces et de la neige se produira plus tôt au printemps, et les glaces se formeront plus tard à l'automne.

Les gens du Nord mettent à profit les connaissances acquises résultant des études de l'API.

cryosphère, pour que les spécialistes puissent comprendre les changements des époques passées et avoir une base de référence devant servir au suivi des futurs changements. La cryosphère, l'une des principales composantes de l'écosystème arctique, peut être n'importe quelle surface gelée, y compris la glace d'eau douce, les glaciers, les inlandis, la neige et le pergélisol. En termes de masse totale et de capacité thermique, la cryosphère est le deuxième moteur du changement climatique à l'échelle planétaire, venant après les océans du monde.

L'état de la cryosphère influe sur la circulation océanique, les milieux d'eau douce et la faune. Exemple : l'hydrologie de surface et de subsurface peut être affectée quand le pergélisol — une couche de sol ou de roches qui reste gelée toute l'année — fond suite au réchauffement. La fonte des glaciers contribue à l'élévation du niveau des mers à l'échelle planétaire, élévation qui menace les zones côtières et les îles du monde entier. Bon nombre d'organismes de l'Arctique se sont adaptés à la vie dans un environnement de glace et de neige. Le phoque et l'ours polaire, par exemple,



Au cours de l'API, les chercheurs ont suivi la désintégration de la plateforme de glace flottante Ward Hunt. En haut, les images satellites illustrent l'ampleur de la perte au cours d'un mois (en rouge, tracé initial de la plateforme de glace). En bas (de gauche à droite), on découvre une grande fissure au printemps; vue aérienne du front de désintégration de la plateforme de glace; l'arrière de la plateforme, qui se rompt.

dépendent des glaces de mer pour se reproduire, se nourrir et suivre leurs habitudes migratoires. La glace d'eau douce influe sur la croissance des algues, la base du réseau trophique aquatique.

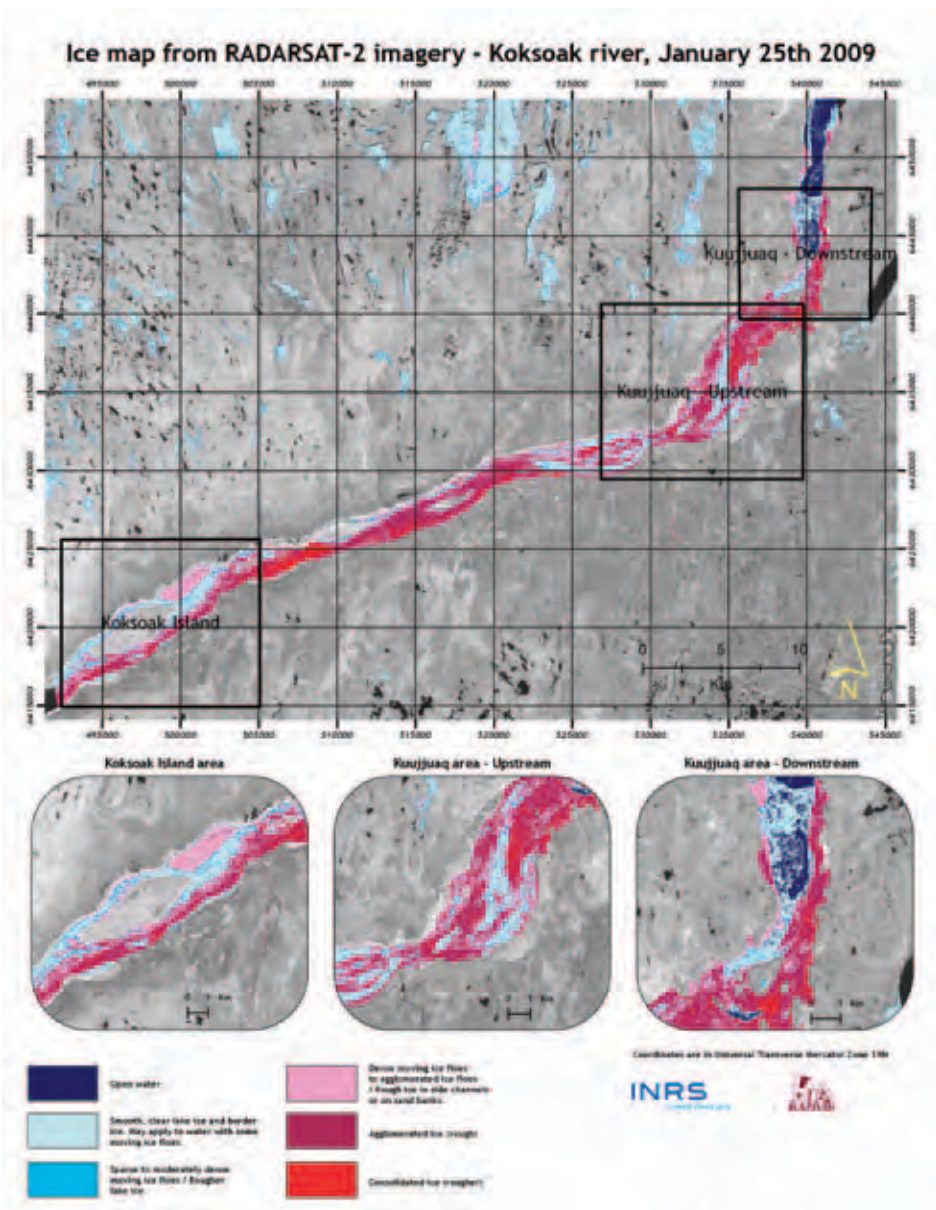
Depuis les trous de forage jusqu'aux satellites

Les changements de la cryosphère peuvent se renforcer d'eux-mêmes. Pensez à la neige et à la glace. Les deux reflètent la lumière solaire. Donc, quand l'élévation des températures de l'air à la surface fait diminuer la couverture de neige et de glace, la surface du continent arctique absorbe plus de chaleur. Cela accroît la fonte de la neige et de la glace, qui fait augmenter l'absorption de la lumière solaire, et ainsi le cycle se poursuit.

Pour surveiller les changements dans la cryosphère, les chercheurs canadiens qui ont travaillé aux études de l'API ont suivi une approche à facettes multiples. Leurs opérations sur le terrain

ont été combinées à la télédétection par satellite. Ils ont établi des sites de surveillance terrestre et utilisé des modèles pour faire des prévisions sur les changements futurs.

Les études sur la cryosphère nécessitent le recours à de nombreuses méthodes de surveillance. Le meilleur moyen de sonder le pergélisol, par exemple, est un examen au niveau du sol, car il est difficile d'estimer les changements de la température du sol à partir des images de satellites. Les chercheurs des gouvernements et des universités ainsi que les collectivités du Nord ont établi de nouveaux sites de surveillance du pergélisol dans tout l'Arctique canadien. À chaque site, on a percé des trous de vingt mètres de profondeur en moyenne, et des câbles de température reliés à des enregistreurs de données ont été installés pour enregistrer la température du sol, à diverses profondeurs. Actuellement, la température du pergélisol est mesurée dans environ 170 trous de forage.



À tous les sept à dix jours, on a établi une cartographie des glaces à l'aide des données du satellite RADARSAT, aux fins de la sécurité du transport sur les cours d'eau pour les résidents de Kuujuaq. Les eaux libres sont en bleu; la glace rugueuse, en tons de rouge.

Un autre projet de l'API était l'analyse de carottes de glace, de longs échantillons de glace verticaux présentant des preuves que le climat a varié dans l'Arctique pendant des milliers d'années. Les carottes de glace ont aidé les chercheurs à acquérir de nouvelles connaissances sur les phénomènes climatiques du passé et à déterminer, entre autres, les périodes où l'Arctique était plus chaud.

Pour de nombreux scientifiques, le travail a été un test d'endurance. Lors d'une étude menée en 2007, une équipe de chercheurs canadiens et américains a traversé l'Arctique en motoneige sur une distance de 4 200 kilomètres, pour pouvoir mesurer la couverture de neige dans une région où on n'avait jamais prélevé d'échantillons.

Les Rangers à la rescousse

Les Rangers canadiens, des réservistes du Nord qui s'entraînent avec les membres des Forces canadiennes, se sont joints aux scientifiques pour aller dans des régions figurant parmi les plus éloignées de l'Arctique. Des experts du Nunavut, du Yukon et des Territoires du Nord-Ouest, qui ont fait des observations et partagé leur savoir traditionnel, ont intégré des travaux sur le terrain à leur patrouille annuelle. Ils ont, entre autres, utilisé un géoradar pour mesurer les plates-formes de glace de l'île d'Ellesmere dont la superficie et le volume ont été grandement modifiés au cours de la dernière décennie.

Plusieurs projets ont été mis en branle pour combler les besoins en information signalés par les gens du Nord. Au Nunavik (la région arctique du Québec), les opérations de cartographie des glaces fluviales ont été menées avec la collaboration des gens de Kuujuaq. Au

cours de la réalisation du projet étalé sur deux ans, on a élaboré des cartes glaciaires à chaque période de sept à dix jours, à l'aide de données du satellite canadien de l'observation de la Terre RADARSAT, afin de garantir la sécurité des déplacements sur les cours d'eau pour les membres de la collectivité. Chaque semaine, les localités côtières de l'Arctique canadien recevaient des cartes basées sur des images du satellite qui montrent les lignes de délimitation entre les glaces de mer et les eaux libres. Cette information a aidé les gens du Nord à s'adapter aux changements dans l'état des glaces.

L'adaptation est devenue le mot d'ordre des gens du Nord. Les défis varient. Il importe, entre autres, de signaler que c'est souvent sur le pergélisol qu'on érige les infrastructures dans l'Arctique. Les populations du Nord dépendent du sol gelé, des rivières, des lacs et de la glace de mer pour leurs déplacements et la chasse. Comme chaque année il est plus difficile de faire des prévisions sur la couverture de neige et de glace, ces activités deviennent plus dangereuses.

Il faut aussi prévoir les implications pour l'exploitation des ressources naturelles, car les routes de glace assurent l'accès essentiel aux sites d'exploration et permettent le réapprovisionnement des centres de production de minerai et d'hydrocarbures. Dans les Territoires du Nord-Ouest, les mines qui dépendent des routes de glace devront raccourcir les périodes d'approvisionnement des sites miniers en hiver. L'industrie pétrolière et gazière au large des côtes pourrait faire face à de grands risques de collision avec les îlots de glace qui se détacheront des plates-formes de l'île d'Ellesmere.



Les scientifiques prélèvent des échantillons de sol pour en apprendre davantage sur le pergélisol.

La suite?

Les résultats de la recherche sur la cryosphère effectuée au cours de l'API seront utilisés durant les prochaines années pour suivre à la trace les changements dans les caractéristiques de la neige et de la glace, d'un bout à l'autre de l'Arctique. Les données recueillies sur les sites de surveillance, les modèles des changements de température au fil du temps et les images captées par satellite sont offerts aux décideurs, aux planificateurs et aux groupes des collectivités dont le développement, l'infrastructure et l'activité sociale sont étroitement liés à l'état de la cryosphère.

Des efforts soutenus pour l'observation exhaustive de tous les éléments de la cryosphère sont nécessaires si l'on veut comprendre les réactions aux changements climatiques planétaires, savoir comment ces changements affecteront les écosystèmes terrestres, aquatiques et marins, et faire en sorte que les gens et le développement, dans le Nord, soient moins vulnérables face à l'incertitude due aux bouleversements climatiques.

Études canadiennes de l'API dans ce domaine

- « *Variabilité et changement dans la cryosphère canadienne* »; chef de projet : Anne Walker, Environnement Canada
- « *Changement environnemental dans l'Extrême-Arctique, selon les carottes de neige et de glace* », chef de projet : Jocelyne Bourgeois, Ressources naturelles Canada
- « *Mesure de l'impact des changements climatiques sur les paysages et les réseaux hydriques de l'Extrême-Arctique* »; chef de projet : Scott Lamoureux, Université Queen's
- « *Conditions du pergélisol et changements climatiques* »; Project leader: Antoni Lewkowicz, Université d'Ottawa
- « *Réponse dynamique des glaciers arctiques au réchauffement planétaire* »; chef de projet : Martin Sharp, Université de l'Alberta

Écosystèmes marins

Démêler les fils d'un réseau de richesses et de complications



Des belugas se rassemblent dans les eaux de l'Arctique.

On trouve dans l'Arctique 24 des 125 espèces de mammifères marins du monde. Bon nombre de ces espèces — ours polaire, narval, béluga et phoque entre autres — vivent dans l'Arctique toute l'année et sont des icônes de l'hostile environnement polaire. Compte tenu des températures glaciales, de l'obscurité perpétuelle de la nuit polaire et de la lumière continue qu'apporte le soleil de minuit, ces espèces ont adapté leur manière de chasser, leurs habitudes migratoires et leur mode de reproduction.

Cet écosystème marin est à la base du mode de vie traditionnel des collectivités du Nord canadien. Bon nombre d'entre elles pratiquent la chasse de subsistance pour s'alimenter et se procurer peaux et fourrures.

Que savons-nous de cet écosystème? Nous savons qu'en dessous de la glace arctique, dans les eaux libres entre la terre et la glace de mer et en bordure des plates-formes de glace, le milieu marin est façonné par la lumière solaire, la température de l'eau, le flux de nutriments et les phénomènes atmosphériques. Mais nous en savons moins sur la diversité des espèces qui vivent sous la glace,

Principales constatations

- Sur de nombreux points, la biodiversité du milieu marin arctique est comparable à celle des écosystèmes du Pacifique et de l'Atlantique. Mais vu l'augmentation des températures dans l'Arctique, les espèces subarctiques se déplacent vers le nord pour rejoindre leur habitat, ce qui risque de perturber le réseau trophique arctique.
- En hiver, le réseau trophique marin de l'Arctique est plus actif que ce qu'avaient estimé les spécialistes.
- Le recul de la couverture de glace de mer dans l'Arctique devrait accroître la production primaire du phytoplancton dans les eaux libres.
- L'accroissement de la production primaire fera augmenter la biomasse aux niveaux

supérieurs de la chaîne alimentaire, ce qui avantagera les collectivités locales qui pratiquent la chasse de subsistance. Mais comme la nuit polaire limite la production primaire pendant la moitié de l'année, l'écosystème ne favorisera probablement pas les pêches commerciales à grande échelle.

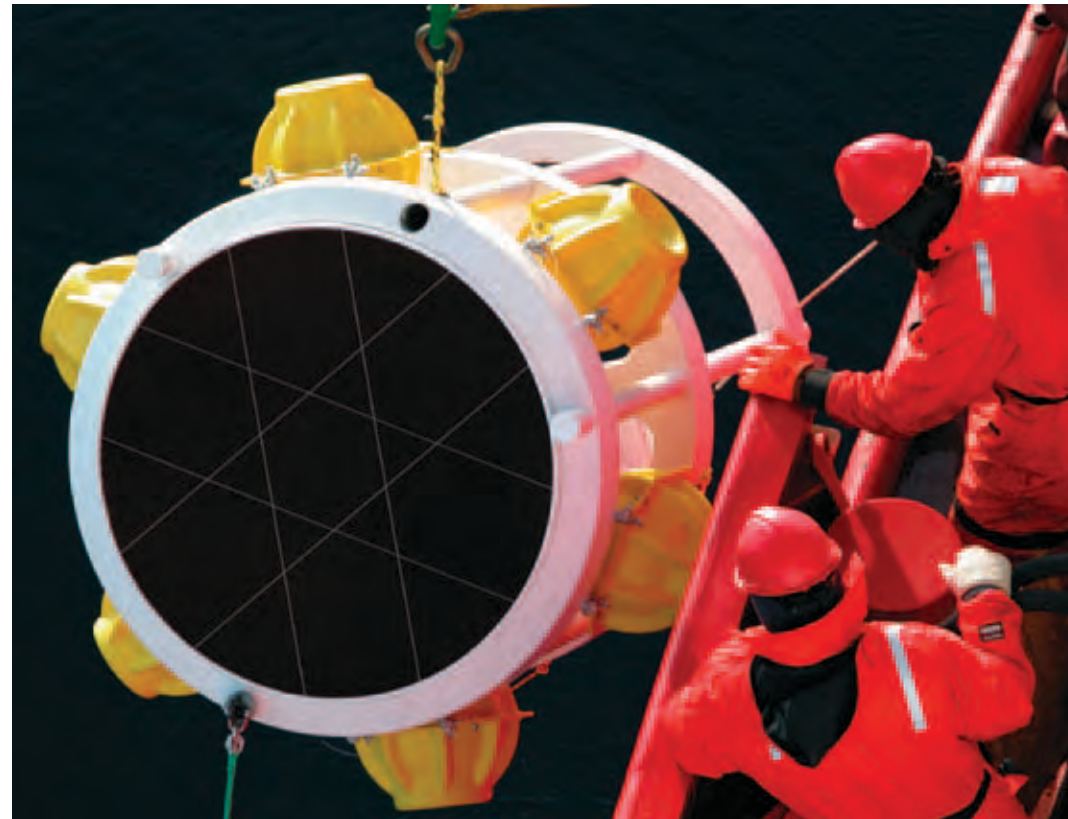
notamment à propos des microorganismes, ou de l'impact que la réduction de la glace de mer aura sur le réseau trophique. Les études de l'API menées par des chercheurs canadiens donnent une idée plus claire de ce qui se passe en dessous de la glace de mer et de la façon dont cette activité se répercute sur ce qui est visible à la surface de l'Arctique.

Les puissants producteurs du monde marin

La vie sur terre dépend presque entièrement de la capacité des microorganismes et des végétaux à purifier l'air et à convertir les composés chimiques en formes organiques utilisables par les autres espèces. C'est la même chose pour le réseau trophique arctique qui se nourrit de l'activité des producteurs primaires. Ceux-ci comprennent les algues présentes dans la glace ainsi que le phytoplancton (microorganismes qui utilisent la lumière solaire pour produire le carbone organique dont d'autres organismes tirent leur énergie). Le zooplancton consomme le phytoplancton, alors que les poissons se nourrissent de zooplancton. Et ces derniers sont la proie des plus gros organismes, comme les mammifères marins et les oiseaux marins.

C'est là un exemple simple d'une chaîne faisant partie du réseau trophique marin de l'Arctique, qui n'est absolument pas linéaire. Les gros mammifères marins, par exemple, comme les épaulards, peuvent se nourrir de phoques, alors que les cétacés à fanons, comme les baleines boréales, se nourrissent de grandes quantités de plancton. Mais les mammifères marins dépendent, directement ou indirectement, de l'énergie qui est transférée du phytoplancton à la base jusqu'au zooplancton et au poisson.

Les écologistes parlent de l'efficacité du réseau



Les scientifiques installent un piège à sédiments dans le cadre de recherches sur les processus écologiques marins.

trophique pour indiquer la quantité d'énergie transférée quand un niveau de la chaîne alimentaire consomme un niveau inférieur. L'efficacité dépend beaucoup de la qualité des nutriments disponibles à chaque niveau et de la proportion de ces nutriments qui passe au niveau supérieur.

Pour déterminer l'efficacité à divers points dans l'Arctique, les chercheurs chargés des études de l'API ont surveillé la productivité primaire dans certaines zones près de la lisière des glaces qui, d'après les experts, sont des modèles montrant ce que la réduction de la couverture de glace donnera à l'avenir. La science arctique s'est tournée vers un autre moyen; on a recouru à la télédétection pour mesurer la productivité primaire à la surface de l'océan libre de glaces. Comme cette technologie

satellitaire ne permet pas de détecter la productivité à quelques mètres sous la surface, les projets de l'API, notamment Les trois océans du Canada (C3O) et l'Étude sur le chenal de séparation circumpolaire, ont réalisé des mesures plus détaillées pour détecter l'activité du réseau trophique dans diverses parties de l'Arctique canadien.

Le projet C3O, par exemple, a nécessité l'utilisation de deux brise-glaces de la Garde côtière canadienne qui, durant les deux étés arctiques, ont parcouru au total une distance de 15 000 kilomètres pour que les spécialistes puissent examiner les liens qui existent entre l'Arctique et les océans Pacifique et Atlantique subarctiques. Ainsi les chercheurs qui ont couvert une aussi grande distance et amarré leurs appareils de mesure à des

Nombre de microorganismes, par exemple les amphipodes, jouent un rôle important à la base de la toile alimentaire dans l'Arctique.



endroits cruciaux ont pu comparer la structure physique, chimique et biologique des océans sur toute la distance et pendant plusieurs saisons.

Comprendre les complexités du réseau trophique à partir des profondeurs

Les algues présentes dans la glace et le phytoplancton ont besoin de lumière et de nutriments pour survivre et se développer. Ils obtiennent ce dont ils ont besoin grâce à un écosystème très dynamique. Les nutriments produits dans les profondeurs des océans s'élevèrent à la surface, où il y a plus de lumière, selon un processus de remontée des eaux. Ce processus est en grande partie régi par les courants dus aux vents. Vu le recul de la couverture de glace de mer, les vents feront remonter les eaux plus souvent à certains endroits, ce qui augmentera la production primaire à la surface.

Il pourrait bien ne pas y avoir d'autres avantages. Les études de l'API montrent, entre autres, que l'augmentation de la production primaire à la surface pourrait profiter seulement aux espèces qui vivent près de la surface. L'énergie supplémentaire générée par l'augmentation du phytoplancton pourrait ne pas circuler vers le fond des océans comme elle le devrait.

Dans certaines parties de l'écosystème marin arctique où il n'y a pas de remontée des eaux, l'échange de nutriments qui devraient être poussés vers les profondeurs est limité. Cela se produit habituellement quand les eaux plus chaudes, moins salées, remontent à la surface alors que les eaux plus froides et plus salées se précipitent vers le bas, et quand la différence est assez extrême pour empêcher le grand mixage des nutriments. La réduction de la couverture de glace de mer, une réalité pour l'Arctique de demain, ne fera qu'accélérer

Le réseau trophique marin de l'Arctique renferme un bien plus grand nombre d'espèces et est beaucoup plus actif que ce qu'on croyait, quand les eaux sont couvertes de glace.

ce processus. C'est là une bonne nouvelle pour le phytoplancton, les algues et le zooplancton qui devraient déplacer les plus grandes espèces qui actuellement transfèrent l'énergie vers les niveaux supérieurs. Mais ce changement pour les petits producteurs primaires entraînera des changements dans le régime alimentaire des espèces constituant les plus hauts niveaux de la chaîne alimentaire.

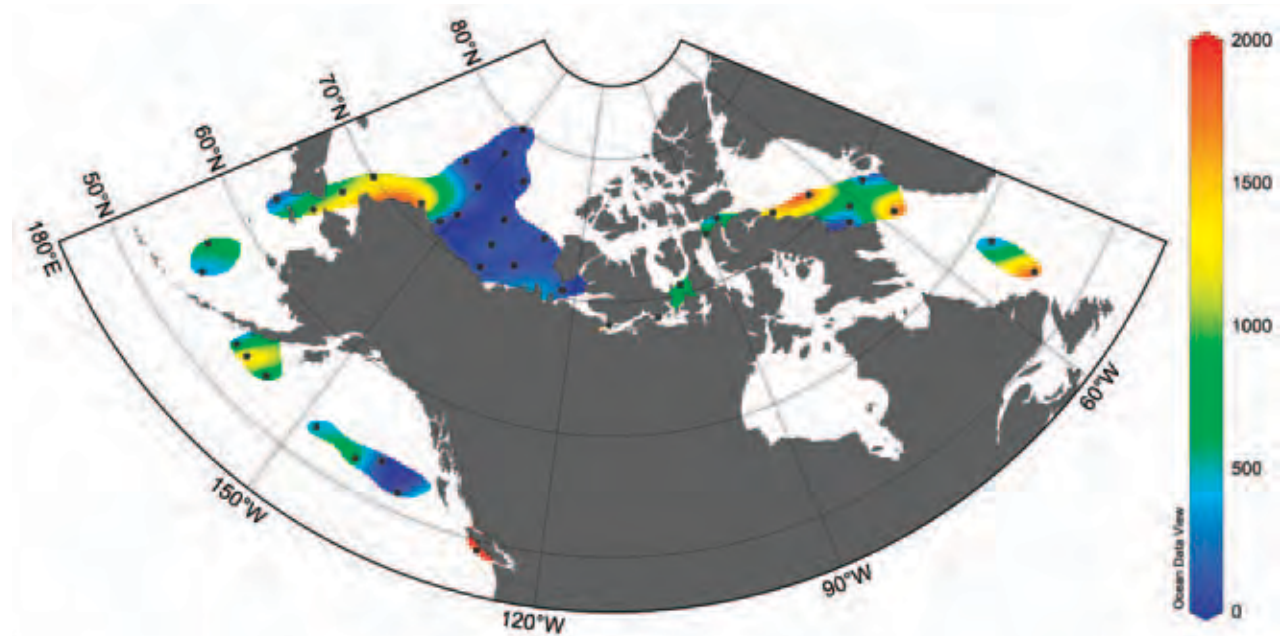
Les études de l'API brossent un tableau impressionnant de l'adaptation de microorganismes comme le phytoplancton and zooplancton. Et surtout, les chercheurs ont constaté que le réseau trophique est beaucoup plus actif que ce qu'on croyait quand les eaux sont couvertes de glace. Cela laisse supposer que les microorganismes si nécessaires à la production primaire s'adaptent parfaitement aux conditions changeantes de leur environnement.

Suivre les changements dans le monde marin vu d'en haut

Nombre d'études de l'API sur l'écosystème marin visaient à faire comprendre ce qui se passe en dessous de la glace de mer. L'un des projets, Le réchauffement de la planète et les mammifères marins de l'Arctique, a examiné selon une approche descendante la façon dont le changement climatique affecte la répartition des mammifères

marins et leur abondance.

Pour recueillir des échantillons, les scientifiques ont collaboré avec des chasseurs de subsistance du Nord, dans les localités suivantes : Arviat, Sanikiluaq, Nauyaat, Igloodik et Pangnirtung. En outre, ils ont établi des systèmes de surveillance dans les collectivités pour que les gens du Nord puissent participer à l'observation des changements dans le nombre de prédateurs en bout de chaîne et leur comportement. Les données obtenues dans le cadre de ce projet ont été combinées aux constatations d'autres chercheurs, dont ceux d'un groupe qui tentait de déterminer si, dans l'Arctique, les épaulards — de plus en plus présents — pouvaient concurrencer les narvals, les bélugas et les baleines boréales ou être leurs prédateurs. Les chercheurs n'ont pas encore annoncé les résultats de leurs études, mais ils ont établi des programmes de surveillance pour observer les futurs changements dans les plus hauts niveaux du réseau trophique marin de l'Arctique.



La suite?

Les chercheurs canadiens qui ont travaillé aux études de l'API ont recueilli des données de base sur des facteurs comme la concentration en oxygène, la salinité et les propriétés chimiques de l'eau. Ces données seront des renseignements essentiels aux fins de référence au fur et à mesure du suivi des changements dans la couverture de glace de mer.

L'un des éléments de l'écosystème marin auxquels s'est intéressée l'étude du chenal de séparation circumpolaire est l'échange de nutriments entre les eaux de surface et les profondeurs de l'océan, où la lumière ne pénètre pas et la production primaire est limitée. Les chercheurs ont trouvé des régions où l'échange de nutriments est efficace, mais il faudra faire d'autres études pour confirmer leurs constatations.

Les futures études examineront les niveaux supérieurs du réseau trophique. Certaines s'intéresseront aux effets du changement de climat sur l'habitat et l'aire d'alimentation des baleines boréales, pour déterminer à quel point les baleines peuvent tolérer les changements environnementaux et l'activité humaine. Elles examineront aussi l'impact des épaulards, qui devraient concurrencer d'autres animaux, comme l'ours polaire, qui n'ont pas de prédateur naturel.

Études canadiennes de l'API dans ce domaine

- « *Les trois océans du Canada – C3O* »; chef de projet : Eddy Carmack, Pêches et Océans Canada
- « *Le réchauffement de la planète et les mammifères marins de l'Arctique* »; chef de projet : Steve Ferguson, Pêches et Océans Canada
- « *L'étude du chenal de séparation circumpolaire* »; chef de projet : David Barber, Université du Manitoba
- « *Effets des changements climatiques sur les cycles des nutriments et du carbone dans l'océan Arctique* »; chef de projet : Roger François, Université de la Colombie-Britannique
- « *Comment les oiseaux marins peuvent aider à détecter les variations des écosystèmes de l'Arctique* »; chef de projet : William Montevecchi, Université Memorial
- « *Variabilité du climat et répercussions du changement climatique sur l'omble chevalier dans l'Arctique* » chef de projet : James Reist, Pêches et Océans Canada
- « *Détermination de l'alimentation du requin du Groenland dans un Arctique en pleine évolution* »; chef de projet : Aaron Fisk, Université de Windsor

Répartition panarctique à grande échelle de la productivité primaire, recueillie dans le cadre du projet de l'API « Les trois océans du Canada ». Les points représentent les stations d'échantillonnage.

Écosystèmes terrestres

Ça pousse à vue d'œil
dans la toundra



La végétation de la toundra ouverte colonise un complexe de dunes.

Principales constatations

- La végétation de la toundra arctique au Canada a visiblement changé depuis 10 à 30 ans : on constate une expansion générale de la couverture végétale, notamment des arbustes.
- Pour l'avenir prévisible, tous les types de toundras stockeront davantage de carbone qu'ils n'en rejettent, même s'il faut signaler de fortes différences entre le Haut-Arctique et le Bas-Arctique.
- Selon les modèles établis par les chercheurs, les écosystèmes de la toundra du désert polaire sont ceux qui réagiront le plus au réchauffement, libérant davantage de gaz à effet de serre qu'on ne le prévoyait auparavant.
- À certains endroits, la ligne forestière a avancé et s'est densifiée depuis 25 ans.

De toutes les nations polaires, c'est le Canada qui possède la plus grande variété d'écosystèmes de toundra, ce qui n'est aucunement étonnant puisque la toundra couvre le quart de la masse continentale du pays. Près de la limite forestière, la toundra forestière amorce la transition entre la forêt boréale et les territoires dominés par le pergélisol. Cette zone cède la place à la toundra du Bas-Arctique, où les formes naines de bouleau (bouleau glanduleux), de saule (saule herbacé) et de carex croissent modestement le long des plaques de mousse et de lichens. Dans le Haut-Arctique, les déserts polaires sont dominés par une végétation de zone aride, par exemple la saxifrage, qui s'accroche au versant sud des blocs rocheux. Pourtant, dans chaque zone de toundra, on observe une grande variabilité, qui dépend surtout de la topographie et de la présence ou de l'absence d'humidité.

Par contre, nos connaissances de ces écosystèmes demeurent fragmentaires. Pour combler les lacunes, dans le cadre de toute une série de projets scientifiques canadiens subventionnés par l'API, les chercheurs se sont attachés à préciser l'influence de divers facteurs, notamment le climat, sur les écosystèmes terrestres du Nord. Ces projets tombaient à pic : depuis 1970, les températures moyennes dans la région de la toundra ont augmenté de 1 °C par décennie, soit parmi les rythmes les plus rapides de réchauffement de la planète. Les chercheurs ont étudié les sols, la végétation, la dynamique de la limite forestière et le cycle du carbone. Ils ont pu ainsi dresser une image des changements environnementaux à partir de multiples points de vue, de la vision rapprochée obtenue sur des parcelles individuelles aux observations obtenues par satellite.

La modélisation climatique de pointe, le travail

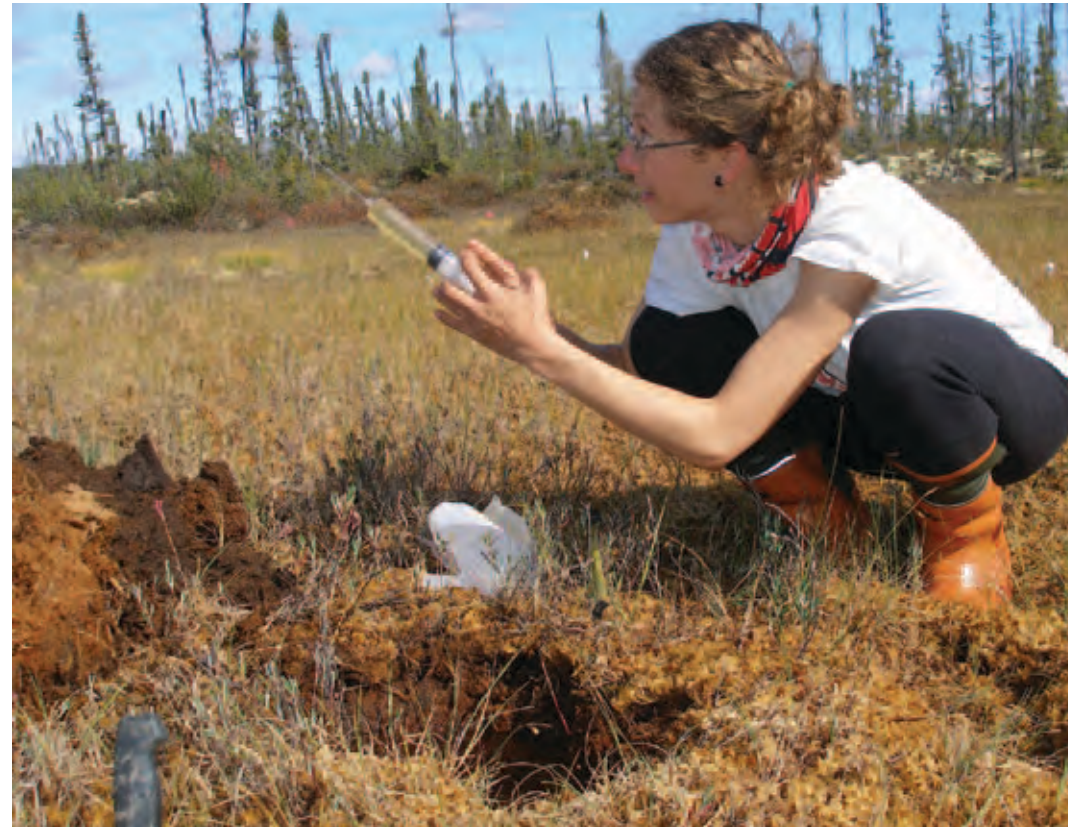
La toundra, dans toutes ses diverses formes, couvre le quart de la masse continentale du Canada.

sur le terrain et les observations des résidents nordiques de longue date pointent tous sur deux observations essentielles et aux répercussions profondes : le pergélisol fond, suscitant des craintes concernant la libération de gaz à effet de serre dans l'atmosphère; de plus, l'Arctique « verdit », ce qui pose à la fois des difficultés et offre des perspectives aux collectivités nordiques et à la faune.

Piège à carbone/source de carbone?

L'état du pergélisol a une importance mondiale. Cette couche de sol gelé en permanence contient des milliards de tonnes de matière végétale et animale, c'est-à-dire du carbone qui y est demeuré piégé pendant des dizaines de milliers d'années.

L'une des conclusions de l'API est que près de la moitié de la totalité du carbone présent dans le sol est enfermé dans le pergélisol. Que se produira-t-il si la couche active du pergélisol fond? Dans certains cas, le pergélisol s'enfoncera et deviendra marécage, tandis que dans d'autres secteurs, on assistera à une augmentation du drainage et de



Une scientifique envoie un jet d'eau vers le ciel tandis qu'elle recueille des échantillons pour une étude de la toundra.

l'assèchement. Par contre, la grande préoccupation est que le carbone stocké sera libéré dans l'atmosphère sous forme de dioxyde de carbone ou gaz carbonique, produit chimique qui agit comme piège thermique et joue un rôle dans l'accélération du réchauffement planétaire. Les modèles préparés par les chercheurs canadiens grâce à des fonds de l'API laissent croire qu'il pourrait également y avoir libération de deux autres gaz à effet de serre, le méthane et l'oxyde d'azote.

Dans le cadre d'un autre projet canadien de l'API, les chercheurs ont étudié à petite échelle le cycle du carbone. Ils ont voulu faire ressortir le lien entre les champignons mycorhiziens (associés en symbiose avantageuse avec les plantes), les microbes du sol et les plantes de la toundra et cherché à savoir

de quelle façon ces relations évolueront dans un climat en réchauffement. Ils ont constaté que les champignons mycorhiziens constituent des forces primordiales de changement dans l'écosystème arctique : à mesure que se réchauffe le climat, les arbustes de la toundra s'associent de plus en plus aux champignons mycorhiziens qui se spécialisent dans la décomposition des molécules organiques de carbone complexe stockées dans le sol de la toundra. D'après les preuves réunies, le réchauffement entraînera la décomposition des réservoirs de carbone de la toundra arctique.

Les répercussions de l'augmentation des émissions de gaz à effet de serre provenant du pergélisol pourraient être atténuées par une autre tendance incontestable, à savoir que la toundra, dont



À DROITE : La glace souterraine entraîne le soulèvement du sol.

la croissance a toujours été lente, croît maintenant rapidement. C'était l'une des grandes constatations tirées d'un projet canadien de l'API « Incidence des changements climatiques sur la toundra de l'Arctique canadien » (IPEX), qui est la première évaluation approfondie de la toundra canadienne. Les chercheurs de l'IPEX ont étudié des images satellitaires de la couverture végétale, établi le lien entre les mesures au sol et les données climatiques et recueilli les observations des gens du Nord.

À partir de ce travail, ils ont constaté que le « signal vert » était plus fort à la limite de la toundra et de la forêt : les arbustes atteignent une plus grande taille et la végétation passe à une couverture de broussailles de feuillus et de résineux. Il ressort des modèles élaborés au cours de l'API que la végétation de la toundra se déplace vers le Nord, tout comme la limite des arbres, de sorte que les zones du désert polaire du Haut-Arctique commenceront à se parer d'une plus grande couverture végétale. Tandis que la végétation se répand dans l'Arctique,

l'augmentation de la vie végétale agirait comme piège à carbone, emprisonnant le carbone au fil de la croissance des plantes.

Le débat « piège à carbone ou source de carbone » est complexe. Pour valider les théories sur la question de savoir comment la toundra réagira au réchauffement, les chercheurs de l'API ont recueilli des données à la station de recherche sur l'écosystème de la toundra du lac Daring, au cœur de la toundra arbustive, à 300 kilomètres au Nord-Est de Yellowknife, dans les Territoires-du-Nord-Ouest. Ils ont étudié le cycle du carbone dans les sols et l'absorption de matières nutritives par les plantes, et mesuré la profondeur de la couche active du pergélisol. Grâce aux renseignements recueillis, ils ont élaboré un modèle d'écosystème dans le but de prévoir la réaction de la toundra à certains changements environnementaux. Le travail se poursuit, mais d'après le modèle du lac Daring, il semble que le signal de verdissement ne s'arrêtera pas : la photosynthèse et la couverture

de broussailles participeront à une plus grande absorption du dioxyde de carbone, pour piéger à nouveau le carbone dans le sol.

Message mitigé sur la limite des arbres

Il existe un autre signe du réchauffement de l'Arctique, à savoir la limite des arbres, qui marque la fin de la forêt et le commencement de la toundra arctique. Environ 40 p. 100 de la masse continentale du Canada se situe au-delà de la limite des arbres. Dans le cadre d'un projet de l'API, les chercheurs ont consigné les changements et les mécanismes de changement dans la répartition des arbres et des arbustes dans leur relation avec le climat, se concentrant tout particulièrement sur les anneaux de croissance et la taille des arbres. Ils ont constaté une variation importante de la réaction de la limite des arbres au réchauffement : dans certains endroits, la limite des arbres s'est remplie et a gagné en densité au cours des 25 dernières années.

Dans la plaine d'Old Crow, dans le Nord du Yukon, il est impossible d'ignorer les changements dans l'écosystème terrestre. Terre natale de la Première nation des Gwitchin Vuntut, Old Crow est une vaste terre humide de 5 600 kilomètres carrés. Dans le cadre d'un projet de l'API piloté par la Première nation Gwitchin Vuntut, on a allié les méthodes scientifiques et le savoir traditionnel pour étudier, dans cette région, la situation passée et actuelle en matière de climat, d'hydrologie, de pergélisol, de couverture végétale, sans oublier la faune et la sécurité alimentaire.

Les observations des anciens d'Old Crow et d'autres personnes vivant dans la région étaient révélatrices. À leurs dires, c'est une véritable explosion de la croissance des arbustes, certaines pistes traditionnelles étant maintenant perdues dans

la végétation. En raison des changements touchant le climat et la végétation, certaines espèces fauniques élargissent leur aire de répartition : on peut voir l'original le long de la North Slope, au bord de l'océan Arctique. On commence à observer des oiseaux et des insectes qu'on n'avait jamais vus dans la région. Pour saisir davantage de renseignements de ce type dans les années qui viennent, les responsables du projet de l'API à Old Crow ont créé un système de surveillance communautaire des écosystèmes terrestres et aquatiques de la région et ce legs continuera à donner des résultats.

Dans la même veine, dans l'Est de l'Arctique, on a préparé le terrain pour que la collectivité effectue une surveillance permanente de l'environnement. Au cours de l'API, les chercheurs de l'IPEX ont établi des programmes avec le concours des anciens et

des élèves du secondaire dans nombre de collectivités du Nunavik, la région des Inuits située dans le Nord du Québec. Ils ont interviewé des anciens pour préciser ce qu'ils savaient par tradition et par expérience des petits fruits récoltés couramment, pour savoir où ils étaient cueillis par le passé et actuellement. Les chercheurs de l'IPEX ont également rencontré des étudiants, leur enseignant comment mener sur le terrain des travaux scientifiques de base. Les étudiants ont été ensuite invités à surveiller la récolte des petits fruits et certaines variables environnementales comme les profils de la végétation et de la neige. Les étudiants ont également eu la possibilité d'interviewer les anciens eux-mêmes concernant la récolte de petits fruits. À l'automne de 2012, l'initiative sera inscrite au programme d'études des écoles secondaires du Nunavik.

La suite?

Les recherches menées au cours de l'API ont fait ressortir la nécessité d'acquérir une connaissance plus approfondie des écosystèmes du pergélisol. Quel sera le destin de la couche active du pergélisol, dans un Arctique en voie de réchauffement? Quelles sont les différences entre le pergélisol riche en glace — qui est à l'origine de formes terrestres uniques comme les pingos, et le simple sol pierreux?

Les modèles d'écosystèmes de la toundra, par exemple celui établi à partir des observations menées au lac Daring, doivent être poussés plus loin et reproduits ailleurs. En raison des diverses questions environnementales et sociales découlant du réchauffement de la planète, les scientifiques ont hâte de mieux comprendre les conséquences du cycle du carbone dans le pergélisol et du verdissement de l'Arctique pour l'écologie de l'Arctique.

Études canadiennes de l'API dans ce domaine

« *Incidence des changements climatiques sur la toundra de l'Arctique canadien* »; chef de projet : Greg Henry, Université de la Colombie-Britannique

« *Yeendoo Nanh Nakhweenjit K'atr'ahanahtyaa : changement environnemental et activités traditionnelles dans la plaine d'Old Crow* »; chef de projet : Shel Graupe, Première nation des Gwitchin Vuntut

« *Répercussions du déplacement de la limite des arbres de l'Arctique* »; chef de projet : Karen Harper, Université Dalhousie

« *Flux de carbone et dynamique des communautés microbiennes dans la toundra du Bas-Arctique* »; chef de projet : Suzanne Simard, Université de la Colombie-Britannique

« *Évolution des forêts et des tourbières le long de la vallée du Mackenzie* »; chef de projet : Jagtar Bhatti, Ressources naturelles Canada

« *Effet des changements climatiques sur le paysage et les réseaux hydrographiques de l'Extrême-Arctique* »; chef de projet : Scott Lamoureux, Université Queen's

« *Le climat et les écosystèmes de toundra alpine dans le sud-ouest du Yukon* »; chef de projet : David Hik, Université de l'Alberta

« *Observatoires de recherche polaire pour l'étude de la biodiversité et de l'environnement* »; chef de projet : Paul Herbert, Université de Guelph

« *Biodiversité microbienne des écosystèmes de l'Extrême-Arctique* »; chef de projet : Warwick Vincent, Université Laval

Faune

Qu'est-ce que les fluctuations des populations révèlent à propos de l'avenir des caribous?



Le Canada abrite la moitié des hardes de caribou de la toundra migrateurs et on a constaté récemment un déclin dans nombre de ces troupeaux.

Les scientifiques estiment que depuis les années 1990 l'Arctique a perdu 30 pour cent de ses vertébrés — poissons d'eau douce et de mer, oiseaux marins et mammifères terrestres et marins. Les chercheurs qui ont bénéficié des crédits de l'API ont travaillé fort pour combler les lacunes en matière de renseignements-clés et trouver les raisons pour lesquelles certaines espèces arctiques sont en déclin alors que d'autres se maintiennent ou prospèrent.

Durant les années d'exécution des travaux de l'API, les spécialistes se sont beaucoup intéressés au caribou. Cela n'a rien de surprenant : le Canada abrite la moitié des troupeaux de caribous migrateurs qui occupent la toundra dans le monde. Bon nombre de ces troupeaux ont diminué dernièrement, ce qui reflète sans doute un cycle naturel.

Le suivi des troupeaux de caribous a été effectué de diverses façons : dans le nord-ouest, on a fait le compte à partir de photographies des rassemblements d'animaux après la saison de mise bas. Dans le nord-est, on a compté les troupeaux quand les femelles retournaient dans leurs aires de mise bas

Principales constatations

- Les scientifiques estiment que l'Arctique a perdu 30 pour cent de sa population de vertébrés depuis les années 1990.
- Dans l'ensemble de la zone circumpolaire, les troupeaux de caribous sont confrontés à des défis planétaires sans précédent dus au changement de climat et à l'expansion industrielle. Vu le milieu particulier où chaque troupeau a évolué, certains seront plus affectés que d'autres.
- On estime qu'un guillemot de Brünnich sur dix a ingéré des déchets en plastique. Ces chiffres résultent du premier constat des effets de la pollution par les plastiques chez les oiseaux marins de l'Arctique canadien.
- Habituellement, en une année des prédateurs présents dans la toundra, comme le harfang

des neiges et le renard arctique, peuvent parcourir de très grandes distances — qui couvrent notamment des habitats terrestres et marins. Pour les petits mammifères de la toundra, la qualité de l'habitat dépend beaucoup de la profondeur de la couche de neige. Une épaisseur de plus de 60 centimètres offre l'habitat idéal.

On a constaté qu'un guillemot de Brünnich sur dix avait ingéré des déchets en plastique.



Attaché bien au-dessus de l'océan, un chercheur recueille des échantillons d'une colonie de guillemots.

traditionnelles. D'après les chercheurs, le nombre de troupeaux s'est accru entre les années 1970 et les années 1990, puis il a diminué durant la première décennie du vingt et unième siècle. D'après les chiffres récents, les troupeaux semblent se rétablir. Mais les statistiques varient considérablement d'un troupeau à l'autre, ce qui signifie qu'il faut compiler les données sur de multiples troupeaux pour avoir une vue d'ensemble de la taille des populations de caribous.

Cerner les causes du déclin est une opération délicate, car les cycles des populations de caribous couvrent une période d'au moins 50 ans. Vu ces longues périodes, il est difficile de déterminer si un changement dans les populations de caribous fait partie d'un processus de cycles naturel, et dans quelle mesure des facteurs comme la destruction des habitats interviennent. Pour les scientifiques et les groupes préconisant la préservation, les études

à long terme qui assurent le suivi des populations de caribous fournissent des renseignements de base pouvant servir de référence pour la comparaison des hausses et des baisses.

Mammifères, poissons et oiseaux de l'Arctique : les plus récentes tendances

Dans le cadre de plusieurs projets, les chercheurs de l'API ont examiné les résultats d'études sur la surveillance de la faune menées au cours des 30 dernières années de réchauffement arctique. Le projet sur le réchauffement de la planète et les mammifères marins de l'Arctique, par exemple, financé sur les crédits de l'API, a instauré dans les collectivités du Nord des programmes de surveillance axés sur les prédateurs en bout de chaîne. Des espèces comme les épaulards, qui n'ont pas de prédateurs naturels, exercent un

effet descendant sur l'écosystème. L'abondance d'épaulards, notée par les chasseurs inuits et confirmée par les chercheurs de l'API, constitue une menace pour les baleines dont ils font leur proie. Si les populations de baleines boréales, de bélugas et de narvals diminuent à cause de la prédation, leurs proies se multiplient. Les chercheurs ont établi une base de données qui tient compte des relevés d'épaulards vus et inclut des données du système d'information géographique. À cette base de données s'ajoutent les renseignements recueillis lors des entrevues avec des aînés et des chasseurs des onze localités du Nunavut.

Dans la même veine, le projet « Écosystèmes polaires en transition » a mis sur pied des programmes de surveillance dans les localités pour les études sur les ours polaires qui s'attachent à leur relation prédateur-proie avec les phoques annelés et les phoques barbus. Il a intégré les données

d'une enquête de 20 ans sur les ours polaires, durant laquelle les chercheurs ont capturé des ours, marqué leurs oreilles et tatoué l'intérieur de leur lèvre supérieure à des fins d'identification, puis sont retournés chaque année pour les compter. Il convient aussi de mentionner les relevés aériens de phoques et les études détaillées des tissus et organes prélevés sur les bêtes capturées par des

chasseurs de subsistance.

Les oiseaux marins, notamment les guillemots de Brünnich, qui se reproduisent en grandes colonies sur les falaises, relient les écosystèmes terrestres et marins — les guillemots font leur nid sur terre mais se nourrissent de poisson. Durant plusieurs décennies, les chercheurs ont observé les sites de nidification des guillemots de Brünnich

de deux colonies. Leurs observations ont fourni des précisions sur la relation entre le moment de la dislocation des glaces marines de l'Arctique, au printemps, et le début de la période de reproduction des oiseaux marins. Elles ont aussi fourni des pistes d'explication sur la santé des espèces de poisson, depuis la morue polaire jusqu'au capelan, grâce à l'examen du régime alimentaire des oiseaux. En outre, des études récentes financées par les crédits de l'API s'intéressaient à la pollution par les plastiques chez les guillemots de Brünnich; les responsables ont constaté qu'un oiseau sur dix avait ingéré des débris en plastique.

Certains projets ont explicitement intégré la question du changement climatique à leurs observations. « Variabilité du climat et répercussions du changement climatique sur l'omble chevalier dans l'Arctique », par exemple, tentait de déterminer pourquoi l'omble chevalier, une espèce importante pour la culture inuite, qu'on trouve partout dans le Nord, constitue un important chaînon du réseau trophique arctique. On peut utiliser l'omble chevalier pour surveiller les niveaux de contaminants dans l'écosystème. Il existe également un lien étroit entre son cycle biologique et la température de l'eau; l'omble ne peut pas pondre ses œufs dans une eau trop chaude.

Pour l'omble chevalier et d'autres espèces fauniques, habituellement la taille des populations augmente et diminue, ou suit un cycle, selon des modèles assez prévisibles. En général, l'effectif ou la densité suit davantage un cycle aux plus hautes latitudes et dans les systèmes moins productifs — autrement dit, la cyclicité est moindre dans les tropiques et plus grande dans la toundra de l'Arctique. Une nouvelle constatation à signaler : les chercheurs de l'API ont remarqué que les cycles terrestres des vertébrés de l'Arctique sont communs et uniformes, mais qu'il n'en est pas de même pour les vertébrés marins. Ces espèces ont des cycles très variés : pour certaines, par exemple, la courbe des cycles s'est modifiée à la longue. Les futures études tenteront de fournir plus d'explications sur ce point.



Des bélugas s'ébattent en eaux libres près de l'île Devon.



À GAUCHE : Les chercheurs prélèvent un échantillon de sang d'un ours blanc auquel ils ont administré un tranquillisant.

À DROITE : Harfang des neiges.

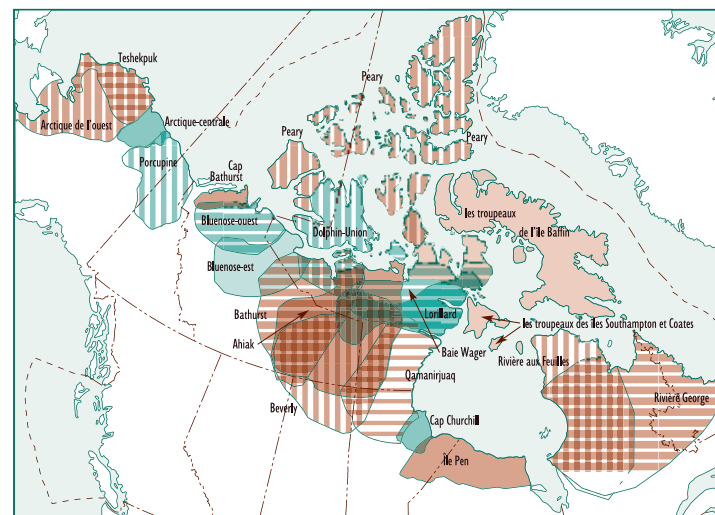


Relations à long terme

Pour mieux comprendre comment la taille des populations change, les scientifiques doivent posséder des données couvrant de longues périodes. Les études à court terme, de moins de quatre ans en général, s'intéressent aux facteurs biologiques qui déterminent la dynamique des populations, comme la prédation, les maladies et la disponibilité d'aliments, alors que les études à long terme peuvent aussi tenir compte du climat. L'échelle spatiale est aussi un facteur-clé : les études locales ne tiennent pas compte de divers éléments d'un écosystème et des liens entre les écosystèmes terrestres et marins.

Il importe de considérer la situation à long terme

pour évaluer l'impact du changement de climat sur la biodiversité dans le Nord, surtout pour les espèces dont les populations sont en déclin et celles établies depuis peu dans l'Arctique. À mesure que le climat se réchauffe, l'habitat de la toundra est lentement remplacé par une végétation subarctique, rendant ainsi certaines parties du Nord plus habitables pour les espèces du Sud. Des scientifiques qui travaillaient dans le parc national Sirmilik, dans le nord-est de l'Arctique, par exemple, ont étudié la problématique de l'empiétement du renard roux sur l'habitat traditionnel du renard arctique. Parallèlement, l'abondance d'épaulards s'accroît dans les eaux de l'Arctique.



Principales hardes de caribou au Canada.

La suite?

Le changement climatique aura des effets en cascade sur l'écosystème arctique, ce qui explique pourquoi les chercheurs recommandent une plus grande intégration des projets de surveillance. Cela inclut la combinaison des données des études sur les animaux aux divers niveaux du réseau trophique. La compilation des données sur la zone circumpolaire donnerait une perspective mondiale sur la manière dont le changement climatique affecte la biodiversité dans l'Arctique.

Les chercheurs font valoir la nécessité d'étendre les actuelles enquêtes à long terme sur la faune pour mieux comprendre l'historique des populations d'espèces-clés. Un point à signaler : les scientifiques n'ont pas encore intégré aux nombreux modèles de populations d'espèces les conditions climatiques et les polluants de l'Arctique. D'après les chercheurs, pour tirer le meilleur parti de ces tendances biologiques temporelles, le Canada doit accroître les moyens d'archiver, d'extraire et d'échanger les données à long terme, de sorte que l'information puisse être exploitée par les futures générations de scientifiques.

Études canadiennes de l'API dans ce domaine

- « *Le réchauffement de la planète et les mammifères marins de l'Arctique* »; chef de projet : Steve Ferguson, Pêches et Océans Canada
- « *Écosystèmes polaires en transition : enquête interdisciplinaire sur les répercussions des changements climatiques sur les ours polaires* »; chef de projet : Elizabeth Peacock, gouvernement du Nunavut
- « *Comment les oiseaux marins peuvent aider à détecter les variations des écosystèmes de l'Arctique* »; chef de projet : William Montevecchi, Université Memorial
- « *Variabilité du climat et répercussions du changement climatique sur l'omble chevalier dans l'Arctique* » chef de projet : James Reist, Pêches et Océans Canada
- « *Surveillance des répercussions des changements à l'échelle mondiale sur le caribou et le renne sauvage, et liens avec les collectivités humaines* »; chef de projet : Don Russell, Collège du Yukon
- « *Changement environnemental et utilisation traditionnelle dans la plaine Old Crow (Nord du Canada)* »; chef de projet : Shel Graupe, Première nation des Vuntut Gwitch'in
- « *Peuples arctiques, culture, résilience et caribou* »; chef de projet : Cindy Dickson, Conseil des Premières nations du Yukon
- « *Localisation des bélugas dans la région arctique* »; chef de projet : Mike Hammill, Pêches et Océans
- « *Détermination de l'alimentation du requin du Groenland dans un Arctique en pleine évolution* »; chef de projet : Aaron Fisk, Université de Windsor
- « *L'étude du chenal de séparation circumpolaire* »; chef de projet : David Barber, Université du Manitoba
- « *Répercussions des changements climatiques sur les espèces sauvages de la toundra* »; chef de projet : Gilles Gauthier, Université Laval

Le bien-être des collectivités

Tirer les leçons du passé
et planifier l'avenir



Dans la plaine d'Old Crow, au Yukon, les chercheurs ont étudié l'effet du changement climatique sur la vie et les traditions de la Première nation des Gwitchin Vuntut.

Principales constatations

- Selon l'histoire orale et les études archéologiques, les gens de l'Arctique ont dû, dans un passé lointain, s'adapter à des changements environnementaux.
- La fonte du pergélisol, la diminution de la couverture de glace de mer et les profils météorologiques imprévisibles attribuables au changement climatique ont des répercussions sur la valeur du savoir traditionnel pour la pratique de la chasse et les déplacements.
- Le changement climatique et l'augmentation de l'activité industrielle dans le Nord créent un environnement plus propice aux maladies, aux espèces envahissantes et à la propagation des contaminants dans la toile alimentaire.
- Les collectivités qui donnent un appui fort aux organisations locales et gouvernementales sont plus à même de s'adapter au changement climatique.

Les Années polaires internationales antérieures se concentraient presque exclusivement sur les sciences physiques. L'API 2007-2008 était la première comportant des études pour comprendre l'influence des changements climatiques dans la région de l'Arctique sur la santé et le bien-être de ceux qui y vivent. Les projets canadiens de l'API dans ce domaine portaient sur nombre de thèmes. Dans les études historiques, on s'est penché sur les périodes antérieures de changement climatique pour chercher à savoir de quelle façon les collectivités nordiques se sont adaptées; dans d'autres études, les chercheurs ont voulu préciser l'effet actuel du changement climatique sur les collectivités nordiques. On a aussi mis au point des outils afin d'aider les gens du Nord à s'adapter au changement climatique dans les années qui viennent.

Une vieille histoire

Il ressort des études archéologiques que les collectivités de l'Arctique ont acquis une somme importante d'expérience en matière de changement climatique. Dans le cadre d'un des projets de l'API, on a retracé l'influence de l'environnement et des ressources sur la migration des premiers Inuits, connus sous le nom de peuple de Thulé, de l'Ouest de l'Arctique à l'Est en raison de changements dans les migrations de la baleine boréale. Selon les chercheurs, l'augmentation de la population de baleines boréales et les changements migratoires sont dus à un recul de la couverture de glace de mer au cours d'une période de réchauffement entre 1000 et 1300 de notre ère.

Les chercheurs, par l'examen des sites archéologiques, ont pu déceler la manière de vie

La fonte des plaques de glace met au jour des indices sur la façon dont les gens de l'Arctique se sont adaptés au changement climatique.

des Inuits qui vivaient près de Cambridge Bay et de Hall Beach au Nunavut, d'Inukjuak au Nunavik (Nord du Québec) et Nain au Nunatsiavut (Nord du Labrador). Lorsque ces sites seront étudiés plus à fond, ils fourniront plus d'éclairage sur l'adaptabilité des collectivités nordiques aux épisodes de changement climatique du passé.

Certains changements du paysage arctique offrent des occasions supplémentaires d'études archéologiques au niveau local. Les chercheurs du Centre patrimonial Prince of Wales, à Yellowknife (T.-N.-O.) ont étudié les plaques de glace – accumulations de neige qui, jusqu'à récemment, restaient gelées toute l'année. L'augmentation des températures dans l'Arctique entraîne la fonte de certaines plaques de glace des monts Mackenzie, mettant à découvert des artefacts préservés depuis des milliers d'années. Les archéologues ont donc pu reconstruire les migrations et les profils de chasse du passé dans les Territoires du Nord-Ouest.

Les plaques de glace sont des indices des pratiques de chasse d'autrefois, en raison de leur importance pour le caribou. Pendant des siècles, les chasseurs se sont mis à l'affût du caribou aux plaques de glace, où ces animaux cherchaient refuge contre les moustiques et la chaleur. Le résultat est que ces plaques de glace sont devenues des dépôts de flèches, d'outils à pointe effilée, fûts de flèches et collets. On y trouve également du fumier de caribou fossilisé dont les biologistes ont extrait l'ADN, dressant ainsi un tableau des profils migratoires du passé. Ils ont également analysé le fumier pour y relever les traces de plantes, de pollen, de résidus d'insectes et même de parasites, autant d'indices aidant les biologistes à reconstruire les écosystèmes du passé. En bref, les chercheurs de ce projet de l'API ont étudié huit plaques de glace et en ont tiré des artefacts remontant à près de 5 000 ans. Ils ont également sélectionné des plaques de glace pour y mener ultérieurement d'autres études.



Des chercheurs faisant partie d'une étude archéologique de l'API examinent attentivement des artefacts sur un site côtier. Ces endroits contiennent des indices sur la façon dont les Inuits se sont adaptés au changement climatique.

Pour une meilleure capacité d'adaptation

Deux projets canadiens de l'API, « Communautés et changement : adaptation et vulnérabilité des communautés dans l'Arctique (CAVIAR) » et « Les gens de l'Arctique : Culture, adaptabilité et caribou » (ACRC) portaient sur l'influence du changement climatique sur le contexte social des collectivités de l'Arctique.

Dans le projet CAVIAR, les chercheurs ont adopté une approche ascendante en permettant aux collectivités locales de huit pays de l'Arctique, dont le Canada, de définir l'orientation de l'étude. CAVIAR a intégré également le savoir traditionnel et les méthodes scientifiques afin de mesurer la vulnérabilité des collectivités au changement des conditions sociales et environnementales et de préciser de quelle façon elles s'y adaptent.

Les chercheurs du projet CAVIAR ont constaté que le changement climatique est à la fois source

de risques et de nouvelles perspectives pour les collectivités nordiques, en ce qui a trait à l'extraction des ressources naturelles, aux activités économiques et à la santé. Le degré de vulnérabilité varie entre les diverses collectivités de l'Arctique et à l'intérieur de celles-ci. Celles dont les organismes et les gouvernements bénéficient d'un soutien généralisé sont le plus à même de s'adapter au changement climatique.

Le projet ACRC est une initiative conjointe de l'Arctic Athabaskan Council du Gwich'in Council International, de la nation Déné, de l'Inuit Tapiriit Kanatami et du bureau canadien du Conseil circumpolaire inuit, dont l'objet était d'étudier les réactions des collectivités aux fluctuations de disponibilité du caribou de la toundra. Au cours de la dernière décennie, on estime que les populations de caribou de la toundra, ressource essentielle pour la subsistance et la santé des gens du Nord, ont connu un déclin marqué, soit jusqu'à 85 p. 100 dans certains troupeaux.

L'étude a été menée dans 16 collectivités de

l'Arctique canadien. Les chercheurs ont tenu des ateliers et étudié l'histoire orale afin de se renseigner, chez les chasseurs de caribou, les meneurs des collectivités, les gestionnaires des ressources, les anciens, les adultes et les jeunes, au sujet de leurs stratégies d'adaptation aux cycles de variation des populations de caribou. Ils ont constaté que nombre de collectivités s'adaptent en comptant sur divers aliments d'écosystèmes différents, sur des réseaux sociaux solides et sur la connaissance des épisodes antérieurs de rareté du caribou.

Dans le cadre du projet « Les Inuits et la glace de mer : une relation dynamique », les chercheurs ont étudié le rôle d'une autre ressource essentielle, la glace de mer, dans le bien-être des collectivités nordiques. Les changements dans la composition, l'épaisseur et l'étendue de la surface gelée ont des répercussions sur les gens dont les traditions de déplacement et de chasse sont étroitement liées à la surface océanique gelée. Le programme canadien

financé par l'API a apporté une contribution au projet international « Sea Ice Knowledge and Use » (SIKU) et permis de mettre au point un atlas interactif en direct sur la glace de mer. Par ailleurs, un autre outil né de ce projet est un dispositif peu coûteux de positionnement global qui peut être facilement installé sur les motoneiges et les traîneaux afin de suivre leurs déplacements sur la glace de mer.

Épuration des déchets grâce aux terres humides

Il est essentiel, pour le bien-être des collectivités nordiques, d'améliorer l'épuration des eaux usées. Cette épuration, dans une grande partie du Nord, n'est pas totalement en mesure de supporter le froid extrême, ce qui peut occasionner un problème de santé publique. Un des parasites pathogènes qui prospèrent dans les eaux usées est le *Toxoplasma gondii*.

Jusqu'à maintenant, pour la plupart, les réseaux



À GAUCHE : Le caribou trouve sur les bancs de glace un refuge contre les moustiques et la chaleur. Ces bancs de glace sont une mine d'artefacts de chasse.

EN HAUT À DROITE : La collectivité de Pond Inlet.

EN BAS À DROITE : Ombles chevaliers mis à sécher à Bathurst Inlet.

EXTRÊME DROITE : Une plateforme pétrolière dans la mer de Beaufort.



d'épuration des eaux usées du Nord ont été conçus d'après ce qui existe dans le Sud, mais ils peuvent être trop complexes sur le plan technologique pour l'environnement arctique. Dans le cadre de recherches financées par l'API, les chercheurs ont étudié les possibilités d'utiliser des terres humides artificielles où les processus biologiques, physiques et chimiques naturels permettent l'épuration des eaux usées avant qu'elles ne s'écoulent dans l'océan.

La recherche a eu lieu surtout dans la région de Kivalliq, au Nunavut, à l'ouest de la baie d'Hudson, où les chercheurs ont évalué les installations actuelles d'épuration des eaux usées. Ils ont créé un site pilote de terres humides dans la collectivité de Baker Lake et constaté l'efficacité de son fonctionnement, tant par temps hivernal rigoureux que dans les mois d'été. D'autres essais sont nécessaires pour savoir s'il s'agit de la solution la plus rentable pour l'épuration des eaux usées dans les collectivités de l'Arctique.



La suite?

L'atlas du projet « Les Inuits et la glace de mer : une relation dynamique » (SIKU) se veut une ressource « dynamique ». En plus de sauvegarder la connaissance culturelle de l'utilisation des glaces de mer, l'atlas doit évoluer avec la connaissance des changements des conditions de la glace de mer. Les chercheurs espèrent intégrer l'atlas dans le programme d'études des écoles du Nunavut afin que les enfants et les jeunes puissent en savoir davantage sur la connaissance que possèdent les Inuits de la glace de mer.

Études canadiennes de l'API dans ce domaine

- « *Dynamisme des sociétés inuites dans l'histoire de l'Arctique* »; chef de projet : Max Friesen, Université de Toronto
- « *Changements climatiques et histoire des Inuits dans l'Arctique canadien* »; chef de projet : Patricia Sutherland, Musée canadien des civilisations
- « *Artéfacts et plaques de glace dans les Territoires du Nord-Ouest* »; chef de projet : Thomas Andrews, centre patrimonial nordique Prince of Wales
- « *Communautés et changements : adaptation et vulnérabilité des communautés dans l'Arctique* »; chef de projet : Barry Smit, Université de Guelph
- « *La culture et l'adaptabilité des gens de l'Arctique et le caribou* »; chef de projet : Cindy Dickson, Conseil des Premières nations du Yukon
- « *Changement environnemental et activités traditionnelles dans la plaine Old Crow au Yukon* »; chef de projet : Shel Graupe, Première nation des Gwitch'in Vuntut
- « *Connaissances traditionnelles et changement climatique dans le territoire traditionnel des Tr'ondëk Hwëch'in* »; chef de projet : Allie Winton, Trondek Hwech'en
- « *Le témoignage de Kwaday Dan Ts'inchi – Enrichir nos connaissances en mariant la recherche scientifique et les connaissances ancestrales* »; chef de projet : Sheila Greer, Premières nations Champagne et Aishihik
- « *Les Inuits et la glace de mer : une relation dynamique* »; chef de projet : Claudio Aporta, Université Carleton
- « *Établissement de terres humides pour l'épuration des eaux résiduaires dans les communautés de l'Arctique* »; chef de projet : Brent Wootton, Collège Fleming
- « *Effets de l'exploitation du pétrole et du gaz naturel sur les communautés de l'Arctique* »; chef de projet : Dawn Bazely, Université York
- « *Inciter les communautés à surveiller la salubrité des aliments traditionnels* »; chef de projet : Manon Simard, Makivik Corporation
- « *Le réseau circumarctique de contrôle et d'évaluation des caribous : incidences sur les systèmes humains/Rangifer dans l'Arctique circumpolaire* »; chef de projet : Don Russell, Collège du Yukon
- « *Répercussions du déplacement de la limite des arbres dans l'Arctique* »; chef de projet : Karen Harper, Université Dalhousie

Santé humaine

Changements de mode de vie : les Inuits en paient le prix



Un chasseur inuk scrute la banquise. Pour les Inuits, les aliments traditionnels sont plus sains que ce qu'offrent les magasins.

Le régime alimentaire traditionnel des Inuits, qui repose sur des quantités libérales de poisson et de chair d'animaux marins, est riche en acides gras Oméga-3 qui aident à éviter les maladies chroniques, par exemple les pathologies coronariennes. Pourtant, l'espérance de vie des Inuits, à la naissance, est de près de 10 ans inférieure à celle du reste de la population canadienne.

Pour comprendre les raisons qui sous-tendent cette disparité, les projets de recherche de l'API portaient sur le régime alimentaire et les maladies chroniques, les facteurs environnementaux et les maladies infectieuses. Les chercheurs ont travaillé de concert avec les gens des collectivités nordiques et ont transmis leurs constatations aux autorités sanitaires locales. Ils ont cherché des moyens de mettre au point des vaccins et d'élaborer des mesures préventives et des interventions de santé adaptés aux collectivités nordiques.

Depuis 60 ans, les Inuits ont connu de profonds changements. Autrefois, ils habitaient des campements saisonniers près des ressources fauniques dont ils dépendaient, et maintenant,

Principales constatations

- En s'éloignant de leur mode de vie traditionnel, les Inuits se sont retrouvés avec des maladies chroniques et des problèmes de santé liés à l'alimentation.
- En raison du coût élevé des nécessités de base et de la croissance rapide de la population, les Inuits connaissent d'importantes pénuries de nourriture et de logement, qui sont des facteurs essentiels pour demeurer en bonne santé.
- Les vaccins utilisés contre le virus du papillome humain (VPH) et l'hépatite B en Amérique du Nord sembleraient moins efficaces dans les populations inuites, soit en raison de la structure même du virus ou de sa méthode de transmission, soit des caractéristiques génétiques de la population, autant d'aspects qui influent sur la façon dont la maladie se déclare.
- Les maladies de la faune transmissibles aux humains doivent être surveillées de près afin de savoir si les taux d'atteinte augmentent et de trouver des moyens de prévenir la transmission.
- Chez les jeunes, les maladies respiratoires sont devenues un problème de santé important.

Plus de la moitié des foyers recensés n'avaient pas suffisamment d'aliments appropriés pour les enfants.



Dans le cadre d'une enquête sur la santé des Inuits, un infirmier examine des résultats de tests avec une résidente de Resolute Bay.

ils se sont établis en collectivités. De plus, le changement climatique entraîne une modification de cet environnement que l'on comprenait et interprétait depuis longtemps grâce au savoir écologique traditionnel.

Les humains, tout comme les espèces fauniques, sont vulnérables à ces changements environnementaux. Le gras du caribou n'est plus le même qu'autrefois, selon ce que les chasseurs inuits ont dit aux chercheurs de l'API. On y trouve moins de gras et la texture a changé. D'après les scientifiques, il se peut que le changement climatique rende l'environnement arctique plus accueillant pour les parasites, les vers et les bactéries. Au cours de l'API, ils ont mis à l'épreuve cette théorie en demandant aux chasseurs de leur envoyer des échantillons de la viande qu'ils récoltaient, afin de faire des essais en laboratoire. Traditionnellement, une partie de la viande est consommée crue, de sorte que les humains risquent davantage d'absorber les

agents pathogènes.

Pourtant, tant les Inuits que les scientifiques savent que la nourriture « traditionnelle » est plus saine que celle vendue au magasin. Puisque les produits doivent être transportés sur de grandes distances, les produits vendus en magasin contiennent beaucoup d'agents de conservation. De plus, ils ont une plus forte teneur en gras trans et en gras saturé, tous deux liés à un risque plus élevé d'obésité et de maladies chroniques.

Les recommandations alimentaires habituelles des nutritionnistes ne sont pas aussi facilement applicables dans le Nord, où les prix des aliments sont deux fois plus élevés que dans la majorité des autres endroits du Canada en raison des frais d'expédition. Les produits laitiers, les légumes frais et les céréales sont des luxes coûteux, plutôt que des produits alimentaires de base. Les aliments à forte teneur en sucre coûtent moins cher et sont plus faciles à obtenir.

Les enquêtes sur la santé des Inuits et le fin mot de l'histoire

Pour les Inuits, les défis en matière de santé peuvent être liés à la pauvreté, à l'insécurité alimentaire et à de piètres conditions de logement. C'est la sombre équation établie par les chercheurs qui ont visité 33 collectivités côtières nordiques en voyageant à bord du brise-glace Amundsen de la Garde côtière, ainsi que par des équipes de chercheurs qui, par voie terrestre, ont visité trois collectivités inuites de l'intérieur. Des infirmières ont fait remplir un sondage volontaire à plus de 1 900 ménages, qui devaient notamment préciser quels médicaments ils utilisaient. Elles ont effectué des tests de dépistage du diabète et recueilli des échantillons sanguins aux fins d'examen plus approfondis.

Il ressort du sondage que nombre de résidences sont surpeuplées. Étaient également très évidents les effets de l'insécurité alimentaire, définis sur le plan de la disponibilité et de l'accessibilité des

Au Centre de recherche du Nunavik à Kuujuaq, on dissèque des estomacs de phoque pour contrôler la sécurité des aliments.



aliments. Le passage à un régime commercial à fort apport en sucres et faible en légumes, céréales, produits laitiers et fibres fait que les Inuits adultes risquent fort de se retrouver avec un taux élevé de cholestérol, de l'insuffisance coronaire ou du diabète de type 2. En fait, le taux de ces maladies chroniques chez les Inuits, toujours faible par le passé, s'approche maintenant de la moyenne de la population canadienne.

Il faut ajouter que les chercheurs ont également étudié 388 ménages du Nunavut ayant des enfants de trois à cinq ans. Ils ont évalué divers facteurs, par exemple dans quelle mesure les familles vivaient le régime et le mode de vie traditionnels et si les mères fumaient ou consommaient de l'alcool pendant la grossesse.

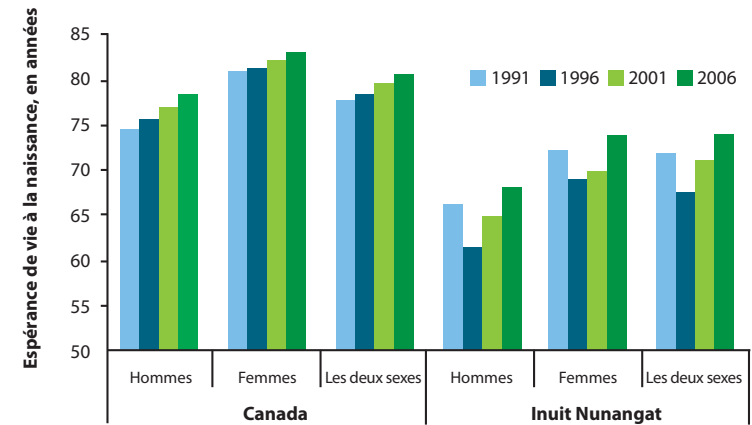
Les chercheurs ont constaté que près de 70 p. 100 des foyers visités connaissaient l'insécurité alimentaire, tandis que plus de la moitié des ménages ne disposaient pas d'aliments appropriés

suffisants pour les enfants. Les enfants qui vivaient dans l'insécurité alimentaire avaient tendance à consommer davantage de sucre et moins de lait. Nombre d'entre eux étaient en surpoids ou obèses et atteints de caries dentaires. Dans les ménages suivant un régime plus traditionnel, par contre, ces enfants étaient moins susceptibles d'afficher une déficience en fer et en vitamine D.

Réaction aux maladies infectieuses

Les collectivités nordiques sont pour la plupart isolées et leur population est modeste, mais en croissance rapide. Les coûts d'entretien et de réparation des immeubles sont particulièrement élevés en raison du climat extrême; pour cette raison, il n'est pas rare que les résidences soient surpeuplées. Puisque de nombreuses personnes vivent ainsi dans des logements exigus, les maladies peuvent facilement se propager.

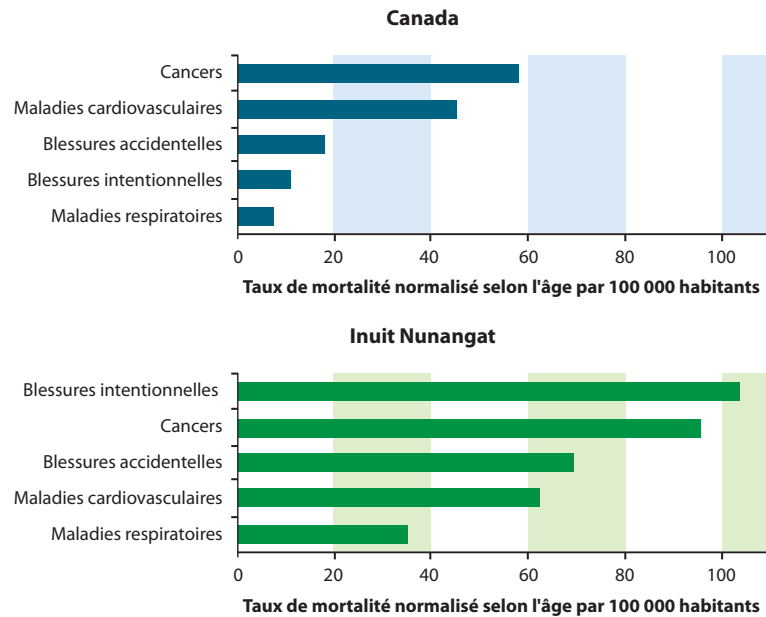
Espérance de vie à la naissance, 1989-2007, Canada et Inuit Nunangat



Les vaccins et les antibiotiques sont conçus pour prévenir ou traiter les maladies infectieuses, mais les programmes d'immunisation sont relativement nouveaux dans l'Arctique. On a lancé des études afin d'évaluer l'efficacité des vaccins contre la grippe et la pneumonie chez les Inuits, particulièrement chez les enfants.

Il faut constater la prévalence de deux maladies infectieuses, soit le VPH et l'hépatite B. Le VPH est habituellement lié au cancer du col, tandis que l'hépatite B est liée au cancer du foie. Les taux de cancers et de maladies sont actuellement plus élevés chez les Inuits que chez les Canadiens d'origine caucasienne. Par ailleurs, les vaccins anti-VPH disponibles aujourd'hui pourraient être inefficaces dans les populations inuites. Les programmes de santé publique du Nord axent maintenant leurs efforts vers une plus grande sensibilisation et un surcroît d'information à propos des risques et des mesures de prévention.

Les cinq principales causes de décès, Canada et Inuit Nunangat, 2006



On pense que le VPH est une maladie introduite assez récemment chez les Inuits, mais il se peut que l'hépatite B y existe depuis des siècles. Certains chercheurs ont avancé que les premiers groupes qui ont traversé le détroit de Béring pour s'établir dans l'Arctique canadien pourraient y avoir apporté la maladie.

L'une des constatations intrigantes des chercheurs dans l'API canadienne est que le virus de l'hépatite B du Nord canadien n'est pas identique à celui dépisté dans les populations autochtones de l'Alaska et du Groenland. La variante canadienne change d'aspect plus fréquemment. Par conséquent, le système de défense des patients a de la difficulté à reconnaître le virus et une bonne part des lésions du foie qui découlent d'une attaque du système immunitaire contre le virus sont moins fréquentes (ou retardées) chez les Canadiens infectés.

Études canadiennes de l'API dans ce domaine

« *Inuit Health Survey: Inuit Health in Transition and Resiliency* », chef de projet : Grace Egeland, Université McGill

« *An Integrated Research Program on Arctic Marine Fat and Lipids* », chef de projet : Eric Dewailly, Centre hospitalier de l'Université Laval

« *Mobiliser les collectivités pour surveiller les zoonoses afin de répondre aux préoccupations relatives à la sécurité de l'approvisionnement en nourriture traditionnelle au Canada* », chef de projet : Manon Simard, Makivik Corporation

« *Évaluation de l'efficacité de la vaccination des jeunes enfants de la région de Nunavik contre les infections respiratoires* », chef de projet : Philippe DeWals, Université Laval

« *Effort concerté pour éliminer les virus de l'hépatite du Nord canadien* », chef de projet : Gerald Minuk, Université du Manitoba

« *Le papillomavirus (VPH) et les maladies cervicales dans les Territoires du Nord-Ouest* », chef de projet : Yang Mao, Agence de la santé publique du Canada

La suite?

Pour s'attaquer aux questions touchant l'espérance de vie et le taux de mortalité infantile, qui sont deux indicateurs importants de la santé et une norme pour comparer l'état de santé des Inuits à celui du reste de la population canadienne, les recherches futures doivent porter attention tout particulièrement aux causes communes des décès chez les jeunes de sexe masculin, les femmes âgées et les nourrissons.

Dans certains projets, on cherchera à savoir de quelle façon les changements de régime alimentaire et de mode de vie touchent les populations inuites circumpolaires. Ainsi, dans l'étude sur la cohorte internationale, on comparera les taux de maladies chroniques des populations inuites du Canada, de l'Alaska et du Groenland.

Certains changements ont déjà été apportés à la politique sur la santé. Un cas de réussite qu'il vaut la peine de mentionner est celui du programme de prévention de la trichinellose, créé en 1996 au Nunavik et qui facilite le dépistage de la présence, dans la chair animale, d'un vers susceptible d'infecter l'être humain. Il a été adapté à l'analyse de divers types de viandes, notamment le morse et l'ours. Les chercheurs ont mis au point d'autres méthodes de dépistage des parasites, des vers et des bactéries de la faune afin que les chasseurs inuits puissent vérifier si leur viande peut être consommée sans danger. On établit des laboratoires dans diverses collectivités afin d'étendre le programme au-delà du Nunavik.



Pour télécharger un exemplaire du rapport, vous rendre sur le site de la Commission canadienne des affaires polaires à l'adresse www.polarcom.gc.ca

Photos et illustrations

Couverture: iStockphoto (toutes les images)

Page 3: Faits saillants et réalisations, Programme du gouvernement du Canada pour l'Année polaire internationale :

Page 4: Bureau du Ministre des Affaires autochtones et Développement du Nord Canada

Page 5: Bernard W. Funston

Page 6: Kulkarni et coll., 2012 (sous presse)

Page 8: Alexandre Forest/ArcticNet

Page 9: Keith Levesque/ArcticNet

Page 10: (à gauche) Paul Loewen; (à droite) Robie Macdonald, "Les contaminants dans l'Océan arctique - un problème du passé?", Meridien, printemps-été 2008, Commission canadienne des affaires polaires

Page 11: Stoyka Netcheva

Page 12: Martin Fortier/ArcticNet

Page 13: NOAA/ESAL Physical Sciences Division

Page 14: (à gauche) Michelle Johnston; (à droite) Berit Rabe

Page 15: Geneviève Ringuet/ArcticNet

Page 16: Martin Fortier/ArcticNet

Page 17: Gérald Darnis/ArcticNet

Page 18: David Barber

Page 19: Martin Fortier/ArcticNet

Page 20: Martin Fortier/ArcticNet

Page 21: Images Formosat gracieuseté Pax Arctica et le Planet Action Initiative © NSPO 2008 National Space Organization, Taiwan, Distribution Spot Image S.A., France. Photographies gracieuseté Doug Stern, Rangers canadiens (avril 2008) et Warwick Vincent, Université Laval (août 2008)

Page 22: Gracieuseté INRS—Centre Eau Terre Environnement

Page 23: Isabelle Dubois/ArcticNet

Page 24: Ed Struzik

Page 25: Martin Fortier/ArcticNet

Page 26: Gérald Darnis/ArcticNet

Page 27: Varela et coll., données non publiées

Page 28: Geneviève Ringuet/ArcticNet

Page 29: Ruth Errington

Page 30: (à gauche) Steve Fick; (à droite) Antoni

Lewkowicz

Page 32: Ed Struzik

Page 33: Jennifer Provencher

Page 34: (en haut) Keith Levesque/ArcticNet; (en bas, à gauche) Ed Struzik; (en bas, à droite) Thierry Gosselin/ArcticNet

Page 35: Anne Gunn et Don Russell, "La diminution du nombre de caribous dans l'Arctique canadien", Meridien, automne-hiver 2010, Commission canadienne des affaires polaires

Page 36: Kevin Turner

Page 37: gracieuseté du projet "Dynamisme des sociétés inuites dans l'histoire de l'Arctique"

Page 38: (à gauche) Glen Mackay; (en haut, à droite) Martin Fortier/ArcticNet; (en bas, à droite) Alexandre Forest/ArcticNet

Page 39: Martin Fortier/ArcticNet

Page 40: James Ford

Page 41: gracieuseté du projet "Enquête sur la santé des Inuits"

Page 42: Barrie Ford