Environnement Canada Environment Canada

Réalisations d'Environnement Canada dans le cadre de l'Année polaire internationale

Canada

Réalisations d'Environnement Canada dans le cadre de l'Année polaire internationale

Juin 2010

La rédaction de ce rapport a été rendue possible grâce au généreux soutien du programme du gouvernement du Canada pour l'Année polaire internationale. Créé afin de soutenir les contributions canadiennes à l'Année polaire internationale 2007-2008, ce programme est codirigé par six ministères fédéraux : Affaires indiennes et du Nord Canada, Environnement Canada, Pêches et Océans Canada, Santé Canada, Industrie Canada et Ressources naturelles Canada.

API·IPY
Année polaire internationale
International Polar Year
2007·2008
ᓄᓇᕗᑦ ᑲᔪᓯᖏᑦᑕ ᐅᑭᐅᖓ

Références photographiques (page couverture) :

À gauche : Banquise dérivante sur la mer de Beaufort, été 2007
© Martin Fortier, ArcticNet

Au centre : Membres d'équipe de recherche OASIS sur la glace, Barrow Alaska, 2009
© Spencer Brown

À droite : Toundra subarctique, Nunavik, octobre 2004
© Isabelle Dubois, ArcticNet

Catalogage avant publication de Bibiothèque et Archives Canada

Réalisations d'Environnement Canadadans le cadre de l'Année polaire internationale

Publié aussi en anglais sous le titre :
Environment Canada's International Polar Year Achievements

Également disponible sur l'Internet.

ISBN : 978-1-100-51592-2
Catalogue n° : En84-78/2010

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, représentée par le ministre de l'Environnement, 2010

Also available in English

TABLE DES MATIÈRES

Message des sous-ministres adjoints . . . . . **v**

Résumé . . . . . **vii**

SECTION 1 Introduction **1**

SECTION 2 Les scientifiques d'Environnement Canada sont les principaux chercheurs de cinq projets de l'Année polaire internationale. **7**

2.1 Écosystèmes d'eau douce en Arctique : hydrologie et écologie 7

2.2 Variabilité et changement dans la cryosphère canadienne (CRYO) 17

2.3 Transport atmosphérique intercontinental de polluants anthropiques vers l'Arctique (TAIPAA) 23

2.4 OASIS-CANADA : Comprendre la disparition de l'ozone et du mercure dans l'air au-dessus de l'océan Arctique 30

2.5 Projections météorologiques et environnementales dans l'Arctique (TAWEPI) de la recherche sur les systèmes d'observation et expérience de projections (THORPEX) 36

SECTION 3 Les scientifiques d'Environnement Canada sont des cochercheurs ou des membres d'équipes de cinq projets de l'Année polaire internationale. **41**

3.1 Observatoires de la faune arctique reliant les écosystèmes vulnérables (ArcticWOLVES) 41

3.2 Impacts des changements climatiques sur les écosystèmes de la toundra de l'Arctique canadien : évaluations interdisciplinaires et à différentes échelles (CiCAT) 45

3.3 Effets de la variabilité du climat et des changements climatiques sur l'omble chevalier dans l'Arctique 50

3.4 Écosystèmes polaires en transition : une étude de cas interdisciplinaire sur les répercussions des changements climatiques sur les tendances temporelles de l'accumulation des contaminants, l'écologie de la recherche de nourriture et l'incidence de l'activité humaine sur les ours blancs (*Ursus maritimus*) 52

3.5 Réseau SOLAS de l'Arctique canadien : Production océanique de gaz à l'état de traces dans l'Arctique et répercussions sur le climat 56

SECTION 4 Environnement Canada est un partenaire qui fournit un appui non financier (aucun fonds direct de l'Année polaire internationale) **58**

4.1 Étude sur le chenal de séparation circumpolaire 58

4.2 Le laboratoire PEARL à proximité du pôle – recherche atmosphérique dans l'Extrême Arctique 60

4.3 Comment les oiseaux marins peuvent aider à détecter les changements des écosystèmes de l'Arctique 63

4.4 Surveillance des répercussions des changements à l'échelle mondiale sur le caribou et le renne sauvage et des liens avec les collectivités humaines (CARMA) . . 68

4.5 Autres projets recevant un appui non financier d'Environnement Canada 72

SECTION 5 Conclusion **73**

ANNEXE Projets canadiens de l'Année polaire internationale **75**

LISTE DES FIGURES

Figure 1 Zone d'étude Anné polaire internationale du Canada 1

Figure 2 Sites dans le nord du Canada où des recherches importantes ont été entreprises dans le cadre du projet Écosystèmes d'eau douce en Arctique 9

Figure 3 Schéma de la bouée automatisée de la qualité de l'eau glacée 15

Figure 4 Nouveaux produits satellites pour détecter le début de la fonte de la cryosphère terrestre de l'Arctique (terrestre et marine) 19

Figure 5 Carte du trajet d'une traversée de 4000 km en Arctique, de Fairbanks (Alaska) au lac Baker (Nunavut), entreprise en 2007 par deux scientifiques canadiens et cinq scientifiques américains 22

Figure 6 Carte des emplacements des stations de surveillance liées au TAIPAA où les contaminants atmosphériques sont mesurés 23

Figure 7 Carte des emplacements du projet OASIS-CANADA 30

Figure 8 Grille du nouveau modèle régional du Centre météorologique canadien. 38

Figure 9 Analyse GEM-BACH de l'API de la température zonale moyenne à 80° N du 1er octobre 2008 au 1er mars 2009 39

Figure 10 Carte des sites de projet et emplacements de recherche dans les collectivités 41

Figure 11 Zones d'inventaires du projet cartographie des terres humides de la toundra continentale près du lac Baker et d'Arviat au Nunavut (gauche) et inventaires d'oiseaux de rivage dans les îles de la Reine-Élisabeth des Territoires du Nord-Ouest et du Nunavut (droite) 45

Figure 12 Schéma du *NGCC Amundsen* dans le cadre de l'Étude sur le chenal de séparation circumpolaire qui montre l'équipement scientifique et les activités sur le navire et dans les camps d'observation sur la glace 59

Figure 13 Emplacements des colonies d'oiseaux marins où une surveillance de l'Année polaire internationale a été effectuée 64

Figure 14 État actuel des hardes migratoires à travers le Nord circumpolaire 68

MESSAGE DES SOUS-MINISTRES ADJOINTS

Nombreux sont les Canadiens et les Canadiennes qui n'auront jamais la chance de visiter l'Arctique, mais nous demeurons tous liés d'une façon ou d'une autre à ce milieu extrême et de toute beauté. Le milieu arctique abrite l'habitat important de nombreuses espèces de mammifères et d'oiseaux; les territoires et le nord des provinces fournissent des ressources naturelles en quantité; les habitants de l'Arctique contribuent au bien-être et à la prospérité du Canada; et les conditions météorologiques arctiques influencent souvent celles des régions le plus au sud de notre pays. Peu importe la région du Canada où vous habitez, celle-ci a des liens intrinsèques avec l'Arctique, et c'est grâce aux récentes découvertes sur le système terrestre que nous commençons tout juste à comprendre la complexité et la profondeur des liens entre l'Arctique et le reste du monde. Les systèmes physiques, biologiques, chimiques et humains y sont tous liés et nous commençons à peine à les démêler.

Environnement Canada est fier d'avoir joué un rôle de premier plan dans le cadre de l'Année polaire internationale 2007-2008. Nous avons un héritage de recherche dans le Nord et jouissons d'une réputation d'excellence scientifique dans le monde entier. En fait, le Service météorologique du Canada participe à chaque API depuis la toute première en 1882. Au cours de l'API 2007-2008, la participation d'Environnement Canada à la recherche a vraiment couvert toute la portée de son mandat scientifique, avec des travaux sur les conditions météorologiques, l'eau, la neige et la glace, sur le transport et la présence de contaminants dans l'environnement du Nord, ainsi que sur la faune et les écosystèmes de l'Arctique.

L'API 2007-2008 a été tout particulièrement marquée par la collaboration et a permis aux équipes de recherche de nombreux pays de développer conjointement les sciences et les connaissances sur le milieu polaire. La démarche est importante, car individuellement, les pays ne sont pas en mesure de répondre à de nombreuses questions scientifiques clés. Pour les chercheurs d'Environnement Canada, la collaboration s'est traduite par le développement de partenariats déjà établis et la recherche de nouvelles associations, notamment avec les chercheurs qui travaillent et habitent le Nord et les collectivités du Nord.

Ce rapport fournit un aperçu des efforts et des contributions d'Environnement Canada dans le cadre de l'API 2007-2008. Il décrit certaines des premières découvertes scientifiques et des nouvelles méthodes de recherche innovatrices réalisées durant cette année, et met avant tout en relief le rôle important des partenariats de collaboration. L'impact de l'API ne cesse pas avec la fermeture de la période d'observation officielle. Loin de s'arrêter là, le travail d'analyse des données récoltées s'étalera sur des décennies et nous en tirerons de nombreuses découvertes. En espérant que ce rapport servira de catalyseur et ouvrira la porte à des collaborations et des idées nouvelles pour une meilleure compréhension des régions polaires et de leur rôle dans le système terrestre.

Brian T. Gray
Sous-ministre adjoint
Direction générale des sciences
et de la technologie

David Grimes
Sous-ministre adjoint
Service météorologique du Canada et
Représentant permanent du Canada
au sein de l'OMM

Photo : Keith Levesque, ArcticNet

Le navire de la Garde côtière canadienne (NGCC) *Amundsen* dans le fjord Saglek, au nord du Labrador

RÉSUMÉ

1 L'Année polaire internationale au Canada

La participation du Canada à la quatrième Année polaire internationale 2007-2008 a vu une coopération nationale et internationale sans précédent, réunissant plus de 1750 chercheurs provenant de diverses agences gouvernementales, universités et collectivités nordiques, ainsi que plus de 240 collaborateurs internationaux provenant de 23 pays. Des études sur le terrain ont été effectuées sur plus de 100 sites répartis partout dans les régions nordiques canadiennes, en plus des recherches menées à bord de cinq brise-glaces de la Garde côtière canadienne.

Un facteur déterminant dans la nature de la participation canadienne à l'Année polaire internationale 2007-2008 a été l'engagement du gouvernement fédéral à octroyer 150 millions de dollars dans un nouveau fonds de programme exclusif pour l'Année polaire internationale. Le programme du gouvernement du Canada pour l'Année polaire internationale 2007-2008 a versé 98 millions de dollars en financement de recherche direct pour 45 projets canadiens ayant pour objet deux sujets de recherche d'une grande importance pour le Canada :

1. la science des impacts et de l'adaptation liés aux changements climatiques;
2. la santé et le bien-être des collectivités nordiques.

Des fonds ont été également affectés à différents projets : pour la gestion des données, pour permettre d'assurer la santé et la sécurité des scientifiques et des collectivités menant des recherches dans le cadre de l'Année polaire internationale, pour accroître les ressources des organismes de réglementation de la recherche nordique, pour des activités de sensibilisation et de communication, et pour le développement des ressources.

Le programme du gouvernement canadien pour l'Année polaire internationale 2007-2008 a reconnu que, de nos jours, pour faire de la recherche dans l'Arctique, il est important que les scientifiques collaborent étroitement avec les résidents canadiens du Nord, puisqu'ils connaissent et comprennent le territoire, et qu'ils peuvent avoir hérité au fil des générations d'un riche savoir traditionnel. Grâce à un partenariat avec les chercheurs nordiques, à une participation significative des collectivités dans la conception des projets et leur mise en œuvre, aux activités de sensibilisation et à la formation professionnelle pour développer des ressources de recherche à long terme dans le Nord, les projets canadiens de l'Année polaire internationale ont obtenu une collaboration sans précédent des Autochtones et des collectivités, des gouvernements et des organismes nordiques.

2 Les scientifiques d'Environnement Canada sont les principaux chercheurs de cinq projets de l'Année polaire internationale

2.1 Écosystèmes d'eau douce en Arctique : hydrologie et écologie

Les scientifiques d'Environnement Canada dirigent le projet Écosystèmes d'eau douce en Arctique, une initiative multidisciplinaire d'études sur le terrain et en laboratoire évaluant l'hydrologie et l'écologie des écosystèmes nordiques d'eau douce. Le projet est divisé en quatre thèmes : flux d'eau douce et prévisions; flux des substances nutritives et prévisions; hydroécologie des écosystèmes aquatiques et intégrité écologique; et développement des ressources et sensibilisation communautaires. Il comporte

33 projets secondaires auxquels participent 31 chercheurs, plus de 60 collaborateurs, plusieurs diplômés et étudiants du premier cycle, des boursiers d'études postdoctorales et des résidents du Nord. Les résultats préliminaires indiquent qu'au cours des 30 dernières années au moins, les bas niveaux d'eau en été dans le bassin du delta du Mackenzie peuvent avoir augmenté d'un niveau équivalant à trois fois la hausse locale du niveau de la mer pendant la même période. Un déclin récent des épisodes de débâcle dans le delta a été également noté. Ces débâcles ont toujours constitué un mécanisme de contrôle important des pics annuels de niveaux d'eau lorsque les inondations créées par les embâcles renflouent l'eau du lac du delta. Pendant la période des débâcles, de hautes concentrations imprévues de substances nutritives ont été également enregistrées.

2.2 Variabilité et changement dans la cryosphère canadienne (neige et glace) (CRYO)

Les chercheurs d'Environnement Canada ont entrepris de déterminer l'état actuel de la cryosphère canadienne (définie comme étant la neige, la glace de lac et de rivière, la glace de mer, le pergélisol et le gélisol, les glaciers et les calottes glaciaires), afin de savoir à quelle vitesse cette caractéristique dominante du paysage canadien change et les raisons de ce changement. Le projet sur la cryosphère a vu la participation de 33 experts en télédétection de la cryosphère, en analyse du climat et en modélisation du climat, provenant soit d'Environnement Canada, de Ressources naturelles Canada, d'universités canadiennes ou du secteur privé. Les chercheurs ont également collaboré avec les collectivités nordiques pour surveiller la cryosphère en faisant appel au savoir traditionnel et en établissant des liens entre ces connaissances et les données obtenues par télédétection. Ils ont produit des cartes du manteau neigeux qui intègrent les seules estimations journalières à long terme existantes du manteau neigeux de l'hémisphère Nord. Ils peuvent maintenant quantifier à long terme les changements survenant dans les dates de fonte de neige. Ils ont recueilli ce qui semble être le seul ensemble d'observations sur les contrôles de l'albédo de la neige à une échelle permettant la comparaison avec les modèles climatiques de circulation planétaire.

2.3 Transport atmosphérique intercontinental de polluants anthropiques vers l'Arctique (TAIPAA)

Grâce au projet Transport atmosphérique intercontinental de polluants anthropiques vers l'Arctique (TAIPAA), Environnement Canada, qui fait partie d'un réseau international de chercheurs, peut suivre les déplacements du mercure et des polluants organiques persistants (POP) à partir de sources éloignées de l'Arctique. Le projet lui permet également de connaître la façon dont les processus climatiques influent sur la présence de ces polluants. Le financement de l'Année polaire internationale a permis de préciser et d'étendre le réseau du TAIPAA afin d'intégrer de nouvelles données sur les contaminants de l'ouest de l'Arctique canadien. Cette information permettra de déterminer la façon dont ces substances chimiques peuvent influer sur les écosystèmes de l'Arctique et la santé des habitants du Nord. Les chercheurs analysent actuellement les données recueillies sur les polluants organiques persistants et le mercure pendant l'Année polaire internationale. Les premières mesures des concentrations de biphényles polychlorés prises dans l'air au lac Little Fox en 2007 ont montré que les formes des congénères de biphényles polychlorés changent quotidiennement, indiquant ainsi une modification des sources de pollution.

2.4 OASIS-CANADA : Comprendre la disparition de l'ozone et du mercure dans l'air au-dessus de l'océan Arctique

Dans le cadre du projet OASIS-CANADA, les chercheurs d'Environnement Canada analysent la disparition printanière annuelle du mercure et de l'ozone dans l'air près du sol le long de la ligne de la côte arctique. Les scientifiques pensent que ce phénomène est causé par l'interaction de la lumière du soleil, de la neige et de la glace en présence de basses températures à la surface de la glace de mer. Les chercheurs du projet souhaitent déterminer si le mercure qui disparaît aboutit dans la chaîne alimentaire de l'Arctique et la façon dont les changements climatiques récents peuvent influer sur cette disparition et celle de l'ozone pendant le printemps arctique. Ils ont mené leurs recherches sur des zones très étendues de glace de mer, travaillant à partir de camps de recherche, naviguant sur la mer de Beaufort sur le *NGCC Amundsen*, un brise-glace de recherche canadien, et prenant des mesures à partir d'un voilier français qui a parcouru la plus grande partie de l'océan Arctique. Ils ont également utilisé des bouées spéciales de surveillance de l'océan, laissées sur les glaces de la mer de Beaufort et de la baie d'Hudson, afin qu'elles errent et recueillent des données.

2.5 Projections météorologiques et environnementales dans l'Arctique (TAWEPI)

Dans le cadre du projet Projections météorologiques et environnementales dans l'Arctique (connu sous l'acronyme TAWEPI), les scientifiques d'Environnement Canada conçoivent et valident un modèle régional de prévision météorologique numérique (PMN) de l'Arctique pendant l'Année polaire internationale. Le modèle expérimental, appelé GEM-polaire, est basé sur le modèle opérationnel régional GEM (de l'anglais Global Environmental Multi-scale) d'Environnement Canada, utilisé pour les prévisions météorologiques sur un ou deux jours. Les chercheurs du projet ont également mené des recherches de modélisation et des études d'assimilation de données dans le but d'améliorer les prévisions météorologiques et environnementales des régions polaires et pour mieux comprendre l'Arctique et ses influences sur la température planétaire. Le projet a demandé la participation de plusieurs divisions spécialisées en recherche d'Environnement Canada, en collaboration avec le Centre météorologique canadien, le Service canadien des glaces, Pêches et Océans Canada, diverses universités canadiennes et d'autres projets de l'Année polaire internationale.

3 Les scientifiques d'Environnement Canada sont des cochercheurs ou des membres d'équipes de cinq projets de l'Année polaire internationale

3.1 Observatoires de la faune arctique reliant les écosystèmes vulnérables (ArcticWOLVES)

Le projet ArcticWOLVES est une étude circumpolaire sur les réseaux trophiques de la toundra et des écosystèmes associés. Les scientifiques d'Environnement Canada travaillent avec de nombreux collaborateurs pour déterminer l'importance relative des forces de contrôle par le bas (ressources) et par le haut (prédateurs) à l'intérieur du réseau trophique structurant l'Arctique et de quantifier leurs interactions. Ils documentent également des données sur les répercussions directes et indirectes des changements climatiques sur la biodiversité animale terrestre, afin de pouvoir prévoir les répercussions à venir sur leurs populations. Le projet nécessite la participation d'un réseau international d'observatoires et de chercheurs de la faune, dont plus de 60 chercheurs canadiens.

3.2 Impacts des changements climatiques sur les écosystèmes de la toundra de l'Arctique canadien : évaluations interdisciplinaires et à différentes échelles (CiCAT)

Le projet CiCAT porte sur l'écologie terrestre à grande échelle et réunit des chercheurs de l'Arctique étudiant le sol, la végétation, les flux de carbone et la modélisation des écosystèmes, et mettant en œuvre la surveillance communautaire. Les chercheurs évaluent les tendances et les répercussions des changements climatiques sur les écosystèmes de la toundra et les collectivités nordiques. Les scientifiques d'Environnement Canada ont participé à deux volets du projet : produire des cartes d'habitats à partir de données de télédétection pour surveiller les populations des oiseaux de rivage de l'Arctique, et fournir de l'information pour des projets inventaires de plus grande envergure des terres humides et réaliser des projets de classification des sols.

3.3 Effets de la variabilité du climat et des changements climatiques sur l'omble chevalier dans l'Arctique

Les ombles chevaliers sont essentiels au bien-être social et culturel de plusieurs collectivités nordiques. Ils forment la base de leur pêche familiale et commerciale. Le projet sur la variabilité et les changements climatiques de l'Année polaire internationale a permis d'étudier la biodiversité de l'omble et d'examiner le cycle biologique et l'écologie thermique de l'espèce, tout en exerçant une surveillance communautaire. Ce projet canadien de l'Année polaire internationale réunit des chercheurs et des habitants du Nord en un réseau international sur la recherche et la surveillance de l'omble chevalier. Il traite des sujets courants sur les interactions entre l'omble et le climat, il encourage l'échange d'information et il constituera un héritage durable de l'Année polaire internationale.

3.4 Écosystèmes polaires en transition : une étude de cas interdisciplinaire sur les répercussions des changements climatiques sur les ours blancs (*Ursus maritimus*)

Le projet sur les écosystèmes polaires en transition a réuni les savoirs scientifiques et inuits sur les changements dans l'écologie des ours blancs. Il a permis d'étudier l'écologie de la recherche de nourriture des ours blancs dans des populations choisies et de transmettre le savoir inuit sur le sujet dans une des populations. Les scientifiques d'Environnement Canada ont mené une étude qui a directement lié les changements climatiques et la contamination de la faune par des polluants organiques persistants (POP). L'équipe a analysé divers contaminants chimiques présents dans les ours blancs et a associé les concentrations de ces contaminants aux variations de régime des ours entraînées par les changements de la glace de mer au cours des dernières décennies. Cette recherche est importante pour les habitants du Nord qui dépendent des phoques et des ours blancs, et qui ont de sérieuses craintes sur leur propre exposition aux produits chimiques toxiques.

3.5 Production océanique de gaz à l'état de traces dans l'Arctique et répercussions sur le climat (SOLAS)

Les chercheurs du SOLAS étudient les interactions environnementales des gaz à l'état de traces comme le dioxyde de carbone (CO_2), l'oxyde d'azote (N_2O), les composés organiques volatils (COV), les halocarbures et le sulfure de diméthyle. Ces gaz à l'état de traces influent sur le climat de différentes manières, que ce soit comme gaz à effet de serre ou comme source d'aérosols qui dispersent et absorbent l'éner-

gie solaire dans l'atmosphère. Les processus biologiques des océans du monde, particulièrement ceux qui impliquent le phytoplancton et les bactéries, jouent un rôle important dans les cycles de ces gaz. Les scientifiques pensent que l'augmentation des aires d'eau libre et les changements dans la circulation et les températures océaniques modifieront les processus biologiques et chimiques qui produisent et qui consomment des gaz et des aérosols agissant sur le climat.

4 Environnement Canada est un partenaire qui fournit un appui non financier (aucun fonds direct de l'Année polaire internationale) à neuf projets

Environnement Canada a joué divers rôles de recherche pendant l'Année polaire internationale. Dans les quatre premiers projets décrits dans la présente section, les scientifiques d'Environnement Canada étaient des cochercheurs ou ils ont apporté une expérience et une expertise considérables aux projets menés par les autres organismes. Environnement Canada a fourni un appui non financier aux cinq projets finaux cités.

4.1 Étude sur le chenal de séparation circumpolaire – Université du Manitoba

L'Étude sur le chenal de séparation circumpolaire a permis d'analyser les processus des changements climatiques dans le chenal de séparation qui se forme lorsque la banquise se détache de la glace fixée à la côte et crée des polynies récurrentes et reliées entre elles (des aires d'eau libre). Ces aires d'eau libre ont servi de laboratoire arctique unique pour l'étude des variations physiques et biologiques des écosystèmes du chenal de séparation. L'Étude sur le chenal de séparation circumpolaire a vu la participation de 350 chercheurs provenant de 27 pays. Elle a fait appel au brise-glace de recherche canadien *NGCC Amundsen*, qui a servi de plateforme de recherche mobile. Il est spécialement équipé pour mener des recherches multidisciplinaires systémiques à grande échelle. L'étude exigeait également que le navire passe l'hiver dans la mer de Beaufort. Un aspect important de cette étude a été l'association du savoir traditionnel et de la science occidentale pour mieux comprendre les changements qui surviennent actuellement dans l'Arctique.

4.2 Laboratoire PEARL à proximité du pôle - recherche atmosphérique dans l'Extrême Arctique – Université de Toronto

La recherche d'Environnement Canada au laboratoire PEARL fournit de nouvelles données de grande qualité sur les configurations des précipitations dans l'Arctique, un facteur clé pour comprendre les changements climatiques. Le financement de l'Année polaire internationale a permis à Environnement Canada d'installer un équipement de surveillance hautement sophistiqué, incluant le système de détection de la présence des précipitations (POSS). Les données devraient également fournir une base utile pour améliorer les mesures de précipitation prises de l'espace. Notre compréhension des relations complexes entre les interactions de surface et atmosphériques et la radiation, les nuages et les précipitations, constitue une contribution importante, non seulement pour comprendre les changements arctiques, mais aussi pour comprendre les changements du climat et des conditions météorologiques de tout le Canada.

4.3 Comment les oiseaux marins peuvent aider à détecter les variations des changements de l'Arctique – Université Memorial

Le projet sur les oiseaux marins vise à évaluer les changements survenant dans les réseaux trophiques marins de l'Arctique en étudiant les principales espèces de proies (morues polaires, capelans, poissons lanternes et crustacés) et leurs prédateurs oiseaux marins. En collaborant avec les chasseurs et les pêcheurs inuits, terre-neuviens et labradoriens, les scientifiques ont recueilli des oiseaux marins pour déterminer non seulement leur régime, mais aussi leurs comportements de recherche de nourriture et leur performance de reproduction. Ils ont pu mieux comprendre les déplacements des oiseaux marins grâce aux nouveaux appareils de surveillance, appelés géolocalisateurs, qui permettent de surveiller et d'évaluer tout au long de l'année les répercussions biologiques potentielles causées par les variations climatiques. Le projet est également très important pour la collaboration circumpolaire, car les méthodes suivies et les résultats obtenus doivent être utilisés par le Conseil de l'Arctique dans le cadre du programme de Conservation de la flore et de la faune arctiques (CFFA).

4.4 Surveillance des répercussions des changements à l'échelle mondiale sur le caribou et le renne sauvage et des liens avec les collectivités humaines (CARMA) – Collège du Yukon

CARMA est un réseau international d'évaluation continue de la vulnérabilité des hardes mondiales de *Rangifer* sauvage (renne et caribou) aux changements planétaires. En opération depuis six ans, il réunit des chercheurs, des spécialistes de l'habitat, des experts du climat, des vétérinaires, des écologistes des maladies, des représentants des collectivités et des agences de gestion provenant de pays où habitent les hardes de *Rangifer* : au Canada, en Russie, en Norvège et en Islande. Le réseau de surveillance fait partie de l'ensemble de réseaux du Programme de surveillance de la biodiversité circumpolaire. Il a établi un protocole de surveillance normalisé dans l'Arctique et a créé des outils d'aide à la décision pour la gestion de chacune des hardes.

4.5 Autres projets ayant reçu un appui non financier d'Environnement Canada

Environnement Canada a fourni un appui non financier aux projets suivants :

- Projet d'utilisation et d'occupation des glaces marines par les Inuits – Université Carleton;
- Répercussions des fortes tempêtes arctiques et des changements climatiques sur les processus océaniques dans l'Arctique - Pêches et Océans Canada;
- Courants d'eau douce traversant l'archipel canadien - Pêches et Océans Canada;
- État du pergélisol : une contribution canadienne au projet de l'Année polaire internationale de l'Association internationale du pergélisol – Université d'Ottawa;
- Détermination de l'alimentation du requin du Groenland dans un Arctique en pleine évolution – Université de Windsor.

D'autres renseignements se trouvent sur le site Web de l'Année polaire internationale au Canada : www.ipy-api.gc.ca/pg_IPYAPI_050-fra.html.

5 Conclusion

Grâce à leurs compétences et à leur expérience, les scientifiques d'Environnement Canada ont grandement contribué aux projets décrits dans le présent rapport sur les réalisations dans le cadre de l'Année polaire internationale. Environnement Canada a également fourni l'infrastructure et son appui à ces projets, y compris les prévisions aéronautiques, maritimes, publiques et des glaces. Par l'entremise des recherches et du financement offerts par l'Année polaire internationale, Environnement Canada a renforcé ses ressources en lien avec la recherche nordique, comblant d'importantes lacunes dans ses connaissances et étendant ces dernières à de nouveaux domaines qui seront cruciaux dans un environnement dynamique et en évolution rapide. Chacun des projets a apporté des découvertes et des questionnements en lien avec la science du Nord. La démarche du Canada consistant à associer l'activité scientifique avec l'expertise et le savoir traditionnel des peuples autochtones et des collectivités nordiques a permis d'avoir un nouveau regard sur le Nord et d'en obtenir une compréhension plus approfondie. L'Année polaire internationale 2007-2008 n'est pas la fin : elle est plutôt le début d'une nouvelle ère de sensibilisation et de connaissance de l'Arctique.

Photo : Archive de la section des études expérimentales (ARQX), Environnement Canada

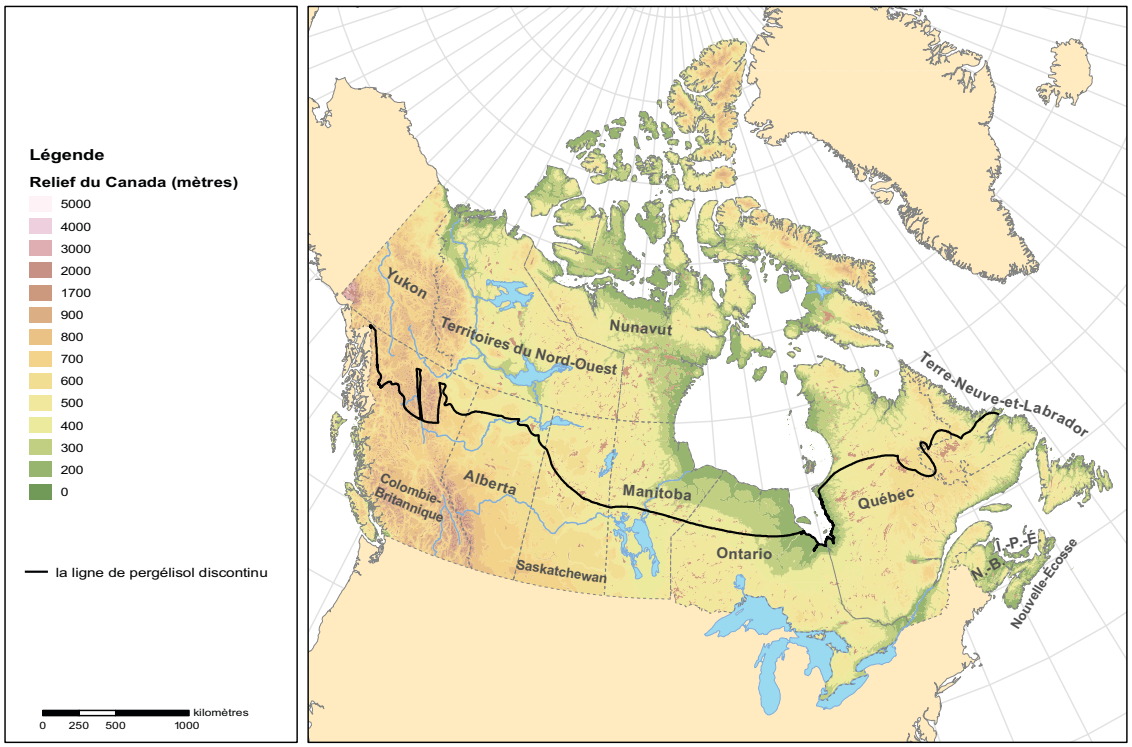
Eureka, au Nunavut près de l'installation d'Environnement Canada

1 INTRODUCTION

Nord du Canada

Les régions polaires font partie intégrante du système terrestre. Elles sont liées au climat, à la circulation océanique, aux cycles biogéochimiques et aux écosystèmes planétaires desquels dépendent les humains. Par l'entremise de ces liens, les hautes latitudes terrestres réagissent aux changements survenant ailleurs et en entraînent d'autres. Les pôles ont été parfois décrits comme des systèmes d'avertissement terrestre précoces, car ce sont des régions où les changements de climat planétaire sont amplifiés et accélérés, en raison de la géographie unique des océans, de la neige et des glaces. Actuellement, les régions polaires évoluent plus rapidement que toutes les autres régions de la Terre.

Le Canada est une nation nordique, occupant approximativement 25 % du territoire arctique circumpolaire. « Le Nord » constitue une partie fondamentale de notre héritage et de notre identité. Les Canadiens désignent l'Arctique de plusieurs manières : cercle polaire arctique, nord du 60e parallèle, ligne des arbres, isotherme de 10 °C de juillet, ou ils utilisent le nom des régions de pergélisol. Sans égard aux définitions, nous sommes d'accord que des parties importantes de la géographie canadienne sont effectivement « nordiques ». Ces régions comportent une diversité impressionnante de paysages, de climats, d'écosystèmes et de faune, et sont l'hôte de peuples autochtones qui y vivent depuis des millénaires.



Source : Carte modifiée de l'*Atlas du Canada*, Ressources naturelles Canada, 2006

Figure 1 Zone d'étude Anné polaire internationale du Canada

Note : Les régions au nord de la limite sud de pergélisol discontinu représentent 40 % de la masse continentale du Canada. Fichiers de données sur la ligne de pergélisol fourni par le National Snow and Ice Data Center des É.-U. Boulder, CO.

Les régions arctiques canadiennes subissent actuellement de rapides changements dans leurs environnements naturel, économique, politique et social. Du réchauffement du pergélisol et des changements des régimes météorologiques, à la diminution de la couverture des glaces de mer, les changements survenus dans l'environnement physique ont aggravé les répercussions sur les écosystèmes arctiques ainsi que sur les moyens de subsistance et le bien-être des collectivités nordiques. Il est crucial que nous comprenions la façon dont les écosystèmes arctiques évoluent et ce que cela signifiera pour les habitants du Nord et le reste du monde.

Historique des années polaires internationales

Des années internationales ont été organisées dans plusieurs domaines et sous une grande variété de thèmes depuis plus de 100 ans. Les Nations Unies ont désigné des années internationales dans le but d'attirer l'attention sur des questions majeures d'importance mondiale ayant des répercussions sur la planète entière, ainsi que pour encourager la mise sur pied d'initiatives internationales en ce sens. Grâce au soutien de l'Organisation météorologique mondiale (OMM), une agence spécialisée des Nations Unies, et du Conseil international pour la science, la communauté internationale de la recherche polaire a organisé la quatrième Année polaire internationale, soit celle de 2007-2008. C'était l'occasion de souligner le 125e anniversaire de la première Année polaire internationale (1882-1883), le 75e anniversaire de la deuxième Année polaire internationale (1932-1933) et le 50e anniversaire de l'Année géophysique internationale (1957-1958).

L'idée d'une année polaire internationale est tout d'abord venue d'une prise de conscience que les réponses à certaines questions fondamentales sur la météorologie et la géophysique terrestres pourraient bien se trouver en étudiant les pôles, et que ces réponses ne pouvaient être obtenues par le travail d'une seule nation. Parrainées par l'Organisation météorologique internationale (OMI), la prédécesseure de l'Organisation météorologique mondiale, 12 nations ont participé à la première Année polaire internationale. Le Canada a alors été l'hôte de trois stations de recherche arctique où les études se sont d'abord concentrées sur le climat, la météorologie et le champ magnétique terrestres. Cette première Année polaire internationale a créé un précédent en vue d'une future coopération scientifique internationale.

La deuxième Année polaire internationale a été instaurée par l'Organisation météorologique internationale afin d'examiner les répercussions planétaires du « courant-jet » atmosphérique nouvellement découvert. Quarante pays y ont participé, en dépit des contraintes économiques de la Grande Dépression. Les chercheurs et les explorateurs ont profité des avancées dans les transports motorisés aériens, terrestres et marins, ainsi que des nouveaux instruments. Ils ont établi 40 stations permanentes d'observation de l'Arctique et la première station de recherche dans l'arrière-pays de l'Antarctique. La recherche menée pendant cette deuxième Année polaire internationale a permis de comprendre l'influence de l'Arctique dans le climat planétaire. Des études sur le champ magnétique ont permis d'améliorer la navigation aérienne et d'autres études, sur la radiation solaire et les aurores, ont été cruciales pour les communications radio.

La troisième Année polaire internationale est devenue l'Année géophysique internationale 1957-1958. Utilisant les technologies les plus avancées de l'époque, en particulier des fusées et des radars, les chercheurs de 67 nations ont réalisé d'impressionnantes percées dans la compréhension de la Terre et de son atmosphère. Parmi toutes les réalisations mondiales de l'Année géophysique internationale, il y a eu la découverte des ceintures de Van Allen entourant la Terre, qui a eu des répercussions sur les

technologies satellites et le voyage spatial. Il y a également eu les premières estimations de la taille de la glace de l'Antarctique, la confirmation de la théorie de la dérive des continents et le début de l'ère spatiale. Spoutnik n'a été que le premier de dix satellites lancés pendant l'Année géophysique. Une percée politique majeure a été également réalisée avec la signature du *Traité sur l'Antarctique* en 1959.

Année polaire internationale 2007-2008

La sensibilisation de la communauté scientifique à l'importance des régions polaires pour les systèmes climatiques planétaires est plus répandue que jamais, et la connaissance des changements survenant dans ces régions est fondamentale pour comprendre les changements environnementaux à l'échelle mondiale. Les décideurs doivent absolument obtenir ces renseignements clés pour soutenir un développement durable. Plus que jamais, un pays ou un domaine scientifique traditionnel à lui seul ne peut couvrir la portée et l'étendue des défis de la recherche polaire. En stimulant et en guidant les efforts, l'Année polaire internationale 2007-2008 avait pour but d'accélérer les progrès afin de pouvoir fournir les réponses nécessaires en matière de politique.

Faisant fond sur les années polaires précédentes, l'Année polaire internationale 2007-2008 a été conçue pour pousser plus intensivement la recherche et les observations scientifiques interdisciplinaires coordonnées internationalement. Les études devaient porter principalement sur les hautes latitudes terrestres, mais toute étude sur une autre région permettant la compréhension des processus ou des phénomènes polaires a également été encouragée. La période d'observation officielle s'est étendue du 1er mars 2007 au 1er mars 2009, permettant des observations sur les deux régions polaires pendant un cycle saisonnier complet.

Afin de guider l'organisation de l'Année polaire internationale 2007-2008, la communauté de recherche polaire internationale a participé à l'établissement d'un cadre (http://ipy.arcticportal.org/images/uploads/framework.pdf, en anglais seulement). En plus des six thèmes de recherche généraux (état des régions polaires; changements passés, présents et futurs; liens mondiaux; nouvelles frontières scientifiques dans les régions polaires; régions polaires comme points d'observations; et dimension humaine), le cadre a permis d'établir un certain nombre d'objectifs prioritaires.

Afin de faire progresser l'état de la science polaire, l'accent a été mis sur les recherches et les observations qui n'auraient pas été entreprises autrement et qui permettront d'établir les fondements de progrès scientifiques majeurs. Comme pour les années polaires précédentes, celle de 2007-2008 avait pour objectif de mettre sur pied et d'adopter de nouvelles ressources technologiques et logistiques.

La coopération internationale a toujours été un objectif fondamental des années polaires internationales. Celle de 2007-2008 a été organisée afin de renforcer la coordination internationale de la recherche et d'accroître la collaboration et la coopération, y compris celles de nations ne participant habituellement pas à la recherche polaire. Elle a été également planifiée afin d'optimiser l'utilisation des systèmes d'observation polaire, des moyens logistiques et des infrastructures déjà en place.

L'année polaire internationale 2007-2008 a insisté sur l'aspect interdisciplinaire, mettant en contact des chercheurs de plusieurs domaines pour répondre aux questions et régler des problèmes qui ne relèvent pas d'un seul et même domaine. L'inclusion active des sciences sociales et la détermination de la dimension humaine comme thème de recherche ont constitué une avancée cruciale, faisant de l'Année polaire internationale 2007-2008 un événement unique en son genre.

Cette année polaire internationale 2007-2008 a favorisé les activités éducatives et celles permettant d'accroître la sensibilisation, l'intérêt et la compréhension des habitants du Nord et de leurs institutions communautaires, ainsi que ceux des éducateurs, des élèves, du public et des décideurs du monde entier, au sujet des régions polaires et de l'importance de la recherche et des observations polaires.

Enfin, le cadre de l'Année polaire internationale 2007-2008 a établi trois objectifs majeurs visant à laisser un héritage :

- des archives plus complètes d'échantillons, de données et de renseignements sur l'état et le comportement des régions polaires, afin de fournir des références devant être mises à disposition de manière ouverte et opportune, pour comparer l'état actuel avec l'avenir et le passé;
- des sites, des installations et des systèmes d'observation, afin de soutenir la recherche et la surveillance polaires continues, comme base pour observer et prévoir les changements;
- une nouvelle génération de chercheurs et d'experts, pour continuer la recherche polaire.

Année polaire internationale au Canada

La participation du Canada à l'Année polaire internationale 2007-2008 a vu une coopération nationale et internationale sans précédent, regroupant plus de 1750 chercheurs provenant de diverses agences gouvernementales, universités et collectivités nordiques, ainsi que plus de 240 collaborateurs internationaux provenant de 23 pays. Des études sur le terrain ont été effectuées sur plus de 100 sites répartis partout dans les régions nordiques canadiennes, en plus des recherches menées à bord de cinq brise-glaces de la Garde côtière canadienne.

Un facteur déterminant dans la nature de la participation canadienne à l'Année polaire internationale 2007-2008 a été l'engagement du gouvernement fédéral à octroyer 150 millions de dollars dans un nouveau fonds pour un programme exclusif de l'Année polaire internationale. Cet investissement est le plus important à ce jour fait par le Canada dans la recherche arctique et un des plus importants nouveaux fonds de l'Année polaire internationale parmi les 60 nations participantes. Une autre participation canadienne à l'Année polaire internationale a été réalisée grâce au soutien de plusieurs autres ressources et programmes particuliers de moindre envergure comme le Programme de subventions d'occasions spéciales de recherche géré par le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada.

Géré par six ministères fédéraux (Affaires indiennes et du Nord Canada, Environnement Canada, Pêches et Océans Canada, Santé Canada, Industrie Canada et Ressources naturelles Canada), le programme du gouvernement du Canada de l'Année polaire internationale a fourni à 45 projets canadiens 98 millions de dollars en financement de recherche direct. Pour appuyer un programme canadien complet pour l'Année polaire internationale, du financement a également accordé pour :

- soutenir les grandes initiatives nationales de gestion des données polaires;
- assurer la santé et la sécurité des scientifiques et des collectivités menant des recherches dans le cadre de l'Année polaire internationale;
- accroître les ressources des organismes de réglementation de la recherche nordique;
- soutenir des activités de sensibilisation et de communication;
- créer et offrir des initiatives de développement des ressources, y compris celles visant à informer et à former les jeunes et les habitants du Nord, afin d'augmenter leur participation à la recherche scientifique nordique.

Tout en poursuivant les objectifs prioritaires de l'Année polaire internationale 2007-2008, le programme du gouvernement canadien a financé des projets de recherche portant sur deux priorités particulièrement importantes pour le Canada. Ces priorités sont mentionnées ci-après.

Impacts et adaptation liés aux changements climatiques

- Observations et analyses multidisciplinaires du système climatique arctique
- Études des processus et modélisation des répercussions liées au climat, à l'environnement physique et à la société
- Liens du système climatique avec les régions nordiques et le reste de la planète
- Écosystèmes et vulnérabilité, résilience et capacités d'adaptation de la communauté

Santé et bien-être des collectivités nordiques

- Réduire les disparités relatives à la santé, améliorer les résultats cliniques et le bien-être
- Édifier et soutenir des collectivités en santé et résilientes
- Analyser les liens entre les changements climatiques, la santé et le bien-être des humains

Le programme du gouvernement canadien pour l'Année polaire internationale 2007-2008 a reconnu que, de nos jours, pour faire de la recherche dans l'Arctique, il est important que les scientifiques collaborent étroitement avec les résidents canadiens du Nord puisqu'ils connaissent et comprennent le territoire, et qu'ils peuvent avoir hérité au fil des générations d'un riche savoir traditionnel. Grâce à un partenariat avec les chercheurs nordiques, à une participation significative des collectivités dans la conception des projets et leur mise en œuvre, aux activités de sensibilisation et à la formation professionnelle pour développer des ressources en lien avec la recherche à long terme dans le Nord, les projets canadiens de l'Année polaire internationale ont obtenu une collaboration sans précédent des Autochtones et des collectivités, des gouvernements et des organismes nordiques.

Participation d'Environnement Canada à l'Année polaire internationale 2007-2008

La participation d'Environnement Canada à l'Année polaire internationale 2007-2008 s'inscrit dans son mandat de préservation et d'amélioration de la qualité de l'environnement naturel, de conservation des ressources renouvelables canadiennes, de conservation et de protection des ressources en eau canadiennes, de prévision météorologique ainsi que de prévision des changements environnementaux. Environnement Canada a été l'un des organismes de recherche canadiens les plus actifs lors de l'Année polaire internationale 2007-2008.

Les chercheurs d'Environnement Canada ont mené cinq projets de l'Année polaire internationale pour étudier la façon de mieux prédire le temps complexe du Nord, l'état et la santé des écosystèmes d'eau douce nordiques, les répercussions d'un climat changeant sur la neige et la glace, ainsi que les sources, les déplacements et les modifications des contaminants dans l'environnement et le réseau alimentaire nordiques. Environnement Canada a également collaboré à 14 projets menés par d'autres organismes.

Le but du présent rapport consiste à décrire en détail le programme de recherche d'Environnement Canada pour l'Année polaire internationale 2007-2008, y compris les réalisations importantes, les innovations et les conclusions préliminaires. L'Année polaire internationale a fourni son appui à plusieurs projets et partenariats de collaboration. Pour chacun des projets décrits ci-dessous, nous avons mis la recherche en contexte et avons fourni des détails sur la façon dont la recherche contribue à notre compréhension des systèmes arctiques.

LES SERVICES MÉTÉOROLOGIQUES D'ENVIRONNEMENT CANADA SOUTIENNENT L'ANNÉE POLAIRE INTERNATIONALE

En tant que ministère fédéral offrant un service météorologique et hydrologique national, Environnement Canada devait fournir d'importants renseignements sur les conditions météorologiques, la mer et la glace de mer, ainsi que des services spécialisés pour assurer la sécurité des chercheurs canadiens et étrangers travaillant dans le Nord canadien dans le cadre de l'Année polaire internationale, ainsi que pour satisfaire les exigences particulières de projets relativement aux données de recherche. Grâce au soutien du programme du gouvernement canadien pour l'Année polaire internationale, des services ont été fournis aux chercheurs à l'aide d'un portail Web et d'un site FTP qui leur étaient dédiés. Voici un aperçu de quelques-uns des services météorologiques ayant été fournis :

- visualisations des conditions prévues de vent, de blizzard, de brouillard ou de stratus pour les 48 prochaines heures;
- cartes personnalisées d'imagerie polaire par satellite du haut Arctique canadien et du bassin de l'Arctique canadien jusqu'au pôle Nord géographique;
- nouveaux produits de glaces de mer, y compris des photomosaïques de RADARSAT correspondant aux cartes de glace régionale établies deux fois par semaine et des photomosaïques animées de glace de mer provenant de Quikscat et de RADARSAT;
- produits de météorologie et de glace de mer ciblés et sur demande, ainsi que des services de soutien pour les projets et les expéditions scientifiques de l'Année polaire internationale, afin de satisfaire aux exigences logistiques sur le terrain et les besoins en matière de données de recherche.

Parmi les projets de logistique financés par le programme du gouvernement canadien qui resteront en héritage à l'issue de l'Année polaire internationale, Environnement Canada a apporté des améliorations à ses systèmes de prévisions qui permettront, pour les années à venir, de mieux prédire la météo pour les collectivités nordiques canadiennes. En transposant les résultats de recherche dans des systèmes opérationnels, des améliorations ont été apportées au système régional de prévision météorologique numérique opérationnel de la région arctique :

- le domaine opérationnel régional de modélisation de haute résolution a été étendu vers le nord pour couvrir tout l'Arctique;
- les spécialistes des prévisions météorologiques ont reçu une meilleure information qui leur a permis d'accroître leur habileté à prévoir le type de précipitation dans l'Arctique;
- un nouveau schème de rayonnement a été mis en œuvre, améliorant la physique des modèles opérationnels et fournissant, par exemple, de meilleures prévisions des températures nocturnes arctiques.

Environnement Canada a également perfectionné son système d'acquisition passive et de traitement des images satellites en orbite polaire situé à Resolute Bay (Nunavut). La combinaison d'un nouveau système de réception avec notre capacité améliorée à expédier des images et des données aux bureaux de prévisions météorologiques du Sud ont permis aux spécialistes des prévisions météorologiques et au public l'accès à une meilleure imagerie des régions nordiques.

Photo : Archive d'ARQX, Environnement Canada

Eureka, Nunavut

2 LES SCIENTIFIQUES D'ENVIRONNEMENT CANADA SONT LES PRINCIPAUX CHERCHEURS DE CINQ PROJETS DE L'ANNÉE POLAIRE INTERNATIONALE

2.1 Écosystèmes d'eau douce en Arctique : hydrologie et écologie
2.2 Variabilité et changement dans la cryosphère canadienne (neige et glace) (CRYO)
2.3 Transport atmosphérique intercontinental de polluants anthropiques vers l'Arctique (TAIPAA)
2.4 OASIS-CANADA : Comprendre la disparition de l'ozone et du mercure dans l'air au-dessus de l'océan Arctique
2.5 Projections météorologiques et environnementales dans l'Arctique (TAWEPI)

2.1 ÉCOSYSTÈMES D'EAU DOUCE EN ARCTIQUE : HYDROLOGIE ET ÉCOLOGIE

Principaux chercheurs : *Fred J. Wrona[1] et Al Pietroniro[2]*

[1] Environnement Canada, Centre de recherche sur les impacts des changements climatiques et hydrologiques, Université de Victoria, Victoria, Colombie-Britannique
[2] Environnement Canada, Centre national de recherche en hydrologie, Saskatoon, Saskatchewan

Cochercheurs d'Environnement Canada : *Spyros Beltaos, Barrie Bonsal, Joseph Culp, Bruce Davison, Raoul Granger, Robert Kent, Philip Marsh, Robert Phillips, Terry Prowse, William Schertzer, Christopher Spence et Taina Tuominen*

Portée du projet

Le projet sur les écosystèmes d'eau douce en Arctique est une initiative multidisciplinaire consistant en un ensemble d'études sur le terrain et en laboratoire pour évaluer l'hydrologie et l'écologie des écosystèmes d'eau douce du Nord. Le projet comprend la recherche sur les écosystèmes et leurs processus, la surveillance et la modélisation des éléments hydrologiques, climatologiques, limnologiques et écologiques de divers écosystèmes d'eau douce de l'Arctique canadien formés de lacs, de rivières et de deltas. Ce projet comportait 33 projets secondaires et a vu la participation de 31 chercheurs, de plus de 60 collaborateurs, de plusieurs diplômés et étudiants du premier cycle, de boursiers d'études postdoctorales et de résidents du Nord. La recherche sur le terrain a été menée sur divers sites et dans diverses collectivités des régions nordiques canadiennes, y compris au Yukon, dans les Territoires du Nord-Ouest, au Nunavut, au Nunavik (nord du Québec), au Nunatsiavut (nord du Labrador), ainsi que sur des sites dans le nord de la Saskatchewan et du Manitoba (voir la carte de la figure 2).

Par l'intermédiaire de ces divers projets secondaires, celui sur les écosystèmes d'eau douce en Arctique vise à améliorer notre compréhension des processus relatifs à l'eau douce et aux substances nutritives qui se produisent dans les écosystèmes aquatiques nordiques. Il sert également à créer des modèles de prévisions des flux d'eau douce et de substances nutritives. La recherche visait également à obtenir de nouvelles perspectives sur la façon dont la variabilité et les changements climatiques influent sur la structure et la fonction écologiques des écosystèmes aquatiques. De nouvelles données synoptiques ont été obtenues à partir de l'information recueillie sur la biodiversité de l'eau douce et les écosystèmes associés. Elles ont permis de créer une base de données unique qui contribuera à long terme au Programme de surveillance de la biodiversité circumpolaire (CBMP), héritage de l'Année polaire internationale, grâce au groupe de travail sur la conservation de la flore et de la faune arctiques du Conseil de l'Arctique. Comme la surveillance environnementale continue est nécessaire, plusieurs projets secondaires ont également mené à l'établissement de nouvelles méthodes d'évaluation et de nouvelles ressources de surveillance dans les collectivités nordiques.

APERÇU DU PROJET

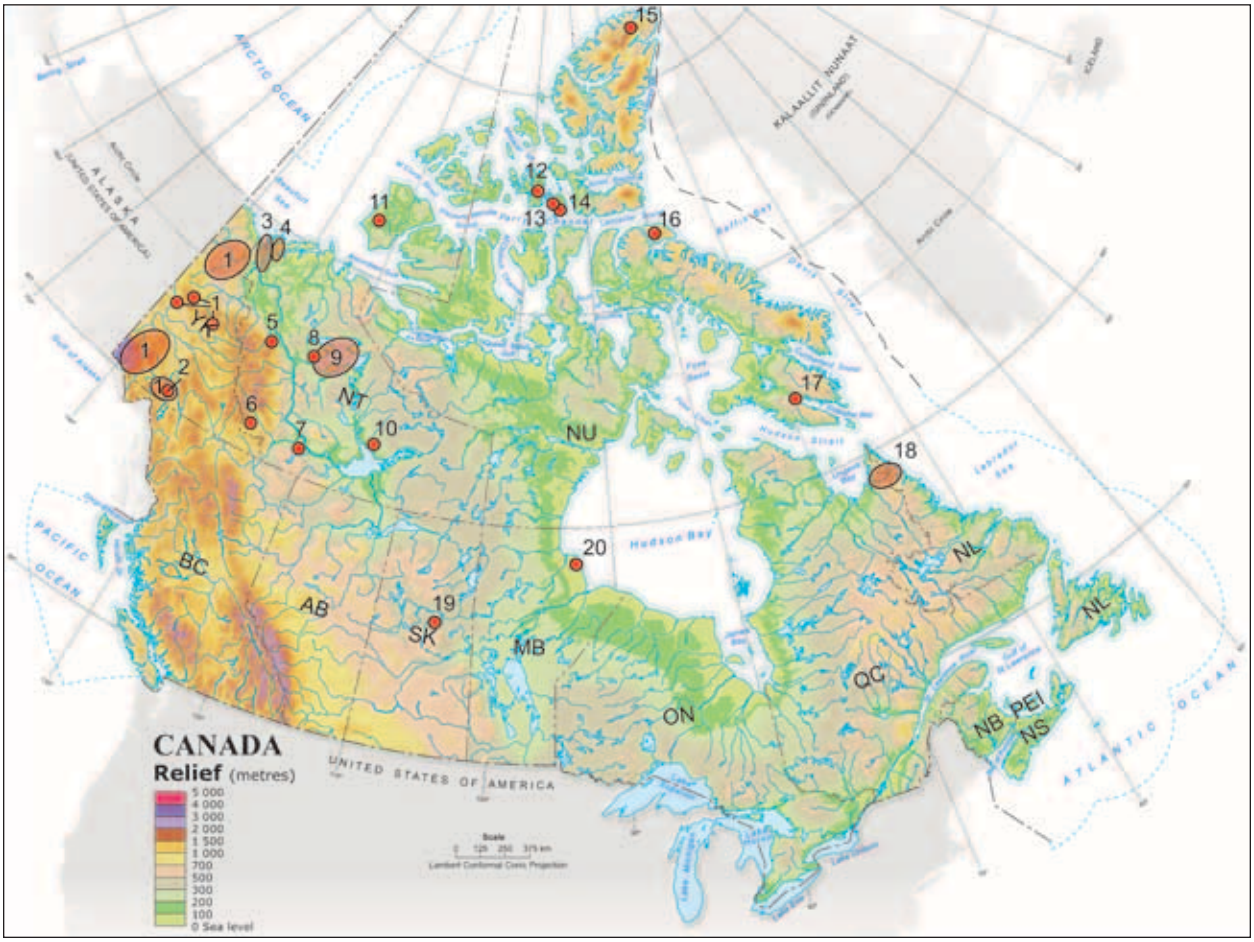
ÉCOSYSTÈMES D'EAU DOUCE EN ARCTIQUE

Selon ses quatre priorités de recherche, le projet Écosystèmes d'eau douce en Arctique : hydrologie et écologie est divisé en quatre thèmes

1) **Flux d'eau douce et prévisions :** compréhension accrue des processus et amélioration des ressources de modélisation de la neige, de la pluie, du ruissellement, de l'évaporation et des changements dans la dynamique et la conservation de l'eau dans les environnements aquatiques polaires clés.
2) **Flux de substances nutritives et prévisions :** nouvelle information pour modéliser les inondations causées par les embâcles lors de la débâcle du printemps (un événement clé qui permet d'apporter de l'eau et des substances nutritives dans le delta du Mackenzie) et le transport des substances nutritives dans la mer de Beaufort.
3) **Hydroécologie des écosystèmes aquatiques et intégrité écologique :** compréhension accrue sur la façon dont la variabilité et les changements climatiques influeront sur la biodiversité de l'eau douce circumpolaire, ainsi que sur la structure et la fonction des écosystèmes associés.
4) **Renforcement des capacités et sensibilisation communautaire :** établissement d'une surveillance environnementale communautaire impliquant le Réseau canadien de biosurveillance aquatique (RCBA) d'Environnement Canada.

Responsables du thème 1 : John Pomeroy et Al Pietroniro
Responsables du thème 2 : Lance Lesack et Phil Marsh
Responsables du thème 3 : Fred Wrona et Joseph Culp
Responsables du thème 4 : Rob Kent, Robert Phillips et Chris Spence

Photo : © Photos.com, 2010



Source : Carte modifiée de l'*Atlas du Canada*, Ressources naturelles Canada, 2006
Carte: Peter di Cenzo, Environnement Canada

(Carte) Emplacements des sites

1. Évaluations de la biodiversité aquatique du Yukon
2. Bassin expérimental du ruisseau Wolf
3. Delta du Mackenzie
4. Hautes terres du Mackenzie
5. Rivière Gayna
6. Parc national Nahanni
7. Ruisseau Scotty
8. Deline
9. Lac Great Bear
10. Bassin versant de recherche du ruisseau Baker
11. Île Banks
12. Vallée Polar Bear
13. Resolute
14. Rivière Mecham
15. Parc national Quttinirpaaq
16. Parc national Sirmilik
17. Iqaluit
18. Parc national des Monts-Torngat et bassin versant de la rivière Koroc
19. Lac Crean
20. Parc national Wapusk

Figure 2 Sites dans le nord du Canada où des recherches importantes ont été entreprises dans le cadre du projet Écosystèmes d'eau douce en Arctique

Les régions ombragées indiquent des zones où plusieurs rivières et lacs ont été étudiés.

1) Flux d'eau douce et prévisions

Quelle est l'importance de l'eau douce pour les régions polaires canadiennes et de quelle façon sa disponibilité pourrait-elle changer dans le futur? Pour examiner l'état actuel de l'eau douce polaire canadienne, y compris l'eau des îles de l'Arctique, les chercheurs ont réalisé des observations sur le terrain, dans des emplacements de surveillance à long terme déjà existants (des sites ayant déjà sur place des instruments de surveillance) et des emplacements éloignés comportant peu ou pas d'instruments.

Grâce à des études sur le terrain, à l'assimilation des données et aux études des processus, les projets sur les courants d'eau douce et les prévisions ont collectivement permis d'améliorer notre compréhension des changements survenus pendant l'Année polaire internationale dans la couverture de neige, le ruissellement, les terres humides et les bancs de neige pérenne dans les environnements polaires clés, et ceux qui surviendront dans le futur. Les chercheurs ont utilisé de nouvelles connaissances sur les processus atmosphériques et hydrologiques pour créer un ensemble de modèles permettant d'évaluer les effets de la variabilité et des changements climatiques sur les régions froides et les écosystèmes d'eau douce en Arctique. Les divers modèles portent, entre autres, sur la poudrerie et la fonte des neiges, le ruissellement et les débâcles printanières des rivières, ainsi que sur l'évaporation, la conservation et la circulation dans les lacs. Certains de ces modèles sont nouveaux, mais les chercheurs ont également amélioré d'anciens modèles en intégrant une meilleure représentation des processus physiques.

Les collectivités canadiennes de tout l'Arctique, ainsi que les scientifiques, les exploitations commerciales et autres exploitations dans la région, profiteront des découvertes de cette recherche, car les résultats du projet permettront de soutenir de manière plus fidèle et à moindre coût la planification et la gestion des ressources d'eau douce polaires canadiennes.

Innovation : un nouveau modèle de ruissellement de surface

Au premier rang des activités de modélisation se trouve la conception d'un modèle de ruissellement de surface terrestre et atmosphérique entièrement couplé. Cet effort scientifique complexe et ambitieux repose sur des modèles climatiques planétaires et régionaux pour prévoir la température atmosphérique et l'état hydrique des sols à un moment donné. Ces données sont ensuite traitées par un modèle de surface terrestre pour calculer l'évaporation, l'humidité du sol et le ruissellement. Le modèle traite ensuite le ruissellement dans le lit de la rivière vers l'embouchure du bassin. Idéalement, le modèle de surface terrestre permettra de produire des données sur l'évaporation et d'autres données pour le modèle climatique, afin de pouvoir calculer les conditions atmosphériques de l'intervalle de temps suivant.

2) Flux de substances nutritives et prévisions

Avec l'aide de collaborateurs universitaires, les chercheurs d'Environnement Canada visent à améliorer la modélisation du courant et du flux des substances nutritives dans le delta du fleuve Mackenzie au cours du printemps et pendant la saison des eaux libres. Ils couvrent un vaste territoire : le fleuve Mackenzie est le quatrième plus grand fleuve nordique au monde, avec un bassin versant d'environ 1,8 million de km^2, déversant environ 280 km^3 d'eau de son delta vers la mer de Beaufort.

Le projet permet d'analyser des données sur les emplacements où des embâcles se forment dans les lits du delta du Mackenzie, ainsi que sur les niveaux d'eau, l'épaisseur des embâcles et les vagues dynamiques résultant des débâcles. Ces renseignements sont essentiels pour pouvoir modéliser les inondations créées par les embâcles au cours des débâcles printanières, un événement clé qui permet de renflouer en eau et en substances nutritives l'amont du delta et sa partie centrale.

Cette nouvelle connaissance permet également de perfectionner la modélisation à long terme du courant et du flux de substances nutritives du fleuve Mackenzie vers la mer de Beaufort, et de fournir des réactions possibles à la variabilité et aux changements climatiques. Les résultats de cette étude permettront d'améliorer les évaluations des bilans d'eau douce de la mer de Beaufort et de l'océan Arctique, et de fournir de nouvelles données sur l'ampleur de l'apport de substances nutritives, de carbone organique dissous et de sédiments en suspension provenant du bassin du Mackenzie et se retrouvant dans les écosystèmes marins.

Premiers résultats : changements des niveaux d'eau du delta et quantités élevées imprévue de substances nutritives

Les résultats préliminaires indiquent que, depuis au moins les 30 dernières années, les bas niveaux d'eau en été relevés dans le bassin du delta du Mackenzie pourraient avoir augmenté d'un niveau (0,3 m) équivalant à trois fois la hausse du niveau local de la mer (0,1 m) pendant la même période de temps. Une telle augmentation de la hausse du niveau de la mer n'avait pas été prévue et peut être causée par des ondes de tempête accrues qui, à leur tour, seraient créées par les effets du reflux de la glace de mer de l'Arctique ou des remous côtiers agissant sur le débit du fleuve. Un déclin récent des débâcles dans le delta a également été noté. Ces débâcles ont toujours constitué un mécanisme de contrôle important des pics annuels de niveaux d'eau lorsque les inondations créées par les embâcles renflouent l'eau du lac du delta. La baisse de la fréquence des débâcles entraîne des niveaux d'eau plus bas dans les lacs situés plus haut et plus loin de la mer de Beaufort. Ces deux changements observés dans l'écosystème (par l'intermédiaire de deux mécanismes de changement planétaire différents) peuvent avoir des répercussions sur l'habitat des poissons du delta et influeront sur la biodiversité générale des écosystèmes.

Les premiers résultats ont permis de constater de grandes quantités imprévues de substances nutritives pendant la période des débâcles, ainsi que des quantités totales de sédiments en suspension et de carbone organique dissous dans l'eau du fleuve Mackenzie substantiellement plus élevées que ce qui avait été rapporté dans les recherches précédentes (c'est-à-dire lorsque la période de débâcles n'était ni caractérisée ni intégrée dans des quantités rapportées).

Photo : Spyros Beltaos, Environnement Canada

Jennifer Nafziger (Université de l'Alberta) et Tom Carter (Environnement Canada) mesurent la vitesse des floes de glace pendant la débâcle printanière 2008 du fleuve Mackenzie à Tsiigehtchic (Territoires du Nord-Ouest).

3) Hydroécologie des écosystèmes aquatiques et intégrité écologique

De quelle manière la biodiversité de l'eau douce circumpolaire sera-t-elle influencée par la variabilité et les changements climatiques ainsi que les facteurs de stress environnementaux associés? Les projets secondaires du projet Écosystèmes d'eau douce en Arctique qui répondent à cette question contribuent au réseau international de surveillance et de recherche sur la biodiversité de l'eau douce en Arctique (Arctic-BIONET) de l'Année polaire internationale et au Programme de surveillance de la biodiversité circumpolaire (CBMP) du Conseil de l'Arctique.

Évaluation de la biodiversité aquatique

Les membres de l'équipe du projet, en partenariat avec Parcs Canada et des collectivités nordiques, ont recueilli de nouvelles données pour établir une référence sur les conditions aquatiques, les poissons et les invertébrés benthiques présents dans les cours d'eau de l'Arctique canadien. Les chercheurs utilisent ces données pour établir des points de repère pour évaluer les influences humaines et les répercussions des changements climatiques sur l'écologie des cours d'eau nordiques. Ces renseignements peuvent permettre aux collectivités nordiques de mieux comprendre la variabilité et les changements climatiques et de mieux s'y adapter en favorisant une gestion améliorée de la pêche en eau douce, vitale pour la subsistance locale ainsi qu'à des fins commerciales et sportives.

L'omble chevalier et les poissons associés au genre *Salvelinus* constituent la clé de cette évaluation, car ils sont des éléments essentiels de l'eau douce, de l'estuaire et des environnements aquatiques près des côtes marines du Nord circumpolaire. Grâce à une collaboration exemplaire entre différents projets de l'Année polaire internationale, Environnement Canada a fourni des données sur l'habitat à un projet de recherche de l'Année polaire internationale mené par James Reist de Pêches et Océans Canada (Effets de la variabilité du climat et des changements climatiques sur l'omble chevalier dans l'Arctique, voir la section 3.3). Ce projet vise à fournir un contexte biologique sur les effets de la variabilité du climat et des changements climatiques sur l'omble, y compris les effets du climat sur la bioaccumulation de mercure. Environnement Canada a participé à la conception de l'étude, a apporté son aide pour établir des protocoles d'échantillonnage et pour recueillir les échantillons et les données. Il a également fourni d'autres renseignements clés sur les écosystèmes.

Études sur les lacs des hautes terres du Mackenzie

Un climat se réchauffant entraînera possiblement un dégel important du pergélisol, causant le phénomène d'effondrement thermokarstique régressif du littoral, c'est-à-dire l'effondrement et le dégel des régions du littoral qui apportent le plus de sédiments, de matières organiques et de substances nutritives aux écosystèmes d'eau douce partout en Arctique.

Ce phénomène peut influer sur la qualité de l'eau et l'écologie de ces plans d'eau. Les scientifiques ont postulé que les environnements pélagiques (organismes vivant dans des colonnes d'eau) et benthiques (organismes et plantes associés au substrat) peuvent être particulièrement sensibles aux changements écologiques induits par le pergélisol. Cette hypothèse est devenue le sujet central des membres de l'équipe du projet Écosystèmes d'eau douce en Arctique qui mènent des recherches climatologiques, hydrologiques et écologiques multidisciplinaires dans les lacs de la toundra de la région des hautes terres du Mackenzie (Territoires du Nord-Ouest).

Premiers résultats : différence importante entre les lacs perturbés et ceux non perturbés

Une importante différence a été découverte entre les lacs perturbés par le phénomène d'effondrement thermokarstique régressif du littoral et ceux non perturbés par ce phénomène, en ce qui a trait aux variations relatives aux macrophytes, aux invertébrés, à l'atténuation de la lumière sous-marine, à la chimie du milieu aquatique et à certains sédiments. En général, les sédiments des lacs non perturbés étaient riches en matières organiques et en certains micronutriments, tandis que, dans les lacs perturbés par le phénomène, les sédiments étaient plus riches en calcium, en magnésium et en strontium, la colonne d'eau était plus transparente et il y avait des communautés mieux développées d'invertébrés benthiques et de macrophytes. De plus, les lacs perturbés par l'effondrement du littoral étaient moins « tachés » (c'est-à-dire qu'ils contenaient moins de carbone organique dissous) et plus clairs que les lacs non perturbés. Cette découverte est contre-intuitive et va à l'encontre de ce qui aurait été prévu selon la théorie des états stables alternatifs conçue pour les écosystèmes des lacs tempérés.

Reposant sur le phénomène d'effondrement thermokarstique régressif du littoral comme analogie des effets terrestres induits par les changements climatiques, les résultats préliminaires laissent entendre qu'un climat plus chaud changera radicalement la structure du réseau alimentaire aquatique des lacs de la toundra situés dans les régions riches en pergélisol. Les changements dans la production primaire et les processus microbiens entraînés par le réchauffement climatique peuvent causer à leur tour des modifications du flux de dioxyde de carbone dans l'atmosphère.

Une innovation majeure de la technologie de surveillance a été introduite et testée dans le cadre de ce projet de recherche. Il s'agit de la conception et de la mise en œuvre d'un système de bouée et d'ancrage entièrement automatisé pour la surveillance dynamique continue de la glace de lac et de la qualité de l'eau. Les données recueillies permettront aux chercheurs d'examiner les effets du changement de la couverture de glace sur des paramètres clés de qualité de l'eau. Elles leur permettront également de mieux prévoir les conséquences sur les réseaux trohpiques aquatiques et la productivité qui y est associée.

Limnologie et bilans thermiques du lac Great Bear

Le lac Great Bear est un des grands lacs non laurentiens du Canada selon Fred Wrona, Ph.D., un scientifique d'Environnement Canada. Il y avait peu de connaissances sur ce lac avant que les chercheurs y mènent les recherches les plus intensives et étendues sur les plus grands espaces jamais réalisées à cet endroit. Le travail consistait à faire des observations météorologiques à Deline et à Lionel Island, ainsi que des observations des températures, des courants et de la transmission de la lumière dans la colonne d'eau du lac. Les chercheurs peuvent maintenant associer les scénarios climatiques à des séries chronologiques et à des modèles météorologiques pour examiner les changements possibles dans la structure des températures du lac.

Collaboration avec les collectivités nordiques

Les habitants de la communauté de Deline (Territoires du Nord-Ouest) se sont engagés dans le projet; certains ont été formés et embauchés pour le travail sur le terrain. Le lac Great Bear est très important pour la communauté en raison de la pêche, du transport et des revenus du tourisme. Les données scientifiques recueillies n'auraient pu avoir cette portée ni être aussi nombreuses sans l'énorme savoir écologique traditionnel et l'appui fournis par la communauté.

INNOVATION

SURVEILLANCE QUOTIDIENNE TOUTE L'ANNÉE : LA BOUÉE AUTOMATISÉE DE LA QUALITÉ DE L'EAU GLACÉE

Pour les chercheurs, la surveillance continue des changements survenant dans les propriétés physiques et chimiques des lacs, ainsi que la cueillette de données en temps réel, est essentielle. En ce qui a trait aux écosystèmes en Arctique, plusieurs questions importantes doivent être posées : quand précisément la glace du lac se forme-t-elle et comment cette glace prend-elle du volume pendant l'hiver? Quand survient la débâcle printanière? Quelle est la quantité de lumière qui pénètre la glace du lac en hiver? De quelle façon la qualité de l'eau est-elle altérée (composition chimique, température et quantité d'oxygène) par les changements d'état de la glace?

Faire le suivi quotidien des conditions, cependant, peut poser d'importants problèmes de logistique, car les sites d'étude sont éloignés et souvent, ils ne sont accessibles que par hélicoptère ou hydravion. Les chercheurs de l'Année polaire internationale devaient trouver un système qui permettrait de recueillir les données sans devoir se déplacer ni assumer les frais d'un hébergement coûteux pour le personnel et l'équipement sur le terrain, et qui pourrait fonctionner malgré les intempéries de l'été et les mauvaises conditions de l'hiver.

Le projet Écosystèmes d'eau douce en Arctique, de concert avec AXYS Technologies inc., a conçu un prototype de système automatisé de bouée de glace et d'ancrage sous-marin pour réaliser le travail à distance. Le système est semblable à ceux conçus par le projet OASIS-CANADA (voir la section 2.3), dans lesquels l'énergie solaire et les batteries intégrées scellées font fonctionner le système de surveillance tout au long de l'année.

L'ancrage sous-marin comprend une antenne en laisse de cinq sondes de qualité de l'eau qui mesurent les changements de température, l'oxygène dissous et d'autres paramètres de qualité de l'eau à diverses profondeurs du lac. Il est également muni d'un capteur profileur de glace ASL qui mesure la formation, la croissance et la désintégration de la couverture de glace du lac pendant la saison froide. Grâce à un système conçu par AXYS Technologies Inc., appelé WatchMan500™, les données sont transmises à la bouée de glace adjacente et traitées à bord de cette bouée.

Sur la bouée de glace elle-même, un ensemble d'instruments météorologiques mesurent la vitesse et la direction du vent, la température de l'air, l'humidité relative et la pression de l'air. Les capteurs Li-Cor situés au-dessus et sous la surface mesurent le rayonnement solaire entrant et la pénétration de la lumière dans l'eau du lac (à travers la glace en hiver). Une autre sonde de qualité de l'eau placée près de la surface fournit des données sur la qualité de l'eau près de la surface pour compléter les renseignements recueillis plus profondément dans le lac à l'aide de l'ancrage sous-marin.

Les données sont transmises au Centre de recherche sur les impacts des changements climatiques et hydrologiques de l'Université de Victoria (et à d'autres endroits) grâce aux télémesures par satellite Globalstar. Comme les télémesures de WatchMan500™ et de Globalstar possèdent des fonctions bilatérales, il est possible de gérer le système à distance, en plus de pouvoir effectuer la configuration et les diagnostics sur les composantes de la bouée de glace et de l'ancrage sous-marin. Lorsque la recherche est terminée, un déclenchement acoustique provenant de l'ancrage sous-marin permet de libérer tous les instruments pour qu'ils soient ensuite facilement récupérés sur le lac.

L'objectif final de la conception de ce système de surveillance sur bouée est de déployer un réseau de systèmes dans l'Arctique canadien, afin de mieux comprendre la façon dont les changements survenant dans la cryosphère de la glace de lac influeront sur la structure, les fonctions et les dynamiques du réseau alimentaire (y compris les espèces de poissons cruciales pour la subsistance de la communauté nordique) des lacs de l'Arctique canadien.

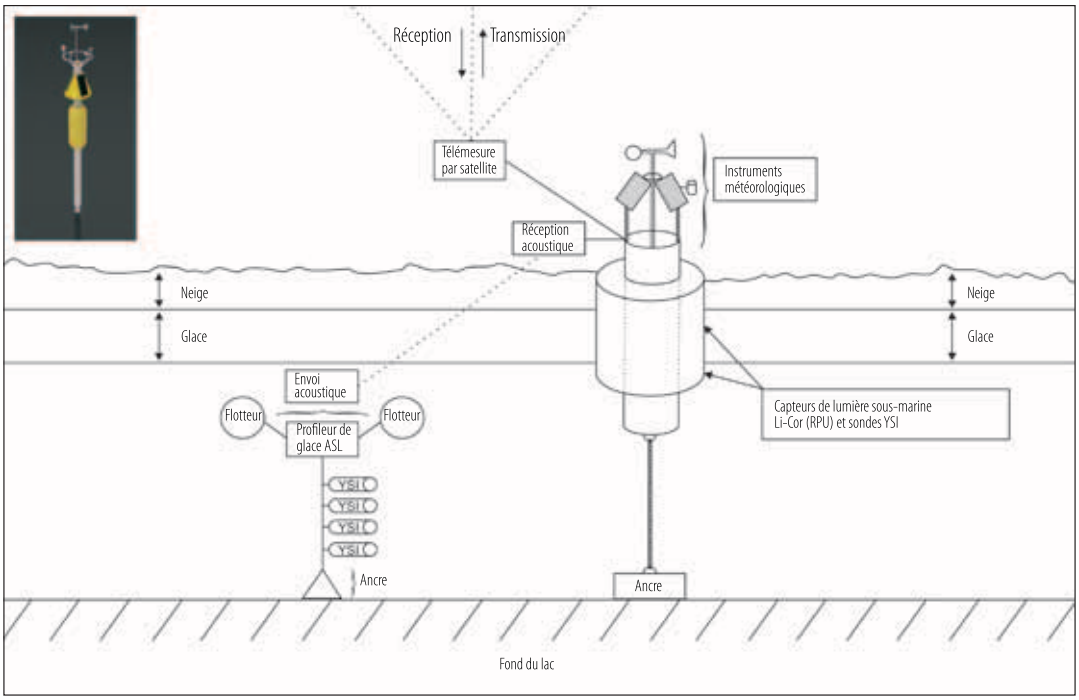


Photo médaillon : Peter di Cenzo, Environnement Canada

Figure 3 Schéma de la bouée automatisée de la qualité de l'eau glacée

4) Renforcement des capacités et sensibilisation communautaire

Le Réseau canadien de biosurveillance aquatique (RCBA) d'Environnement Canada est un programme de surveillance communautaire qui fait participer directement les habitants du Nord à la cueillette des données et à la surveillance de la santé et de l'intégrité des écosystèmes d'eau douce locaux. Les renseignements archivés, recueillis localement, fourniront des références précieuses sur l'état actuel des écosystèmes aquatiques. Cette initiative a fourni aux résidents des sites de surveillance à long terme divers programmes pour développer des ressources environnementales aquatiques et de biosurveillance dans leurs collectivités. En plus des ateliers, des séances de formation sur le terrain, des apprentissages et de la sensibilisation sur le sujet, le programme a permis de concevoir deux produits d'information populaires.

- Grâce à un programme de formation en ligne offert sur Internet pour les collectivités nordiques isolées, les collèges et les citoyens intéressés ont accès à des experts et à une accréditation sur le terrain par l'entremise du programme du Réseau canadien de biosurveillance aquatique : http://cabin.cciw.ca/intro.asp.
- Un guide exhaustif et convivial pour concevoir et réaliser un programme de biosurveillance aquatique dans le nord du Canada a été édité en complément du manuel largement utilisé *Les eaux du Nord : Guide pour la conception et la réalisation de projets de surveillance des eaux du Nord canadien*.

Points saillants

Environnement Canada a formé et embauché de nombreux résidents des collectivités, ainsi que des élèves des écoles secondaires et des collèges locaux, pour qu'ils apportent une aide sur le terrain, pour

la cueillette des échantillons et des données, et pour les analyses laboratoires. Par exemple, un habitant d'Inuvik (Territoires du Nord-Ouest) a été embauché pour le projet sur l'eau douce de l'Année polaire internationale. Il a acquis suffisamment d'expérience et de compétences pour jauger les niveaux et les débits d'eau dans le delta du Mackenzie pour obtenir un poste à temps plein permanent aux Relevés hydrologiques du Canada.

D'autres activités de sensibilisation ont été réalisées, comme des consultations et des réunions communautaires, des visites dans les collèges et les écoles, des présentations, des sites Web et des affiches. Les résidents ont partagé leur expertise sur la santé et l'intégrité des écosystèmes d'eau douce locaux. Ils ont été informés de la nature et de l'importance de la recherche (ce que les chercheurs essayaient de trouver et pourquoi ils tentaient de le faire), ainsi que des découvertes (ce qui était découvert à mesure que le travail progressait).

COLLABORATION AVEC LES COLLECTIVITÉS NORDIQUES

LE RÉSEAU CANADIEN DE BIOSURVEILLANCE AQUATIQUE ET LE PROGRAMME DE SCIENCE EXPÉRIMENTALE

La présentation des méthodes de biosurveillance du Réseau canadien de biosurveillance aquatique fait maintenant partie du programme des écoles secondaires des Territoires du Nord-Ouest. Ce volet s'inscrit parfaitement dans le programme de science expérimentale, un programme d'apprentissage par la pratique qui combine les travaux sur le terrain à l'enseignement en classe.

Le module du Réseau canadien de biosurveillance aquatique sera intégré grâce à une entente avec Sahtu Renewable Resources et avec le concours du ministère de l'Éducation, de la Culture et de l'Emploi du gouvernement des Territoires du Nord-Ouest. Il pourrait permettre d'accroître l'intérêt des élèves du secondaire pour le Réseau canadien de biosurveillance aquatique et la surveillance des écosystèmes aquatiques en général. De plus, il pourrait encourager les jeunes à suivre une formation postsecondaire en environnement et à obtenir une accréditation. Une stratégie a également été établie pour intégrer le Réseau canadien de biosurveillance aquatique au programme collégial dans le Nord grâce à un partenariat avec le Collège Aurora.

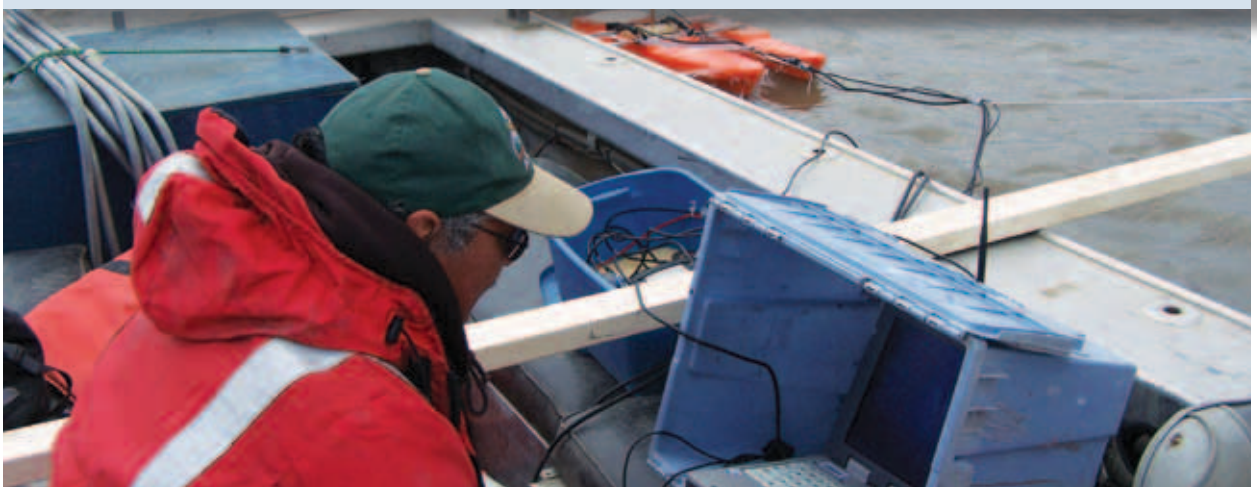


Photo : Dale Ross, Relevés hydrologiques du Canada, Environnement Canada

Un résident du Nord, formé et embauché pour participer au projet Écosystèmes d'eau douce en Arctique, utilise un profileur de courant à effet Doppler acoustique installé à un catamaran tractable dans le delta du Mackenzie en 2007. Cet appareil sert à déterminer la vitesse du courant du fleuve.

2.2 VARIABILITÉ ET CHANGEMENT DANS LA CRYOSPHÈRE CANADIENNE (CRYO)

Chercheuse principale : *Anne Walker, Environnement Canada, Direction générale des sciences et de la technologie, Direction des sciences et de la technologie atmosphériques, Division de la recherche climatique, Processus climatiques*

Cochercheurs d'Environnement Canada : *Chris Derksen, Tom Carrieres, Tom Agnew, Terry Prowse, Barrie Bonsal, Ross Brown, Xiaolan Wang, Bin Yu, Xuebin Zhang, Roger De Abreu, Paul Bartlett, Diana Verseghy, Ed Chan, Robert Crawford, Greg Flato et Murray MacKay*

Portée du projet

Les chercheurs participant au projet Variabilité et changement dans la cryosphère canadienne d'Environnement Canada ont entrepris de déterminer l'état actuel de la cryosphère canadienne (définie comme étant la neige, la glace de lac et de rivière, la glace de mer, le pergélisol et le gélisol, les glaciers et les calottes glaciaires), afin de savoir pourquoi et à quelle vitesse cette caractéristique dominante du paysage canadien change. Grâce à ces nouveaux renseignements, les scientifiques peuvent mieux représenter la cryosphère dans les modèles climatiques canadiens, ce qui permettra d'améliorer les prévisions relatives aux changements climatiques à venir.

Les équipes du projet étaient dirigées par 33 experts dans les domaines de la télédétection de la cryosphère, des analyses climatiques et de la modélisation climatique. Ces experts provenaient d'Environnement Canada, de Ressources naturelles Canada, d'universités canadiennes et du secteur privé. Les recherches comportaient l'analyse des données et des images satellites, ainsi que des enregistrements de données antérieurs, et des prises de mesures de grande envergure sur le terrain, incluant les premières prises de mesures systématiques des propriétés physiques et chimiques de la couverture de neige de la toundra et de la taïga de l'Amérique du Nord. Ayant commencé leurs travaux en avril 2007, les scientifiques d'Environnement Canada et les cochercheurs universitaires ont mené plusieurs études sur le terrain dans le Nord canadien, y compris dans les trois territoires et le Nord québécois. Ces relevés de terrain ont fourni des ensembles de données comportant des renseignements clés sur l'état de la cryosphère, apportant ainsi une importante contribution canadienne à la production d'un instantané du Nord pendant l'Année polaire internationale et servant de référence pour évaluer les changements à venir.

Les chercheurs ont également collaboré avec les collectivités nordiques à la surveillance cryosphérique en faisant appel au savoir traditionnel et en l'associant aux renseignements recueillis par télédétection.

1) Renseignements améliorés pour obtenir un instantané cryosphérique lors de l'Année polaire internationale

Afin de mieux surveiller les composantes de la cryosphère dans le Nord canadien, les chercheurs ont développé des méthodes satellitaires et pris des mesures aériennes et terrestres dans le but de créer une nouvelle base de données sur l'état actuel de la cryosphère.

Des aspects importants du travail ont été réalisés par des collaborateurs universitaires financés séparément qui ont examiné l'état des calottes glaciaires dans l'Arctique canadien et qui ont développé des méthodes permettant de dériver l'épaisseur des glaces de lac à partir des données satellites. Par exemple, en collaboration avec la Force opérationnelle interarmées (Nord) et les Rangers canadiens, Opération Nunalivut 2008 a produit de nouvelles mesures de référence sur la santé des plateformes de

glace du Canada en entreprenant la traversée de l'île d'Ellesmere, d'Eureka à Alert. Pendant l'étude, les chercheurs de l'Université d'Ottawa et de l'Université Trent ont observé l'importante fracturation de la plateforme de glace Ward Hunt.

Premières prises de mesures terrestres et aériennes complètes

Trois études majeures sur le terrain dans la toundra du bas Arctique ont produit des données micro-ondes passives aériennes à haute résolution de milliers de kilomètres, avec des mesures de profondeur de neige continues sur près de 100 km. Les chercheurs ont également enregistré plus de 200 mesures d'épaisseur de glace le long des lignes de vol des radiomètres à micro-ondes aéroportés. De telles mesures terrestres étendues et détaillées, associées avec les données aériennes de haute résolution, n'avaient jamais été enregistrées auparavant.

APERÇU DU PROJET

VARIABILITÉ ET CHANGEMENT DANS LA CRYOSPHÈRE CANADIENNE

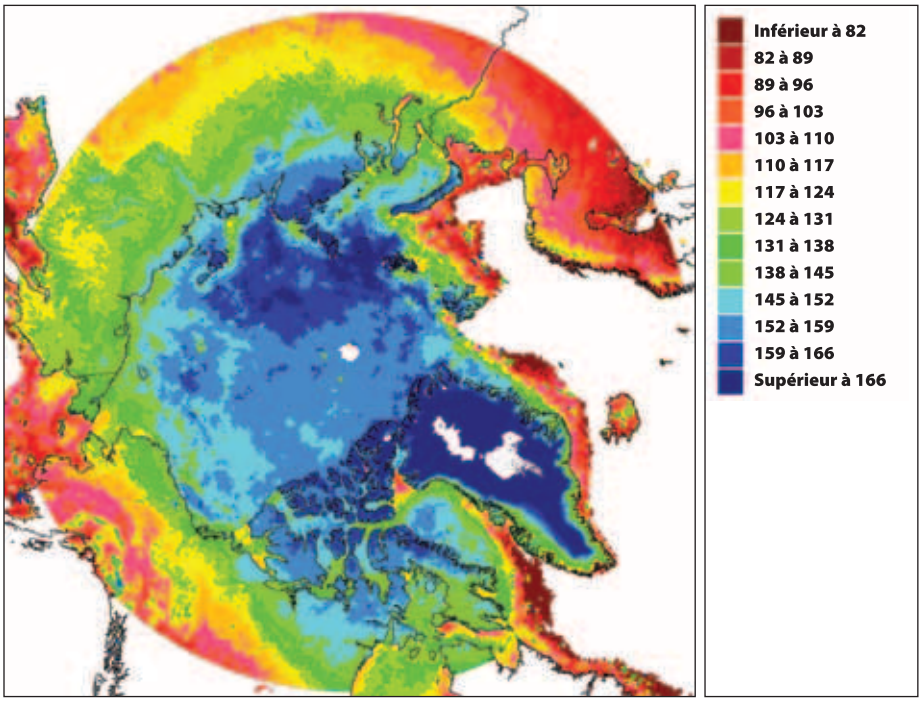
Saisir l'état actuel de la cryosphère : neige, glace de lac et de rivière, glace de mer, pergélisol et gélisol, glaciers et calottes glaciaires

1) Ensembles améliorées de données sur la cryosphère améliorés pour obtenir un instantané de la cryosphère lors de l'Année polaire internationale.
2) Variabilité climatique de la cryosphère : analyse de 50 années de données pour améliorer les prévisions relatives aux changements climatiques à venir.
3) Meilleure modélisation des processus cryosphériques grâce au schéma canadien de la surface terrestre (CLASS) pour perfectionner les éléments de la surface terrestre des modèles climatiques.
4) Simulations de la cryosphère à l'échelle planétaire et régionale.
5) Renseignements servant à une navigation plus sécuritaire : conception de produits cartographiques illustrant les conditions de la glace au Nunavik et au Nunavut, y compris la cartographie de la glace de rivière et de mer.

Photo : Christian Marcotte, Environnement Canada

Vue aérienne de l'île d'Ellesmere, 2005

De nouveaux enregistrements sur le début et la fin de la fonte des neiges en Arctique ont été également produits pour la période de 2000-2008. Ces données constituent d'importants indicateurs de la variabilité et des changements climatiques. Elles permettront de mieux comprendre la durée de la couverture de neige saisonnière sur toute la région de l'Arctique, autant sur les surfaces terrestres que marines (glace de mer). Les analyses des données satellites sur les dates de début et de fin ont montré une tendance nette de la fonte des neiges à débuter plus tôt dans la région de l'Arctique.



Carte : Libo Wang, Environnement Canada

Figure 4 Nouveaux produits satellites pour détecter le début de la fonte de la cryosphère terrestre de l'Arctique (terrestre et marine)

Légende : Date julienne de l'année du début de la fonte de neige.

Premières découvertes : nouvelles estimations quotidiennes à long terme de la couverture de neige

Les chercheurs du projet d'Environnement Canada et de Ressources naturelles Canada ont produit des cartes qui intègrent les seules estimations quotidiennes à long terme de la couverture de neige de l'hémisphère Nord. Ils sont maintenant capables de quantifier les changements à long terme survenant dans les dates de fonte de la neige. Ils ont également recueilli ce qui constitue peut-être les seuls ensembles d'observations existants sur les contrôles de l'albédo de la neige à une échelle permettant la comparaison avec des modèles climatiques de circulation planétaire.

2) Variabilité climatique de la cryosphère sur une période de plus de 50 ans

La recherche sur la variabilité climatique de la cryosphère vise à déterminer les influences naturelles et humaines sur le climat arctique à l'aide de la cueillette et de l'analyse de plusieurs ensembles de

données sur la neige, la glace de rivière, la glace de mer, les glaciers et les calottes glaciaires. Les chercheurs ont documenté la variabilité et les changements dans les variables cryosphériques depuis l'Année géophysique internationale de 1957, soit une période de plus de 50 ans. À l'aide de ces données, ils étudient les liens et les rétroactions des écosystèmes climatiques arctiques et les rôles des forçages naturels et anthropiques. Les résultats indiquent que les activités humaines influencent déjà le climat arctique avec des précipitations accrues et des réductions de la couverture de glace de mer. Les scientifiques utilisent actuellement les données pour améliorer les prévisions des changements climatiques à venir et favoriser l'établissement de stratégies d'adaptation.

3) Représentation des processus cryosphériques arctiques dans le schéma canadien de la surface terrestre (CLASS)

Le projet de schéma canadien de la surface terrestre (CLASS, de l'anglais Canadian Land Surface Scheme) est la composante de surface terrestre des modèles canadiens climatiques régionaux et planétaires. Les chercheurs ont évalué la capacité du schéma à simuler les processus cryosphériques à l'échelle locale et régionale et validé de nouveaux paramétrages de couverture de neige et de représentation de lacs d'échelle inférieure à la maille. Les modifications apportées au modèle vont permettre d'améliorer les simulations de la cryosphère.

Les chercheurs ont utilisé des mesures sur le terrain pour améliorer la représentation de l'interaction entre la neige et le couvert végétal dans le schéma numérique CLASS. En retour, les modèles ont fourni de l'information pour mieux interpréter et concevoir les mesures qui elles ont mené à l'élaboration de meilleurs algorithmes. Ceci permettra de fournir des bilans thermiques et hydriques plus réalistes lorsque le schéma CLASS sera utilisé dans un système couplé pour l'élaboration de scénarios de changements climatiques.

4) Simulations de la cryosphère à l'échelle planétaire et régionale

Les chercheurs ont étudié les interactions et les rétroactions climatiques de la cryosphère, ainsi que les capacités des modèles climatiques, en se servant de scénarios passés et futurs générés par le modèle canadien du climat du globe (MCCG3) et le modèle régional canadien du climat (MRCC) couplés au schéma CLASS. Les résultats fournissent de nouvelles perspectives sur les capacités et les incertitudes des simulations pour les latitudes élevées.

Points saillants

Les chercheurs d'Environnement Canada comprennent mieux maintenant certaines sources de variation et d'incertitude des prévisions sur la façon dont les températures et autres variables climatiques seront influencées par le réchauffement planétaire. Ce travail comporte des conséquences pratiques importantes, comme la réalisation de prévisions améliorées sur les changements climatiques à venir, qui peuvent contribuer au développement d'activités économiques et de stratégies d'adaptation pour les habitants du Nord.

5) Meilleure information pour les communautés locales

Navigation plus sécuritaire

Comme plusieurs Inuits dépendent des rivières gelées et de la glace de mer comme routes de transport pour leurs activités traditionnelles de chasse et de pêche, les conditions cryosphériques changeantes

constituent une menace majeure à leur mode de vie. Le projet sur la variabilité et le changement dans la cryosphère canadienne a permis de fournir des renseignements sur les conditions locales de la glace de rivière et de la glace de mer, qui peuvent par conséquent, aider les résidents à prévoir des routes de navigation sécuritaires.

Les chercheurs du projet ont utilisé des images radars satellites pour concevoir des produits cartographiques illustrant les conditions de la glace dans plusieurs collectivités du Nunavik et du Nunavut. En collaboration avec les résidents de ces collectivités, les chercheurs ont intégré le savoir et la terminologie traditionnels dans ces produits. Des ateliers offerts dans les collectivités nordiques ont permis de présenter les cartes et de former les résidents afin qu'ils puissent bien les interpréter et les utiliser.

Les cartes de glace de rivière créées par les chercheurs du Centre – Eau Terre Environnement de l'Institut national de la recherche scientifique (INRS-ÉTÉ, Université du Québec) ont été affichées sur le site Web de l'Administration régionale Kativik (http://climatechange.krg.ca/kuujjuaq.html). Les élèves de l'école secondaire locale de Kuujjuaq ont aidé à valider les cartes en prenant des photographies de la glace de rivière. Ils ont également participé à la traduction des cartes en inuktitut.

L'entreprise Noetix Research Inc., un partenaire du secteur privé du projet fournissant le Floe Edge Service, a commencé en 2007 à produire une cartographie de la glace de mer aux collectivités de Pangnirtung, de Cape Dorset et d'Igloolik. (Le « floe edge », ou limite de dislocation, est l'interface où la glace de mer flottante rencontre la banquise le long du littoral.)

FILER SUR LA NEIGE – SUR 4000 KILOMÈTRES

Pendant un mois, en 2007, les chercheurs américains et canadiens de l'Année polaire internationale ont étudié la nature de la cryosphère nordique, entreprenant une expédition marathon à travers le haut du continent. Chris Derksen et Arvids Silis de la Division de la recherche climatique d'Environnement Canada ont pris part au volet canadien de la randonnée : une piste de 4000 km à travers le paysage nordique.

L'expédition SnowSTAR a permis de recueillir les toutes premières mesures systématiques de la couverture de neige de la toundra et de la taïga de l'Amérique du Nord. Les chercheurs ont pris des milliers de mesures pour caractériser les propriétés physiques et chimiques de la couverture de neige, fournissant ainsi des données pour raffiner l'imagerie de la cryosphère par télédétection satellite.

Cette traversée a été la première étude sur le terrain menée dans le cadre du projet sur la variabilité et le changement dans la cryosphère canadienne. L'équipe américaine a quitté Fairbanks (Alaska) le 16 mars 2007, et les Canadiens l'ont rejointe au lac Daring (Territoires du Nord-Ouest) le 17 avril. Ensemble, ils ont couvert en 10 jours les 1083 km restants de la traversée. Ils sont arrivés au lac Baker (Nunavut) le 26 avril. Pendant toute la randonnée à motoneige, les chercheurs ont mis à jour quotidiennement le site Web SnowSTAR 2007 en ajoutant des textes, des photos et des enregistrements vocaux (par liaison montante de téléphone satellite). Cinquante écoles des États-Unis et du Canada ont participé à l'expédition par l'intermédiaire des mises à jour quotidiennes du site Web, suivant ainsi l'évolution de la traversée.

Entre le lac Daring (Territoires du Nord-Ouest) et le lac Baker (Nunavut), l'expédition s'est arrêtée sur 25 sites d'échantillonnage intensif, où les chercheurs ont mesuré la densité et la profondeur de la neige, ainsi que l'équivalent en eau de la neige (la quantité d'eau contenue dans la neige accumulée). Ils ont également analysé la stratigraphie (superposition des couches) de la neige et sa composition chimique, y compris la quantité de carbone noir (suies) et de mercure. Ces ensembles

de données ont servi à plusieurs projets canadiens et américains de l'Année polaire internationale. Les données sur la couverture de neige ont fourni de nouveaux renseignements sur la variabilité spatiale de la couverture de neige et ont permis aux scientifiques de valider les nouvelles mesures satellites de l'équivalent en eau de la neige recueillies par Environnement Canada.

À son arrivée au lac Baker, toute l'équipe a participé à une réunion de l'école primaire, rencontrant les classes de la sixième à la douzième année. Les gens de la communauté ont participé à une réunion dans la soirée du 27 avril.

Carte : Matthew Sturm, CRREL (The Cold Regions Research and Engineering Laboratory), New Hampshire

Figure 5 Carte du trajet d'une traversée de 4000 km en Arctique, de Fairbanks (Alaska) au lac Baker (Nunavut), entreprise en 2007 par deux scientifiques canadiens et cinq scientifiques américains

En tant que première étude sur le terrain du projet sur la cryosphère de l'Année polaire internationale, la traversée a recueilli les toutes premières mesures systématiques de la couverture de neige à travers la toundra et la taïga de l'Amérique du Nord.

2.3 TRANSPORT ATMOSPHÉRIQUE INTERCONTINENTAL DE POLLUANTS ANTHROPIQUES VERS L'ARCTIQUE (TAIPAA)

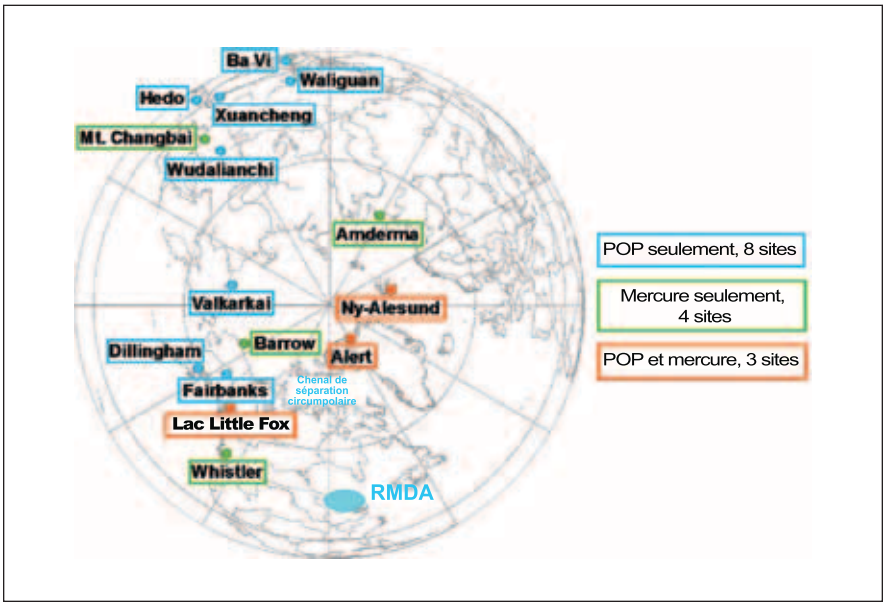
Chercheuse principale : *Hayley Hung, Environnement Canada, Direction générale des sciences et de la technologie, Direction des sciences et de la technologie atmosphériques, Direction de la recherche sur la qualité de l'air, Recherche sur les processus*

Cochercheurs d'Environnement Canada : *Yi-Fan Li, Alexandra Steffen, Jianmin Ma, Ashu Dastoor, Tom Harner et Ed Sverko*

Portée du projet

Le projet Transport atmosphérique intercontinental de polluants anthropiques vers l'Arctique (TAIPAA) a permis de mesurer les substances chimiques toxiques produites par l'activité humaine, transportées dans l'air vers l'Arctique, déposées sur la surface terrestre et nuisant potentiellement à la santé des humains et de la faune.

Dans le cadre de ce projet, un réseau international de chercheurs a suivi les déplacements du mercure et des polluants organiques persistants (POP) à partir de sources éloignées de l'Arctique. Ils ont ensuite analysé la façon dont les processus climatiques influent sur la présence du mercure et de ces polluants. Les chercheurs du projet ont élargi la portée de leurs systèmes de surveillance et l'ont raffinée. Ils ont collaboré avec des chercheurs se trouvant sur tout le littoral du Pacifique pour effectuer simultanément des échantillonnages de ces polluants dans l'air de l'Arctique canadien, américain et russe, ainsi que dans certaines régions sources potentielles de l'Asie (voir la figure 6).



Carte : Yushan Su, Environnement Canada

Figure 6 Carte des emplacements des stations de surveillance liées au TAIPAA où les contaminants atmosphériques sont mesurés

Même si la recherche liée au projet TAIPAA a commencé il y a environ 17 ans, dans le cadre du Programme de lutte contre les contaminants dans le Nord (PLCN) du Canada dirigé par Affaires indiennes et du Nord Canada, aucune mesure du mercure atmosphérique n'avait encore été prise : seules des mesures limitées de polluants organiques persistants avaient été prises dans l'ouest de l'Arctique canadien. De plus, des données éparses sur les concentrations atmosphériques de mercure et de polluants organiques persistants avaient été recueillies dans la région de l'Asie et du Pacifique. En raison de cette lacune dans l'information, il était difficile de juger les répercussions du transport provenant de cette région sur la contamination de l'Arctique occidental.

Le financement offert dans le cadre de l'Année polaire internationale a permis de raffiner et d'élargir le réseau du projet TAIPAA de façon à intégrer de nouvelles données sur les contaminants de l'Arctique occidental canadien. Ces renseignements vont permettre de déterminer la façon dont le mercure et les polluants organiques persistants peuvent influer sur les écosystèmes arctiques et la santé des habitants du Nord.

APERÇU DU PROJET

TAIPAA

Un réseau international de chercheurs suivant les déplacements du mercure et des polluants organiques persistants (POP) provenant de sources éloignées vers l'Arctique

1) Raffinement et étendue de la cueillette de données sur les contaminants.
2) Modélisation des déplacements des polluants : détermination de la prévalence de ces polluants dans l'Arctique et de leur influence sur le climat.
3) Production de renseignements qui permettront de déterminer la façon dont ces substances chimiques peuvent influer sur les écosystèmes de l'Arctique et sur la santé des habitants du Nord : communication de l'information aux collectivités nordiques, aux conseillers scientifiques et au public.

Photo : © Photos.com, 2010

1) Raffinement et étendue de la cueillette de données

Détermination de la provenance des polluants

Le mercure et les polluants organiques persistants (comme les biphényles polychlorés, certains pesticides et les produits de combustion) sont des substances chimiques toxiques qui persistent dans l'environnement. Ils peuvent être transportés de leurs sources d'émission sur des distances intercontinentales, voyageant dans l'air ou dans l'eau. L'atmosphère constitue le chemin principal et le plus rapide pour transporter les polluants vers l'Arctique.

En mesurant les concentrations de polluants organiques persistants et de mercure dans l'air, les chercheurs peuvent déterminer la quantité transportée de sources hors de l'Arctique vers cette région. Dans des environnements froids comme celui de l'Arctique canadien, ces substances chimiques peuvent être déposées sur la surface terrestre et s'accumuler dans l'organisme des animaux sauvages. Les habitants du Nord peuvent par conséquent accumuler ces contaminants à des concentrations pouvant mettre leur santé en danger.

Connaître la provenance de ces polluants et la façon précise dont ils voyagent sont donc essentiels. Les chercheurs du projet TAIPAA collaborent à l'échelle internationale dans les régions de l'Arctique canadien, russe et américain afin de mesurer les concentrations de mercure et de polluants organiques persistants. Ces mesures sont prises pendant la même période de temps par des chercheurs se trouvant de l'autre côté du Pacifique, dans les environs des régions de sources possibles. Les résultats, actuellement en analyse, nous permettront de savoir d'où proviennent ces substances chimiques, la contribution relative de chacune des régions et les conditions climatiques qui influent sur leurs déplacements vers l'Arctique. Cette connaissance est à la base du travail du gouvernement canadien avec d'autres pays (c'est-à-dire ceux ayant signé la Convention de Stockholm sur les polluants organiques persistants) pour limiter la production, l'utilisation et les émissions des polluants organiques persistants et du mercure, et pour réduire par conséquent l'introduction de ces polluants dans l'Arctique canadien.

Établir de meilleurs réseaux

Le réseau d'échantillonnage de polluants organiques persistants et de mercure dans l'air du projet TAIPAA tire profit des stations de surveillance déjà établies dans le cadre du Programme de lutte contre les contaminants dans le Nord (PLCN) du Canada, du Programme de surveillance et d'évaluation de l'Arctique (PSEA), de l'étude d'échantillonnage passif atmosphérique mondial (GAPS) et du Réseau de mesure des dépôts atmosphériques (RMDA). Dans certaines régions, la surveillance des polluants organiques persistants et du mercure dans l'air se fait depuis des décennies. Les stations d'Alert (Nunavut) et de Ny-Ålesund (Norvège) effectuent de la surveillance depuis les années 1990 dans le cadre du Programme de lutte contre les contaminants dans le Nord et du Programme de surveillance et d'évaluation de l'Arctique.

Dans le cadre de l'Année polaire internationale, le Canada a commencé sa prise de mesures des polluants organiques persistants et du mercure au lac Little Fox (Yukon). De nouvelles stations en Russie, en Alaska, en Chine et au Vietnam ont joint le réseau. Les prises de mesure vont continuer jusqu'au printemps 2010. Pendant l'Année polaire internationale, le projet TAIPAA profite également des activités d'échantillonnage de polluants de l'air d'autres projets. Ces projets comprennent l'Étude sur le chenal de séparation circumpolaire (voir la section 4.1), l'étude OASIS qui porte sur les interactions de l'océan, de l'atmosphère, de la glace de mer et de la neige dans les régions polaires (voir la section 2.4) et le projet international sur les contaminants en régions polaires (COPOL) de l'Année polaire internationale.

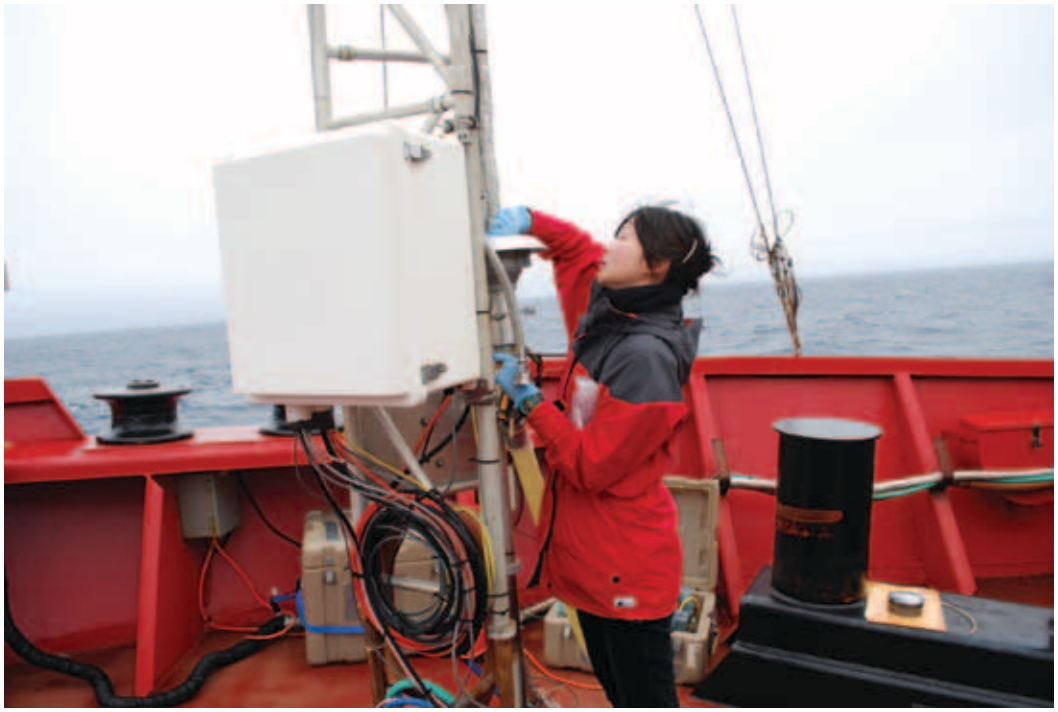


Photo : Vincent Ho, 2008

Hayley Hung, chercheuse principale du projet TAIPAA, prend des échantillons d'air à bord du brise-glace de recherche canadien, le *NGCC Amundsen*.

Les chercheurs ont tenu un premier atelier du projet TAIPAA à Toronto à l'automne 2008 pour partager leurs premiers résultats, discuter des défis et établir des échéanciers. Afin de valider les données produites par le projet, 25 laboratoires de divers pays ont comparé les résultats analytiques de polluants organiques persistants dans une étude d'assurance de la qualité. Il s'agit de la première étude de la sorte à l'échelle internationale sur les analyses des traces organiques dans l'atmosphère. Les résultats ont généralement démontré une bonne comparabilité à l'intérieur d'un facteur de deux et que cette variabilité dépendait de substances chimiques particulières.

Premiers résultats

Les chercheurs analysent actuellement les données sur les polluants organiques persistants et le mercure recueillies au cours de l'Année polaire internationale, car un ensemble de données complet est nécessaire pour comprendre entièrement les objectifs établis par le projet TAIPAA. Les premières mesures des concentrations de biphényles polychlorés dans l'air, prises au lac Little Fox en 2007, ont montré que les formes des congénères de biphényles polychlorés changent quotidiennement, indiquant ainsi une modification des sources de pollution.

2) Modélisation du transport atmosphérique

Les régions d'où proviennent le mercure et les polluants organiques persistants ont changé pendant les dix ou vingt dernières années. Par exemple, dans les années 1980, les émissions de mercure provenaient en grande partie de l'Europe et de l'Union soviétique. Aujourd'hui, la source principale de mercure est l'Asie. Compte tenu des changements environnementaux en Arctique, tout comme ceux des régions sources de polluants de l'Arctique, il est important de comprendre la façon dont les polluants arrivent en Arctique et dont leurs comportements seront influés par les changements climatiques. Les chercheurs du projet TAIPAA travaillent avec des modèles informatisés qui simulent les déplacements des polluants dans l'Arctique. En intégrant dans les modèles de transport atmosphérique planétaire les données obtenues à partir du sol sur les concentrations dans l'air des polluants organiques persistants et du mercure, ils essaient d'évaluer les répercussions possibles des changements climatiques sur le transport des polluants vers la région arctique.

Modélisation du transport des polluants organiques persistants

Les chercheurs du projet mettent actuellement à jour les deux modèles de transport atmosphérique planétaire des polluants organiques persistants : le modèle canadien du transport dans l'environnement de pesticides organochlorés (CanMETOP) et le modèle de diagnostic et d'évaluation environnementaux de multiples milieux (MEDIA). Ces mises à jour visent à :

- quantifier les répercussions du transport atmosphérique intercontinental sur les polluants organiques persistants;
- réaliser une étude théorique et de modélisation sur la distillation et le transport planétaires des polluants organiques persistants;
- améliorer les algorithmes et le paramétrage de la modélisation.

Modélisation du transport de mercure

La modélisation du transport de mercure à l'aide du modèle régional et planétaire des métaux lourds atmosphériques (GRAHM) comprend plusieurs éléments du programme TAIPAA, comme :

- La détermination des sources de mercure atteignant l'Arctique :
  - L'Asie contribue à l'émission de 29 à 37 % du mercure atmosphérique et déposé.
  - Les émissions asiatiques produisent plus d'épisodes de transport à grande distance que celles des autres régions sources.
  - L'Amérique du Nord, la Russie et l'Europe contribuent chacune à l'émission de 5 à 10 % du mercure atmosphérique de l'Arctique.
  - L'Amérique du Nord constitue une source importante de mercure déposé seulement au sud du Yukon.
  - Des enquêtes sur des épisodes de transport à grande distance au lac Little Fox et dans d'autres endroits sont en cours.
- La création de nouveaux paramétrages de dépôts et de réémissions de mercure élémentaire gazeux en hautes latitudes :
  - Les chercheurs ont comparé les flux de mercure prévus par le modèle et ceux du mercure élémentaire gazeux observé, ainsi que les paramètres météorologiques à Ny-Ålesund (Norvège). Ils ont découvert que les dépôts et les émissions de mercure élémentaire gazeux correspondent respectivement plus étroitement aux dépôts de mercure modélisés et à la force des vents. À l'issue de cette analyse, un nouveau paramétrage a été intégré au modèle GRAHM.

  - Les processus influant sur le comportement du mercure dans les accumulations de neige font présentement l'objet de recherches.
- L'évaluation des répercussions des changements climatiques sur le transport à grande distance du mercure vers l'Arctique (travaux à venir) :
  - Intégrer des scénarios météorologiques prévus par les modèles climatiques dans le modèle GRAHM.
  - Évaluer comment les possibles changements à venir de concentrations des autres substances chimiques atmosphériques influeront sur le comportement du mercure atmosphérique.

Phénomènes de la disparition de mercure atmosphérique à Alert : effets des changements climatiques

L'ensemble complet de données recueillies dans le cadre du projet TAIPAA sera bientôt disponible pour la modélisation et les analyses finales. Les chercheurs ont également analysé un ensemble de données à long terme sur le mercure atmosphérique d'Alert, expressément pour évaluer les répercussions des changements climatiques sur les dépôts de mercure dans cette région, selon des données recueillies entre 1995 et 2007. Les résultats ont montré que la distribution chronologique des phénomènes de disparition de mercure atmosphérique à Alert a changé au cours de cette période. Les phénomènes localisés de disparition de mercure atmosphérique ont également montré une relation complexe avec la température locale et la direction des vents. Les processus physiques et chimiques touchés sont analysés plus en détail dans le cadre du projet OASIS-CANADA de l'Année polaire internationale (voir la section 2.4 ci-dessous). Les données fournissent une base pour l'analyse plus poussée de la façon dont les changements climatiques peuvent influer sur les dépôts de mercure dans l'environnement arctique. Cette recherche peut également fournir d'autres réponses sur le mécanisme et l'emplacement des phénomènes de disparition de mercure.

3) Information pour les habitants et les jeunes du Nord

Le projet TAIPAA a offert des séances d'information aux collectivités nordiques, aux conseillers scientifiques et au public. Afin de rendre l'information et la recherche scientifiques sur les contaminants accessibles et pertinentes pour les collectivités nordiques, l'équipe du projet, en collaboration avec le Conseil des Premières nations du Yukon, a préparé un scénario en images relatif au projet TAIPAA et au Programme de lutte contre les contaminants dans le Nord de l'Année polaire internationale, une présentation PowerPoint, un dépliant, une affiche et un cahier à colorier. Ces produits ont été présentés à des expo-sciences, à des réunions des peuples autochtones, à des camps scientifiques et à plusieurs assemblées générales des Premières nations.

Le projet TAIPAA a également été mis en vedette dans le cadre d'une exposition créée par des jeunes, intitulée *On Thin Ice : Youth Respond to International Polar Year*, au Centre des sciences de l'Ontario, à Toronto, de l'automne 2008 au printemps 2009.

INNOVATION

PASSIVE, MAIS ASTUCIEUSE : UTILISATION DE NOUVEAUX APPAREILS D'ÉCHANTILLONNAGE DE L'AIR

Le projet TAIPAA visait à recueillir des échantillons d'air dans des endroits isolés de l'arctique occidental, mais il y avait un problème. Les appareils d'échantillonnage classiques nécessitent une alimentation électrique pour faire fonctionner une pompe qui force l'air à passer dans une cartouche recueillant les substances chimiques surveillées. Le besoin en électricité et la fréquence des entretiens de ces appareils constituaient un net désavantage pour les installer dans des endroits isolés.

Les échantillonneurs de type « passif » à circulation directe nouvellement conçus ont fourni la réponse. Ces appareils fournissent des taux d'échantillonnage grandement accrus en forçant le vent à souffler à travers le médium d'échantillonnage, qui consiste en une série de médaillons de mousse de polyuréthane. Aucune alimentation életrique n'est nécessaire pour faire fonctionner l'échantillonneur. Les pales intégrées au corps de l'échantillonneur permettent de l'orienter dans le vent, afin que ce dernier fasse tout le travail. De petits enregistreurs de données fonctionnant à piles enregistrent ensuite l'information de l'air ayant circulé dans l'appareil. Cette information peut ensuite être récupérée.

Les chercheurs de l'Université de Toronto ont aidé Environnement Canada à concevoir les nouveaux échantillonneurs grâce au financement du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada et au Programme de lutte contre les contaminants dans le Nord. Grâce au financement de l'Année polaire internationale et du Programme de lutte contre les contaminants dans le Nord, deux échantillonneurs ont été installés dans l'Arctique.

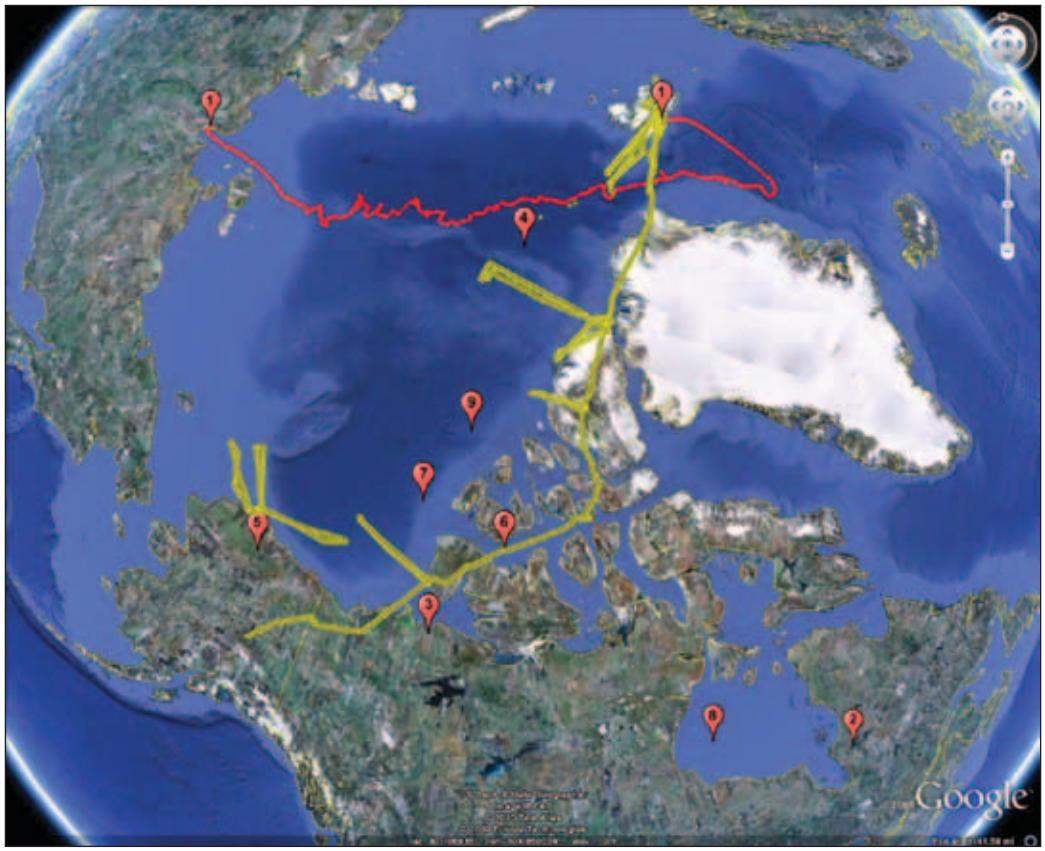
Photo : Hang Xiao

Échantillonneur à circulation directe de l'air au lac Little Fox (Yukon), 2009.

2.4 OASIS-CANADA : COMPRENDRE LA DISPARITION DE L'OZONE ET DU MERCURE DANS L'AIR AU-DESSUS DE L'OCÉAN ARCTIQUE

Chercheur principal : *Jan Bottenheim, Environnement Canada, Direction générale des sciences et de la technologie, Direction des sciences et de la technologie atmosphériques, Direction de la recherche sur la qualité de l'air, Recherche en mesure et analyse*

Cochercheurs d'Environnement Canada : *Alexandra Steffen, Ralf Staebler et Stoyka Netcheva*



Carte : Jan Bottenheim, Environnement Canada

Légende

1. Suivi de la dérive du Tara (de septembre 2006 à janvier 2008)
2. COBRA, à Kuujjuarapik et Whapmagoostui (février et mars 2008)
3. Étude sur le chenal de séparation circumpolaire (*NGCC Amundsen*, de février à avril 2008)
4. ASCOS (brise-glace suédois Oden, août 2008)
5. Barrow-09 (de février à avril 2009)
6. Suivi de Polar-5 (avril 2009)
7. O-bouée-1 (bouées déployées depuis octobre 2009)
8. O-bouée-3 (O-bouée-1 du Canada, baie d'Hudson, bouées déployées en février 2010)
9. O-bouée-4 (O-bouée-2 du Canada, océan Arctique, bouées déployées en mars 2010)

Figure 7 Carte des emplacements du projet OASIS-CANADA

Portée du projet

Chaque année, lorsque le soleil se lève sur le printemps arctique, l'ozone (un puissant gaz à effet de serre) et le mercure (une substance chimique toxique) disparaissent de l'air près du sol le long de la côte de l'océan gelé. Les scientifiques pensent que ce phénomène est causé par l'interaction de la lumière du soleil, de la neige et de la glace en présence de basses températures au-dessus de la glace de mer.

Dans le cadre du projet OASIS-CANADA, les chercheurs d'Environnement Canada étudient la disparition de ces substances chimiques. L'information recueillie permet aux scientifiques de mieux comprendre le cycle du mercure et de l'ozone en Arctique. Ultimement, les chercheurs d'OASIS-CANADA souhaitent déterminer si le mercure disparu aboutit dans la chaîne alimentaire arctique, et la façon dont les récents changements climatiques peuvent influer sur la disparition du mercure et de l'ozone pendant le printemps arctique. Qu'arrivera-t-il à l'ozone et au mercure avec les pertes plus importantes de glace de mer en raison du réchauffement planétaire? Et compte tenu du problème connu du transport sur de grandes distances de divers polluants vers l'Arctique, qu'arrivera-t-il aux taux de pollution atmosphérique s'il y a moins d'ozone dans l'air?

Les recherches précédentes sur ce sujet étaient restreintes aux études menées le long de la côte. La recherche d'OASIS-CANADA a intégré la cueillette de données sur des aires étendues de glace de mer. L'équipe a travaillé à partir de camps de recherche, a navigué le long de la mer de Beaufort sur le brise-glace de recherche canadien *NGCC Amundsen* et a pris des mesures à partir d'un voilier français, le *Tara*, qui a parcouru presque tout l'océan Arctique. Les scientifiques ont également utilisé des bouées spéciales de surveillance de l'océan, laissées sur les glaces de la mer de Beaufort et de la baie d'Hudson pour qu'elles errent et recueillent des données. Leur but était de profiter de toutes les occasions pour augmenter la quantité de renseignements sur les substances chimiques visées. Non seulement le projet lui-même en a profité, mais également d'autres projets qui y sont associés (voir l'Étude sur le chenal de séparation circumpolaire, section 4.1).

Les chercheurs travaillant sur des sites de grande étendue ont recueilli des échantillons de l'air et une multitude d'autres données, y compris des échantillons de neige et des renseignements météorologiques. Grâce à ces données, ils ont obtenu la mesure de la composition de l'air à ces endroits, ainsi qu'une information de base complète pouvant être utile pour surveiller les changements à venir.

APERÇU DU PROJET

OASIS-CANADA

Étudier la disparition printanière du mercure et de l'ozone dans la basse atmosphère de l'Arctique

1) Étendre la surveillance grâce au laboratoire mobile OOTI (de l'anglais Out-On-The-Ice, qui signifie « sur la glace ») : le nouveau traîneau OOTI, qui peut être remorqué partout où se rend une motoneige, permet de mesurer l'ozone, le mercure, le dioxyde de carbone, l'oxyde de brome et les conditions météorologiques.
2) Utiliser des instruments fonctionnant à l'énergie solaire : en utilisant des bouées d'océan « O-bouée », les chercheurs peuvent surveiller tout au long de l'année les concentrations d'ozone, de dioxyde de carbone et d'autres substances chimiques au-dessus de l'eau.

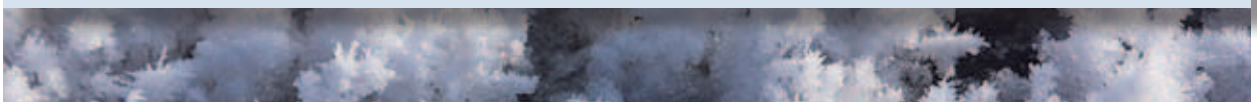


Photo : Carlye Calvin © UCAR

Des fleurs de glace se forment sur la glace sur la mer de Beaufort à Barrow (Alaska), 2009.

1) Extension de la surveillance grâce à un équipement à la fine pointe de la technologie : le laboratoire mobile OOTI (de l'anglais Out-On-The-Ice, qui signifie « sur la glace »)

Les chercheurs d'OASIS-CANADA ont utilisé un nouvel instrument à la fine pointe de la technologie pour étendre la portée de leur surveillance et étudier la chimie atmosphérique arctique dans des endroits auparavant inaccessibles. Leurs données apportent davantage de précision sur la disparition épisodique de l'ozone et du mercure gazeux dans la basse atmosphère pendant le printemps arctique : un des plus grands mystères planétaires de la recherche sur la chimie atmosphérique.

OOTI est un traîneau que les chercheurs munissent d'instruments mesurant les flux de substances chimiques entre l'air, la neige et la glace. Le traîneau OOTI, dont la conception a nécessité environ cinq années de travail, est un laboratoire mobile autonome fonctionnant avec une batterie. Il mesure l'ozone, le mercure, le dioxyde de carbone, l'oxyde de brome et les conditions météorologiques. Il peut être remorqué partout où se rend une motoneige.

Le traîneau OOTI s'installe sur la glace et permet de recueillir et d'analyser sur place les échantillons. Les chercheurs déplacent le traîneau d'un site à l'autre, près de l'eau libre, là où il peut surveiller les conditions pendant un ou plusieurs jours. Les chercheurs ont apporté le traîneau OOTI lors de plusieurs études sur le terrain, y compris dans la baie d'Hudson glacée, sur les côtes de l'Alaska dans l'océan Arctique et à bord du brise-glace *Amundsen*, qui a navigué au sud de l'île Banks (voir la section 4.1).

Photo : Ralf Staebler, Environnement Canada

Le laboratoire mobile OOTI équipé d'instruments pour mesurer les flux de substances chimiques entre l'atmosphère et la surface terrestre. Il se trouve sur l'océan gelé au sud de l'île Banks, 2008.

Surveillance du mercure

Les chercheurs analysent présentement les données recueillies à l'aide du traîneau OOTI pour repérer les tendances du cycle du mercure et en tirer des conclusions, dans le but de comprendre davantage le phénomène de la disparition du mercure. Ce dernier est un contaminant majeur préoccupant pour la faune arctique et les résidents du Nord. L'atmosphère est connue pour constituer un important vecteur du transport du mercure sur de longues distances. Il est prouvé que le mercure est transporté par l'atmosphère vers l'Arctique à partir de régions aussi éloignées que l'Asie (voir le projet TAIPAA, section 2.3). Cependant, une grande incertitude demeure relativement au cycle du mercure et à ce qu'il en advient une fois qu'il se trouve dans l'environnement arctique.

Photo : Carlye Calvin © UCAR

Alexandra Steffen, chercheuse d'Environnement Canada, utilise un instrument d'échantillonnage pour mesurer les concentrations atmosphériques de mercure dans un champ de fleurs de glace au large des côtes de la mer de Beaufort, depuis Barrow (Alaska), mars 2009.

Points saillants

En utilisant le laboratoire OOTI lors des expéditions sur le terrain à bord de l'*Amundsen* et d'autres bateaux, les chercheurs d'OASIS-CANADA ont recueilli des données sur le mercure sur une grande aire des mers de l'Arctique. Ce travail a culminé dans un énorme effort conjugué de recherche atmosphérique pour l'Année polaire internationale, effort effectué avec des scientifiques américains à Barrow (Alaska) en 2009. Là, les chercheurs ont employé un équipement d'échantillonnage atmosphérique sophistiqué jamais utilisé auparavant sur la glace de mer de l'Arctique. Collaborant étroitement avec les Inupiats, les scientifiques d'Environnement Canada ont surmonté d'importants problèmes de logistique pour déplacer leur équipement sur des terrains glacés difficiles (voir l'encadré ci-dessous).

Déjà, ils ont prouvé que, grâce à la collaboration de l'Année polaire internationale, de ses mises au point et de son financement, il est possible d'entreprendre, comme jamais auparavant, de la recherche et de la surveillance sophistiquées dans un des environnements les plus hostiles de la Terre.

TRAVAILLER AVEC LES COLLECTIVITÉS NORDIQUES

EXPERTISE LOCALE IRREMPLAÇABLE

L'aspect pratique de la recherche en Arctique témoigne de l'importance du savoir-faire local. Cette réalité s'est imposée à Alexandra Steffen, du projet OASIS-CANADA, lorsqu'elle a entrepris sa recherche à Barrow (Alaska). Elle doit se fier à des instruments hautement sophistiqués pour fournir des mesures précises et détaillées de mercure et d'autres composants de l'atmosphère, mais leur utilisation est très limitée dans l'environnement arctique. Par exemple, un de ses appareils de mesure est l'analyseur à vapeur de mercure Tekran™. En tout, il pèse environ 180 kg et nécessite environ quatre kilowatts d'électricité. Comme plusieurs de ses composantes sont en verre, l'appareil est également assez délicat : l'installer constitue à lui seul tout un défi. À Barrow, le défi semblait presque insurmontable.

Mais les Inupiats de Barrow possèdent « un nombre incroyable d'habiletés », selon madame Steffen. Leur connaissance de l'environnement local leur a permis de guider les opérations de recherche quotidiennes et de surmonter les défis logistiques. Le soutien de la communauté a également permis au projet de se dérouler correctement, de la coupe des trous dans la glace épaisse de plusieurs mètres pour prendre des échantillons d'eau au maintien du fonctionnement des génératrices, aux fournitures de convoyage et au tracé d'un sentier à travers des blocs de glace de 10 m de haut. Les chasseurs inupiats ont aussi protégé les sites de recherche contre les ours blancs. Curieux, un ours blanc a même léché les lentilles d'un des instruments optiques d'un collègue de Alexandra Steffen! « Essayer de nettoyer de la bave d'ours dans le froid rend la vie difficile », affirme madame Steffen.

L'important partenariat entre les chercheurs et la communauté a continué pendant toute la durée du projet à Barrow. En dépit de leurs propres années d'expérience en recherche nordique, les chercheurs ont découvert que le profond savoir local acquis par les Inupiats au fil du temps était irremplaçable.

Photo : Ralf Staebler, Environnement Canada

Des résidents de la collectivité et des scientifiques dégagent le sentier au large des côtes à partir de Barrow (Alaska).

2) O-bouées : instruments alimentés par l'énergie solaire

Les chercheurs du projet OASIS-CANADA ont conçu et construit des bouées d'océan contenant des instruments alimentés par l'énergie solaire pour mesurer tout au long de l'année les concentrations en ozone, en dioxyde de carbone et autres substances chimiques. Ils ont lancé une bouée dans la mer de Beaufort qui recueille des échantillons d'air en voyageant au gré de la glace de mer et des courants marins aussi longtemps qu'elle survit aux conditions difficiles. Les données sont récupérées par satellite et sont transmises aux laboratoires pour analyses.

BOUÉES ÉLECTRONIQUES DE SURVEILLANCE : SENTINELLES FIABLES DANS UN ENVIRONNEMENT HOSTILE

En collaboration avec des collègues de l'Université Purdue, de l'Université de l'Alaska et de l'U.S. Army Corps of Engineers, les scientifiques d'Environnement Canada ont conçu une plateforme flottante pour étudier la météo arctique. La première « O-bouée » a été utilisée sur la mer de Beaufort dans le but de comprendre davantage la chimie atmosphérique de cette région isolée du monde.

Les mesures sur le sol et les études à bord de navire ne peuvent pas fournir une image complète des processus chimiques atmosphériques survenant au-dessus de l'océan Arctique. Ceci est particulièrement vrai dans des régions plus reculées et pendant les mois de noirceur. Les scientifiques ont pensé qu'un système automatisé de bouées pouvait fournir des mesures atmosphériques et météorologiques inestimables. De telles bouées peuvent être utilisées tout au long de l'année pour rapporter régulièrement les mécanismes chimiques et les voies de transport, permettant ainsi de comprendre davantage la chimie atmosphérique unique de l'Arctique. Conçue grâce au financement de l'Année polaire internationale, l'O-bouée répond aux souhaits des scientifiques.

L'O-bouée, entièrement automatisée, peut se déplacer avec la glace et les courants marins pendant un an, prenant des mesures de l'ozone, du monoxyde de brome, du dioxyde de carbone et des variables météorologiques de la glace de mer arctique. Grâce à ces mesures, les scientifiques peuvent interpréter un ensemble d'interactions entre l'océan, l'atmosphère, la glace de mer et la neige accumulée. La première O-bouée a été testée près de Barrow (Alaska), de février à mai 2009. Elle est maintenant utilisée sur de la glace de mer pluriannuelle dans la mer de Beaufort.

La bouée peut fonctionner dans des conditions difficiles de l'Arctique avec une aide humaine minimale. Elle est munie de batteries et de panneaux solaires qui peuvent lui fournir toute l'énergie dont elle a besoin pendant l'été. Ces panneaux solaires servent également à recharger les batteries. Ses composantes électroniques permettent de transmettre quotidiennement des données par satellite aux laboratoires éloignés. Un entretien annuel devrait suffire, selon les concepteurs du système. Une exigence clé de l'O-bouée était que ses instruments devaient fonctionner à une température contrôlée, mais à un coût énergétique minimal, car son fonctionnement hivernal devait être alimenté par batteries. Les concepteurs ont fixé les trois principaux instruments sur la partie inférieure de l'O-bouée pour qu'ils soient sous la glace et qu'ils maintiennent une température presque constante d'environ - 1,5 °C.

La première O-bouée construite grâce aux fonds canadiens a été utilisée dans la baie d'Hudson à partir de Churchill (Manitoba) en février 2010. Une deuxième a été lancée au printemps 2010 dans l'océan Arctique près de l'île Borden, en même temps que se déroulait une mission de cartographie du plancher océanique à l'appui d'une revendication du Canada en vertu de la Convention des Nations Unies sur le droit de la mer.

En tant que part importante de l'héritage de l'Année polaire internationale, les O-bouées peuvent grandement étendre nos ressources de surveillance météorologique dans l'Arctique. Continuer l'analyse du projet OASIS-CANADA sur la disparition de l'ozone et du mercure atmosphériques au dessus de l'océan Arctique gelé a l'aide des O-bouées constituera seulement une des tâches que les O-bouées entreprendront dans les années à venir pour que nous comprenions mieux les changements survenant dans l'environnement arctique.

2.5 PROJECTIONS MÉTÉOROLOGIQUES ET ENVIRONNEMENTALES DANS L'ARCTIQUE (TAWEPI) DE LA RECHERCHE SUR LES SYSTÈMES D'OBSERVATION ET EXPÉRIENCE DE PROJECTIONS (THORPEX)

Chercheur principal : *Ayrton Zadra, Environnement Canada, Direction générale des sciences et de la technologie, Division de la recherche en météorologie, Recherche en prévision numérique atmosphérique*

Cochercheurs d'Environnement Canada : *Greg Flato, Jocelyn Mailhot, Paul Vaillancourt, Louis Garand, Pierre Pellerin, Stéphane Bélair, Saroja Polavarapu et Mark Buehner*

Portée du projet

L'habileté d'Environnement Canada à prévoir la météo constitue une des réussites technologiques notables du dernier siècle. Les moyens modernes de prévisions météorologiques et environnementales ont permis de sauvegarder notre bien-être social et économique et, personne n'en doute, de sauver plusieurs vies. Cependant, avec de petites populations concentrées dans des communautés éloignées, les prévisions météorologiques pour le Nord canadien n'ont pas fait l'objet d'autant d'études que celles des régions plus peuplées au sud du pays.

Les préoccupations au sujet des changements climatiques amplifiés dans les hautes latitudes, jumelées à l'accroissement de l'activité économique dans l'Arctique, ont attiré l'attention sur le problème. Les résidents du Nord, dont plusieurs ont fait longtemps appel à un savoir traditionnel pour comprendre la météo, sont également concernés, car, comme ils voient maintenant des changements météorologiques inhabituels, cela leur devient plus difficile de comprendre les variations environnementales quotidiennes et saisonnières.

Afin d'améliorer les prévisions météorologiques de l'Arctique, les spécialistes des prévisions météorologiques d'Environnement Canada doivent mieux comprendre la météo et les processus climatiques nordiques. Grâce au projet Projections météorologiques et environnementales dans l'Arctique (TAWEPI), l'Année polaire internationale a fourni le contexte international pour mener une étude canadienne afin d'améliorer les ressources de prévisions météorologiques et environnementales pour l'Arctique.

Cette recherche sur les systèmes d'observation et expérience de projections (THORPEX) consiste en un programme de recherche et de développement international créé pour relever les défis météorologiques du XXIe siècle. Elle vise à accélérer la réalisation des améliorations apportées à la précision des prévisions météorologiques à grand impact portant sur un à quatorze jours.

L'objectif premier du projet Projections météorologiques et environnementales dans l'Arctique était de concevoir et de valider un modèle régional de prévision météorologique numérique (PMN) de l'Arctique au cours de l'Année polaire internationale. Le modèle expérimental, appelé GEM-polaire, est basé sur le modèle GEM régional d'Environnement Canada utilisé pour les prévisions météorologiques sur un ou deux jours. Les chercheurs du projet ont également mené des recherches de modélisation et des études d'assimilation de données dans le but d'améliorer les moyens de prévisions météorologiques et environnementales dans les régions polaires et de mieux comprendre l'Arctique et ses influences sur la situation météorologique planétaire.

Le projet a demandé la participation de plusieurs divisions de la recherche et du développement d'Environnement Canada, comme le Centre météorologique canadien et le Service canadien des glaces, en collaboration avec les chercheurs de Pêches et Océans Canada, de diverses universités canadiennes et d'autres projets de l'Année polaire internationale.

APERÇU DU PROJET

PROJECTIONS MÉTÉOROLOGIQUES ET ENVIRONNEMENTALES DANS L'ARCTIQUE (TAWEPI)

Concevoir et valider un modèle régional de prévision météorologique numérique (PMN)

1) Le modèle GEM-polaire : développer, tester et étendre les capacités du modèle expérimental pour améliorer les prévisions météorologiques et environnementales dans les régions nordiques.
2) Extension vers le nord des modèles de prévision : collaborer avec le Centre météorologique canadien pour concevoir un modèle régional de prévision météorologique qui comprend une extension pour l'Arctique; le modèle fournira une plateforme idéale pour un transfert à venir des découvertes de recherche proposées par les chercheurs du projet.
3) Portée de la recherche : les ensembles des données du projet sont disponibles pour tous les chercheurs de l'Année polaire internationale, comme des cartes et la chimie météorologiques complètes. Les données produites par le projet secondaire de l'Année polaire internationale, GEM-BACH, sont archivées dans le centre de données SPARC (www.sparc.sunysb.edu/html/user_ipy.html).

Portée générale : le projet Projections météorologiques et environnementales dans l'Arctique fait partie de la recherche sur les systèmes d'observation et expérience de projections (THORPEX), un programme de recherche et de développement international.

Photo : Martin Fortier, ArcticNet

Les falaises du Fjord Gibbs, île de Baffin, Nunavut.

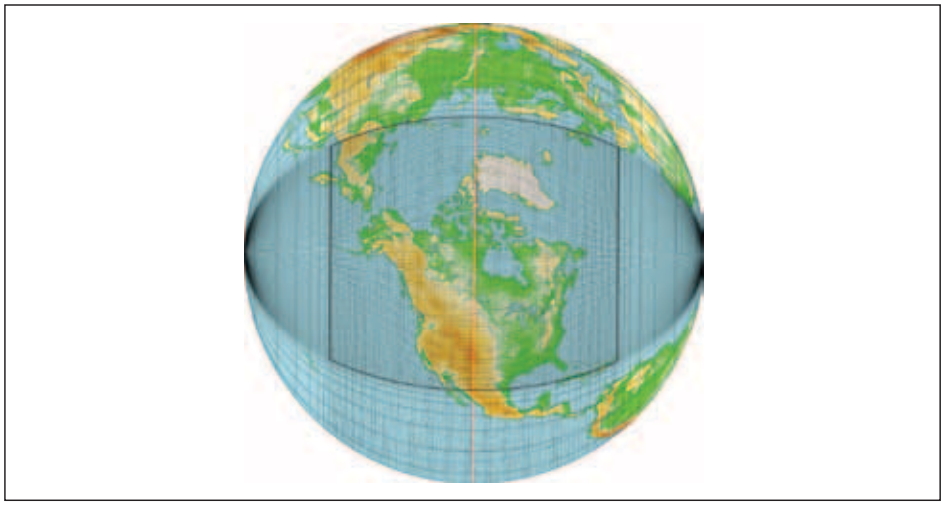
1) Concevoir le GEM-polaire

Les activités de recherche du projet Projections météorologiques et environnementales dans l'Arctique, ayant débuté en avril 2007, ont mené à la conception du GEM-polaire. Les chercheurs ont utilisé une version de recherche du modèle couvrant le bassin de l'Arctique et les régions avoisinantes pour étudier la représentation des processus radiatifs et nuageux dans les prévisions météorologiques. Ils ont également testé un modèle pour la neige de plusieurs couches couplé à des paramétrages de glace de mer et de poudrerie, décrivant ainsi les processus de divers types de surfaces de l'environnement arctique comme la glace de mer, la toundra, les glaciers et les couvertures de glace. En se servant d'une extension du modèle GEM, ils ont également produit des analyses sur la stratosphère pour l'année 2007-2008, ainsi que des estimations du champ d'ozone.

Les chercheurs du projet ont établi une méthodologie pour valider un modèle qui prévoit les nuages et le rayonnement à l'aide de données satellites. Ils ont mené une étude de sensibilité qui a révélé la façon dont les situations et les perturbations météorologiques provenant de diverses régions de la planète peuvent influer sur la météo en Arctique. Ils ont archivé les résultats de 2007-2008. Un modèle de glace de mer à la fine pointe de la science est actuellement en ajustement pour améliorer la représentation de la glace de mer de l'Arctique.

2) Étendre le modèle pour le Nord : collaboration avec le Centre météorologique canadien

Afin de concevoir le modèle GEM-polaire, les chercheurs du projet Projections météorologiques et environnementales dans l'Arctique ont travaillé étroitement avec le Centre météorologique canadien. Cette collaboration a constitué un des plus importants aspects du projet. En mars 2009, une nouvelle version du modèle régional du Centre météorologique canadien est devenue opérationnelle. Ce modèle a produit des prévisions à court terme (jusqu'à 48 heures) pour tout le pays. Un des changements majeurs apportés à ce modèle est l'extension de son domaine central (l'aire à plus haute résolution indiquée dans la figure 8) vers le nord, qui couvre maintenant presque tout le bassin arctique. Cela fournit une plateforme idéale pour un transfert à venir des découvertes et des améliorations de recherche proposées par les chercheurs du projet.



Source : Environnement Canada

Figure 8 Grille du nouveau modèle régional du Centre météorologique canadien

Remarque : Seulement un point de grille tous les cinqs point est indiqué. Le cœur du modèle, indiqué par un trait noir épais, a une résolution horizontale de 15 km et englobe la majorité du bassin arctique.

3) Portée de la recherche

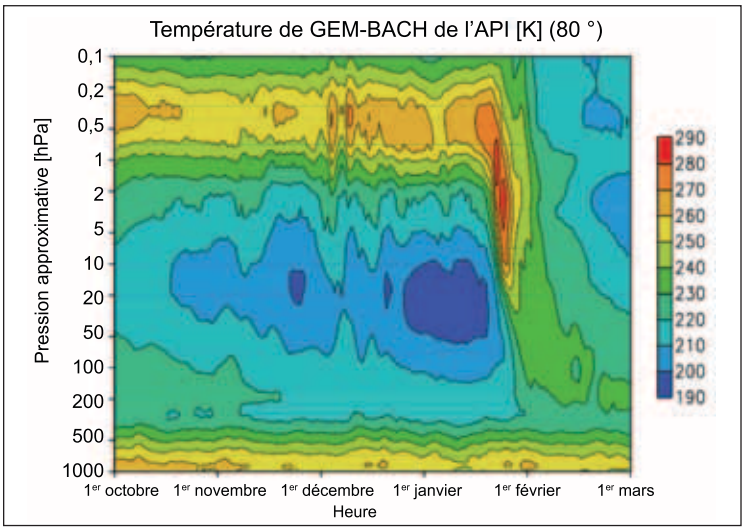
Projet GEM-BACH de l'Année polaire internationale

Le projet de l'Année polaire internationale GEM-BACH, une collaboration Canada-Belgique, a fourni un ensemble de données sur l'état de l'atmosphère en évolution analysé toutes les six heures pendant toute l'Année polaire internationale. Cet ensemble comprend toutes les variables météorologiques ainsi que la distribution complète en trois dimensions des espèces chimiques (atomes et molécules subissant des processus chimiques) significatives de la stratosphère.

Les chercheurs ont procédé à des analyses à l'aide d'une version temporaire du système de prévisions d'Environnement Canada. Les calculs chimiques stratosphériques ont été effectués par un ensemble de compositions chimiques en ligne complet fourni par l'Institut d'Aéronomie Spatiale de Belgique. Comme les analyses sont globales, elles facilitent l'étude des interactions entre les régions polaires et le reste de l'atmosphère. Les données résultantes, disponibles sur le centre de données du SPARC (voir l'URL ci-dessus), ont déjà prouvé leur utilité dans les recherches sur les divers processus dynamiques et la variabilité de l'ozone. Elles permettent également aux chercheurs d'interpréter les mesures de gaz à l'état de traces prises à partir du sol.

Points saillants

La stratosphère polaire nordique subit régulièrement des perturbations très fortes associées à une hausse de température brusque et qui culminent souvent en une interruption de la circulation atmosphérique polaire. De tels réchauffements stratosphériques soudains ont des répercussions importantes sur la composition chimique de l'ozone et leurs effets influent sur la troposphère. Le réchauffement de 2009, un des plus importants jamais enregistrés, a été bien examiné par les analyses du GEM-BACH de l'Année polaire internationale. Une série chronologique du champ de température zonale moyenne à une latitude de 80° N pendant les cinq derniers mois de l'Année polaire internationale (figure 9) montre clairement la hausse brusque de la température aux alentours du 24 janvier 2009. Les vents stratosphériques (non illustrés) se sont complètement renversés au cours de cette période et n'ont pas retrouvé leur état normal avant la fin de mars.



Source : M. Reszka and S. Polavarapu, Environnement Canada

Figure 9 Analyse GEM-BACH de l'API de la température zonale moyenne à 80° N du 1er octobre 2008 au 1er mars 2009

Valider les modèles grâce à des analyses comparatives

Les chercheurs d'Environnement Canada ont collaboré avec l'Université de Toronto afin de comparer les analyses du GEM-BACH de l'Année polaire internationale avec les mesures à infrarouge et transformées de Fourier des quantités de colonnes de gaz à l'état de traces. Il y a une excellente correspondance entre les deux ensembles de données sur l'ozone mesuré à Eureka (Nunavut) en 2007; la représentation de la variabilité de l'ozone à court terme est particulièrement fidèle. Une correspondance

semblable a été découverte pour d'autres espèces chimiques au cours de l'Année polaire internationale. Les observations ont permis de valider les résultats du modèle et, à l'inverse, les résultats du modèle ont permis de replacer les observations dans le contexte plus large de la circulation atmosphérique.

Transférer la technologie

Les projets de modélisation et les études d'assimilation des données du projet Projections météorologiques et environnementales dans l'Arctique vont permettre l'avancement du développement du système expérimental GEM-polaire. Les chercheurs prévoient transférer les résultats au Centre météorologique canadien. Ce traitement de la recherche et du développement des prévisions météorologiques et environnementales devrait permettre d'améliorer la prévision quotidienne grâce à une meilleure représentation de la météo et des tendances environnementales en Arctique.

Photo : Archive d'ARQX, Environnement Canada

Banquise dérivante au large des côtes d'Eureka, île d'Ellesmere, Nunavut.

3 LES SCIENTIFIQUES D'ENVIRONNEMENT CANADA SONT DES COCHERCHEURS OU DES MEMBRES D'ÉQUIPES DE CINQ PROJETS DE L'ANNÉE POLAIRE INTERNATIONALE

3.1 Observatoires de la faune arctique reliant les écosystèmes vulnérables (ArcticWOLVES)
3.2 Impacts des changements climatiques sur les écosystèmes de la toundra de l'Arctique canadien : évaluations interdisciplinaires et à différentes échelles (CiCAT)
3.3 Effets de la variabilité du climat et des changements climatiques sur l'omble chevalier dans l'Arctique
3.4 Écosystèmes polaires en transition : une étude de cas interdisciplinaire sur les répercussions des changements climatiques sur les ours blancs (*Ursus maritimus*)
3.5 Production océanique de gaz à l'état de traces dans l'Arctique et répercussions sur le climat (SOLAS)

3.1 OBSERVATOIRES DE LA FAUNE ARCTIQUE RELIANT LES ÉCOSYSTÈMES VULNÉRABLES (ARCTICWOLVES)

Chercheur principal : *Gilles Gauthier, Université Laval*

Cochercheurs d'Environnement Canada : *R.I. Guy Morrison et Josée Lefebvre*

Portée du projet

ArcticWOLVES est une étude circumpolaire sur les réseaux trophiques de la toundra et les écosystèmes associés. Les scientifiques d'Environnement Canada travaillent avec de nombreux collaborateurs afin de mesurer les répercussions actuelles des changements climatiques sur la faune et prévoir les répercussions à venir grâce à la modélisation. Les chercheurs ont établi deux objectifs principaux. Ils souhaitent déterminer l'importance relative des forces de contrôle par le bas (ressources) et par le haut (prédateurs) à l'intérieur du réseau trophique structurant l'Arctique et de quantifier leurs interactions. Ils visent également à documenter les répercussions directes et indirectes des changements climatiques sur la biodiversité animale terrestre, afin de prévoir les répercussions sur leurs populations.

Source : Josée Lefebvre, Environnement Canada

Figure 10 Carte des sites de projet et emplacements de recherche dans les collectivités

Ce projet comprend un réseau international d'observatoires et de chercheurs de la faune, dont plus de 60 chercheurs canadiens. Le travail sur le terrain, réalisé sur six sites d'études principaux (voir la carte) au Nunavut, au Yukon et dans le nord du Manitoba, a constitué la majeure partie du projet canadien.

Au Canada, le projet est lié au projet Incidences des changements climatiques sur la toundra de l'Arctique canadien (CiCAT), un autre projet de l'Année polaire internationale dans lequel les biologistes d'Environnement Canada recueillent des données sur les oiseaux de rivage et leur habitat (voir la section 3.2).

APERÇU DU PROJET

OBSERVATOIRES DE LA FAUNE ARCTIQUE RELIANT LES ÉCOSYSTÈMES VULNÉRABLES (ARCTICWOLVES)

Une étude circumpolaire sur les réseaux trophiques de la toundra et les mécanismes de ces écosystèmes

1) Surveillance étroite des espèces animales : un réseau international surveillant plusieurs espèces de la toundra et leurs interactions trophiques (plantes-herbivores-prédateurs).
2) Connaissances sur les changements dans la faune et le climat : les chercheurs évaluent les répercussions possibles du réchauffement climatique rapide dans des régions comme le nord du Yukon, où ils ont découvert des changements importants dans la distribution et l'abondance d'une grande variété d'espèces comme les passereaux, les oiseaux de proie et les papillons.

Photo : Josée Lefebvre, Environnement Canada

Céline Maurice, technicienne de la faune à Environnement Canada, observe un bécasseau maubèche (un oiseau de rivage de l'Arctique), près d'Eureka (île d'Ellesmere), 2008.

1) Un réseau écologique international de surveillance de la faune

Le réseau international de chercheurs a surveillé étroitement l'abondance, la période et les résultats de Le réseau international de chercheurs a surveillé étroitement l'abondance, le synchronisme, le succès de reproduction, l'utilisation des habitats et le régime alimentaire de plusieurs espèces animales clés. Au cours de l'Année polaire internationale, les chercheurs ont également étudié la productivité végétale annuelle ainsi que la diversité et l'abondance des arthropodes dans chacun des sites. Les données s'étalant sur plusieurs années permettront une approche comparative ainsi que la modélisation de ces interactions sur plusieurs sites.

Un élément clé du projet consiste à étudier les interactions trophiques entre les oiseaux et les mammifères de la toundra. La compréhension de ces interactions est cruciale pour évaluer la sensibilité des écosystèmes de la toundra aux perturbations.

Une des caractéristiques du projet est qu'il documente simultanément à l'aide de protocoles normalisés, à différents sites et à une grande échelle géographique, les changements se manifestant chez un grand nombre d'espèces animales. Cette approche fournit d'importants réplicats spatiaux qui permettent aux scientifiques d'établir des inférences importantes sur les processus écologiques de la toundra. De plus, la variabilité entre les sites fournira des connaissances à diverses échelles spatiales et permettra de procéder à une approche comparative.

Les espèces étudiées comprennent les oies (herbivores) et les petits mammifères (comme le lemming), les oiseaux de rivage (insectivores), les prédateurs aviaires (oiseaux de proie et oiseaux marins de la toundra) ainsi que les mammifères (prédateurs; les renards roux et de l'Arctique, et les belettes). De plus, des études plus approfondies traitent de sujets comme :

- L'échelle de déplacements des prédateurs;
- L'importance de l'habitat utilisé par les petits mammifères lors d'interactions prédateurs-proies;
- Les répercussions du climat sur la synchronisation entre l'abondance des ressources (comme les insectes et les végétaux) et la reproduction des oiseaux herbivores et insectivores;
- Les répercussions du climat sur la libération des substances nutritives du sol par des microorganismes au cours du dégel printanier et leurs ingestions subséquentes par les herbivores.

Photo : Josée Lefebvre, Environnement Canada

Les techniciens de la faune du Service canadien de la faune d'Environnement Canada, Francis St-Pierre et Christian Marcotte, installent des pièges à lemmings utilisés pour évaluer l'abondance de leur population au lac Eastwind (île d'Ellesmere), juillet 2009.

La recherche a intégré des études sur le savoir traditionnel afin de comprendre davantage l'abondance et la distribution des espèces animales.

2) Connaissances sur la faune et les changements climatiques

Les chercheurs ont découvert que les prédateurs joueraient un rôle clé dans le contrôle du réseau trophique de la toundra. Ils ont mesuré les déplacements saisonniers et annuels de plusieurs prédateurs, notant que, dans certains cas, ces déplacements étaient plus importants que ceux anticipés . Ils ont amassé de nouvelles preuves, par exemple, que le harfang des neiges se déplace sur de grandes superficies de façon saisonnière et annuelle. Certaines femelles harfangs des neiges suivies à l'aide de radio-émetteurs satellites ont passé beaucoup de temps sur la glace de mer, chassant probablement les oiseaux marins. Cette découverte suggère que les harfangs pourraient être touchés par les effets des changements climatiques sur la glace de mer.

D'autres d'oiseaux pourraient également être touchées par le réchauffement climatique, à cause des répercussions négatives sur la synchronisation entre les périodes d'éclosion et celles de la disponibilité maximale de la nourriture (végétaux ou insectes) sur les aires de reproduction. Ceci pourrait entraîner la réduction de populations d'oiseaux. Les interactions végétaux-herbivores pourraient, elles aussi, être affectées par le réchauffement climatique. Le réchauffement pourrait interrompre la libération de substances nutritives des sols pendant l'hiver et le printemps, car les mécanismes liés aux végétaux et au sol répondent rapidement aux hausses de température. Ceci toucherait négativement la croissance des végétaux et, donc, la disponibilité de la nourriture pour les herbivores.

Les changements climatiques peuvent déjà avoir touché les espèces nordiques du Yukon, là où les chercheurs ont découvert que des changements significatifs étaient survenus au cours des dernières décennies dans la distribution et l'abondance d'une grande variété d'espèces comme les passereaux, les oiseaux de proie et les papillons. Les chercheurs pensent que ceci pourrait être lié au réchauffement climatique rapide observé actuellement dans cette région.

Photo : Francis St-Pierre, Environnement Canada

Fjord Slidre, île d'Ellesmere près d'Eureka et camp de base d'Environnement Canada pour le projet projet ArcticWOLVES de l'Année polaire internationale, 2007.

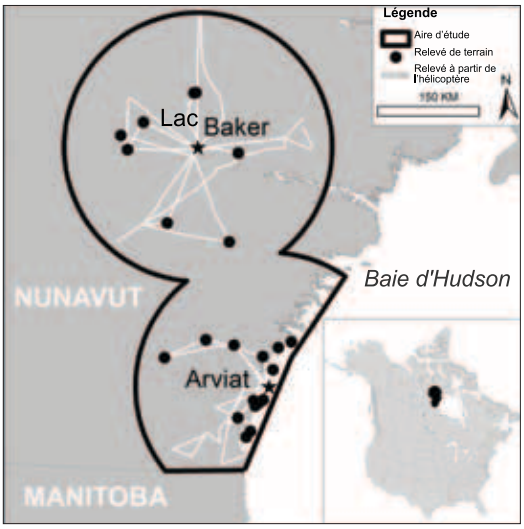
3.2 IMPACTS DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES SUR LES ÉCOSYSTÈMES DE LA TOUNDRA DE L'ARCTIQUE CANADIEN : ÉVALUATIONS INTERDISCIPLINAIRES ET À DIFFÉRENTES ÉCHELLES (CICAT)

Chercheur principal : *Greg Henry, Université de la Colombie-Britannique*

Cochercheurs d'Environnement Canada : *Vicky Johnston et Jennie Rausch*

Portée du projet

Le projet CiCAT est un projet à grande échelle sur l'écologie terrestre réunissant des chercheurs de l'Arctique étudiant les sols, la végétation, les flux de carbone et la modélisation des écosystèmes, et qui mettent en place la surveillance communautaire. Les chercheurs évaluent les tendances et les répercussions des changements climatiques sur les écosystèmes de la toundra et les collectivités nordiques. Les scientifiques d'Environnement Canada ont participé à deux volets du projet : produire des cartes d'habitats à partir de la télédétection pour surveiller les populations des oiseaux de rivage de l'Arctique et fournir de l'information pour des projets d'inventaires de plus grande envergure des terres humides et de classification des sols.



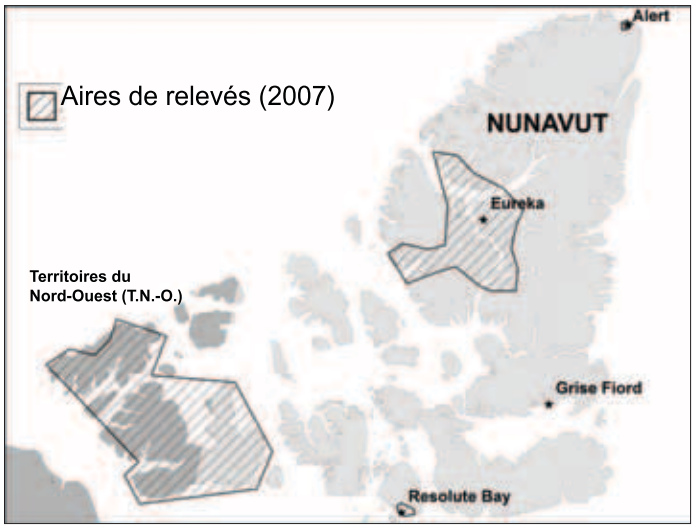


Figure 11 Zones d'inventaires du projet cartographie des terres humides de la toundra continentale près du lac Baker et d'Arviat au Nunavut (gauche) et inventaires d'oiseaux de rivage dans les îles de la Reine-Élisabeth des Territoires du Nord-Ouest et du Nunavut (droite)

APERÇU DU PROJET

INCIDENCES DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES SUR LES ÉCOSYSTÈMES DE LA TOUNDRA DE L'ARCTIQUE CANADIEN (CICAT)

Un projet à grande échelle sur l'écologie terrestre réunissant des chercheurs de l'Arctique étudiant les sols, la végétation, les flux de carbone et la modélisation des écosystèmes, et qui mettent en place la surveillance communautaire

1) Cartographie de l'habitat pour une surveillance des oiseaux de rivage : fournir de l'information sur le volet arctique du Programme de surveillance régionale et internationale des oiseaux de rivage (Arctic PRISM) ainsi que d'autres programmes d'inventaires de la faune et acquérir de nouvelles informations sur la reproduction des oiseaux de rivage des îles de la Reine-Élisabeth. L'étude a mis en valeur l'importance possible des terres intérieures pour les oiseaux de rivage et les oiseaux aquatiques, une découverte pouvant modifier nos estimations de la taille de la population des oiseaux de rivage se reproduisant en Arctique.
2) Classification et inventaire des terres humides : contribuer à la récolte de données pour les autres projets de l'API sur les tourbières et sur les types de couverts dans les régions côtières non cartographiées, y compris la côte de Kivalliq (Nunavut).

1) Cartographie de l'habitat pour la surveillance de la population d'oiseaux de rivage de l'Arctique

Les populations de la plupart des espèces d'oiseaux de rivage de l'Arctique semblent être en déclin. Les changements climatiques augmenteront la pression sur ces oiseaux dans leurs aires de reproduction. Même s'ils sont conscients du problème, les gestionnaires de la faune ont vu leurs décisions entravées par une information limitée sur les tailles des populations et leurs tendances à long terme.

Photo : Jennie Rausch, Service canadien de la faune, Environnement Canada

Bécasseau maubèche dans un nid, péninsule Fosheim, île d'Ellesmere (Nunavut), 2007.

Le programme Canada-États-Unis d'Arctic PRISM a été mis en œuvre il y a plusieurs années afin d'effectuer le suivi du nombre d'oiseaux de rivage en Arctique. Cependant, il a rencontré un obstacle majeur, car aucune carte de l'habitat n'existait. Les biologistes ont besoin de cartes précises pour extrapoler leurs résultats d'inventaires afin d'estimer les tailles des populations totales. Ce projet de l'API a fourni l'information nécessaire sur les habitats pour produire des cartes saisonnières précises et pouvant être utilisées dans le cadre du projet PRISM et d'autres programmes d'inventaires de la faune.

Les biologistes d'Environnement Canada ont commencé à suivre les oiseaux de rivage de l'Arctique il y a plusieurs années, en réaction à leur déclin,remarqué sur les routes de migration du sud du Canada et des États-Unis. Il est difficile d'avoir une estimation précise du nombre d'oiseaux de rivage pendant la période de migration. Les meilleures estimations peuvent être obtenues sur les aires de reproduction nordiques, là où les oiseaux sont moins mobiles. Le suivi des aires de reproduction permet de produire des estimations de populations, permettant ainsi aux scientifiques de connaître les tendances des populations dans le temps. Pour l'Année polaire internationale, les chercheurs d'Environnement Canada ont réalisé des inventaires de reconnaissance dans les îles de la Reine-Élisabeth et la toundra à l'intérieur des terres (près du lac Baker et d'Arviat au Nunavut). Ils ont recueilli des données sur des points de contrôle sur les terres humides, et ont recherché les zones de grande densité d'oiseaux de rivage. Grâce à ces données, les chercheurs pourront raffiner les aires d'études pour la réalisation de futurs inventaires de PRISM.

Premières découvertes : certains oiseaux de rivage sont aussi abondants dans des régions éloingnées de la côte

L'information de l'Année polaire internationale permet également aux biologistes d'en apprendre davantage sur les oiseaux de rivage se reproduisant dans la toundra continentale, qu'ils connaissaient peu auparavant. Le suivi des oiseaux de rivage a permis de découvrir l'importance de ces régions. Par le passé, la plupart des inventaires sur les oiseaux aquatiques de l'Arctique canadien se concentraient sur les régions côtières. Cependant, les biologistes d'Environnement Canada croyaient que des aires encore plus vastes à l'intérieur des terres pouvaient abriter de nombreux oiseaux, même si leur densité était basse. Grâce aux recherches de l'Année polaire internationale, les biologistes ont découvert que les goélands et les sternes étaient concentrés le long de la côte, tandis que tous les autres oiseaux étaient aussi abondants loin de la côte. Les résultats permettent de questionner l'affirmation selon laquelle les oiseaux de rivage et les oiseaux aquatiques de l'Arctique sont généralement plus abondants près des côtes. Les estimations antérieures des populations de certaines espèces, basées uniquement sur les relevés de la côte arctique, peuvent donc être trop basses.

2) Inventaire des terres humides et classification du territoire

En collaboration avec d'autres projets de l'API, les biologistes d'Environnement Canada ont recueilli des données sur des points de contrôle et de l'information sur les habitats pour un projet plus élaboré d'inventaire des terres humides et de cartographie de la classification du couvert (habitat).

Identification des tourbières

Le dégel du pergélisol émet du dioxyde de carbone dans l'atmosphère. Ce phénomène accélère tout probablement le réchauffement planétaire. Les scientifiques prévoient que les tourbières gelées constitueront le principal producteur de dioxyde de carbone, mais ils ne sont pas certains de la quantité de tourbières, dans l'Arctique canadien. Pendant l'Année polaire internationale, les chercheurs d'Environnement Canada ont procédé aux inventaires dans deux parties principales de l'Arctique canadien pour déterminer la superficie des tourbières et estimer la quantité de tourbières.

Maillage des études sur le terrain aux données de télédétection

Les chercheurs d'Environnement Canada ont également mené des études sur le terrain pour examiner d'autres types de couverts de la région côtière de la baie d'Hudson en se servant de données de télédétection. Ces études ont permis de délimiter des terres humides, une information utile pour la surveillance et l'estimation de populations des espèces. Le projet inclura un système de classification des types de couverts, une carte thématique de l'aire d'étude illustrant la distribution des ces couverts, une description biologique de ceux-ci et un résumé de la classification générale de l'habitat de cette région.

Environnement Canada a mené, en hélicoptère et sur le terrain, une étude pour classifier l'habitat de la région côtière non encore cartographiée. Les chercheurs, autant au sol et que dans les airs, ont réuni les renseignements détaillés sur l'habitat, incluant le type général de couverts (comme un fourré arbustif) et les pourcentages de chacun (par exemple, le pourcentage de couvert arbustive, de graminées, de mousse). Sur chacun des sites, les chercheurs ont également pris une série de photographies et ont recueilli d'autres informations comme la pente, le substrat et le régime d'humidité. Ces données de terrain permettront de guider les méthodes de classification à l'aide de la télédétection.

Les classifications d'habitat serviront également pour le projet de PRISM et l'Inventaire canadien des terres humides. De plus, les chercheurs d'Environnement Canada travaillent en collaboration avec le ministère de l'Environnement du Nunavut pour intégrer les résultats de l'Année polaire internationale dans le projet de cartographie de l'habitat de Kivalliq, un système de classification de l'habitat présentant des lacunes sur la région côtière de la baie d'Hudson.

DÉVELOPPEMENT DES RESSOURCES DANS LE NORD

UN LIEN PRÉCIEUX AVEC LA COMMUNAUTÉ

Les chercheurs du projet CiCAT d'Environnement Canada ont été les hôtes d'un camp scientifique de sensibilisation de la communauté offert aux élèves de l'école intermédiaire et secondaire à Arviat (Nunavut) en mai 2008. Au cours d'une semaine de jeux, de lectures et d'études sur le terrain, les élèves ont acquis des connaissances sur les oiseaux de rivage, les changements climatiques et les carrières en biologie. À la fin de la semaine, ils connaissaient les différents types d'oiseaux de rivage de la région et la façon dont les changements climatiques les influenceront ainsi que leur habitat.

Lors de séances pratiques extérieures, les élèves ont appris la façon d'identifier les oiseaux de leur région, de recueillir et de filtrer des échantillons d'eau, d'inventorier la végétation, de lire une carte et d'utiliser un système de positionnement global (GPS). Les aînés de la communauté ont joint le groupe les après-midis au cours desquels ils ont partagé leur savoir sur les oiseaux de rivage et les oiseaux en général.

« Ce fut vraiment une superbe semaine », a affirmé Jennie Rausch, biologiste d'Environnement Canada, et toute une « chance d'interagir avec des enfants ». Jennie pense que le camp scientifique a permis d'établir un lien avec la communauté. Lors de ses travaux sur le terrain qui ont suivi, les résidents se sont souvent arrêtés pour discuter de son travail et partager leur savoir sur la région.

Photo : Tamika Mulders, Yellowknife (Territoires du Nord-Ouest) 2008, école intermédiaire de Qitikliq, Arviat (Nunavut)

Des aînés et des enseignants de l'école intermédiaire partagent leurs connaissances sur les oiseaux et des souvenirs de chasse avec des élèves et des biologistes qui ont participé à des activités de sensibilisation de l'Année polaire internationale à Arviat (Nunavut).

3.3 EFFETS DE LA VARIABILITÉ DU CLIMAT ET DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES SUR L'OMBLE CHEVALIER DANS L'ARCTIQUE

Chercheur principal : *James Reist, Pêches et Océans Canada*

Cochercheurs d'Environnement Canada : *Fred Wrona et Derek Muir*

L'omble chevalier et les espèces de poissons associés sont des éléments importants des écosystèmes d'eau douce de l'estuaire, du littoral et du sublittoral de l'Arctique; ils servent également d'agents intégrateurs clés pour surveiller les changements survenant dans ces écosystèmes. L'omble est essentiel au bien-être social et culturel de plusieurs collectivités nordiques. Il forme la base de leur pêche familiale et commerciale. L'habileté des habitants du Nord à s'adapter aux changements doit reposer sur une information essentielle sur l'écologie thermique, la biodiversité et les interactions de l'omble avec les contaminants au mercure (Hg).

L'omble sert d'agent intégrateur clé de surveillance des changements des écosystèmes aquatiques nordiques. Les menaces environnementales envers la diversité de l'omble comprennent les hausses de température reliées aux changements climatiques prévus pour les latitudes de 60 à 90° N, l'exposition

APERÇU DU PROJET

EFFETS DE LA VARIABILITÉ DU CLIMAT ET DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES SUR L'OMBLE CHEVALIER DANS L'ARCTIQUE

Omble chevalier : agent intégrateur clé pour surveiller les changements

1) La variation de la biodiversité de l'omble et l'écologie trophique (réseau alimentaire) ont été évaluées de concert avec les données antécédentes sur la température et la bioaccumulation de mercure.
2) La surveillance communautaire sert à évaluer les changements dans les populations d'omble.

Photo : © Photos.com, 2010

aux contaminants, l'exploitation des ressources de pêche, le développement industriel et la croissance humaine du Nord canadien. Le projet sur la variabilité et les changements climatiques de l'Année polaire internationale a été mené en deux volets. Le premier volet a étudié la biodiversité de l'omble, à l'aide d'approches génétiques et morphologiques, ainsi que le cycle biologique et l'écologie thermique, à l'aide de la technique microchimique de l'otolithe et celle de l'isotope stable. La recherche a été menée dans des régions de l'Arctique canadien (à l'ouest des Territoires du Nord-Ouest, au Nunavut, au Nunavik et au Nunatsiavut). Les découvertes obtenues à partir de ces résultats fourniront le contexte biologique dans lequel seront intégrées les répercussions de la variabilité et des changements climatiques sur cette ressource importante.

Le second volet du projet a établi une surveillance communautaire pour évaluer la biodiversité locale de l'omble à Sachs Harbour, à Kuujjuaq et à Nain. Il associe les découvertes résultant des éléments de recherche à la biodiversité et à l'écologie de l'omble observables localement par les habitants nordiques. Cette approche peut servir de modèle dans les collectivités nordiques.

Le projet canadien sur la variabilité et les changements climatiques de l'Année polaire internationale fait partie d'un réseau international de chercheurs et d'habitants du Nord procédant à des recherches sur l'omble et à sa surveillance. Ce réseau tente de répondre aux questions courantes sur les interactions entre l'omble et le climat, et il favorise l'échange d'information. Il constituera un héritage durable de l'Année polaire internationale. Des plans ont déjà été élaborés pour établir une collaboration post Année polaire internationale avec des chercheurs participant au projet Écosystèmes d'eau douce en Arctique et pour étudier les réactions écologiques des lacs de la toundra des hautes terres du Mackenzie (Territoires du Nord-Ouest).

Derniers progrès

La recherche sur le terrain menée à l'été 2007 au lac Hazen (île d'Ellesmere) a permis de documenter trois écophénotypes cooccurrents (grande forme, petite forme et forme benthique naine) de l'omble chevalier. L'échantillonnage réalisé au lac Hazen et à d'autres lacs dans le parc national Quttinirpaaq, la région de Resolute Bay, celle de l'inlet Bathurst et au Labrador, a permis de documenter les populations d'ombles, d'étudier la structure du réseau alimentaire et la bioaccumulation de mercure, ainsi que de recueillir de jeunes ombles pour examiner leur écologie thermique. Les liens génétiques parmi les ombles de Transbaikalia (au nord-est de la Sibérie) ont été étudiés et intégrés dans un contexte global.

Du mercure dans les réseaux trophiques arctiques

Les chercheurs ont étudié la façon dont les interactions entre le cycle biologique, l'écologie trophique et les changements climatiques influent sur les concentrations de contaminant dans les lacs côtiers de l'Arctique. Les premières découvertes ont révélé des différences entre les concentrations de mercure de la truite (plus élevées) et celles du touladi local, tandis que la truite et l'omble chevalier local montraient des concentrations de mercure semblables. De plus, les concentrations de mercure des touladis locaux étaient inférieures dans les lacs où se trouvaient la truite et l'omble chevalier. Ces découvertes permettent d'associer la compréhension de la diversité du poisson à la documentation sur les charges corporelles de contaminants comme le mercure. Elles soulignent également la nécessité de prendre en considération les variables écologiques et celles du cycle biologique dans les prévisions des répercussions possibles des changements climatiques et du développement industriel.

Pour étudier le transfert de mercure à l'omble chevalier, les chercheurs ont repêché des poissons dans 27 lacs fermés; ils ont noté les caractéristiques abiotiques de ces lacs. Souvent, l'omble est la seule espèce de poisson vivant dans ce type de lacs. La bioamplification du mercure dans la chaîne alimentaire a été observée et les réseaux alimentaires des divers lacs ont été comparés. Une des découvertes est que la concentration de mercure a été associée positivement à la zone du bassin versant du lac. Les sources de mercure du lac ne sont pas entièrement connues et, à ce point de la recherche, aucun facteur causal n'a été attribué aux taux de mercure dans l'omble (c'est-à-dire que les facteurs climatiques n'ont pas influé directement sur les taux de mercure).

DÉVELOPPEMENT DES RESSOURCES DES COLLECTIVITÉS NORDIQUES

VARIABILITÉ ET CHANGEMENTS CLIMATIQUES, ET OMBLE CHEVALIER

Associer la recherche à l'observation locale

Lorsque James Reist de Pêches et Océans Canada a commencé une étude sur la biodiversité de l'omble, de son cycle biologique et son écologie thermique, il a étendu son filet partout, demandant aux scientifiques d'Environnement Canada de collaborer avec lui sur des problèmes clés comme la méthodologie, les protocoles d'échantillonnage et la cueillette d'échantillons et de données. Parmi ses partenaires de travail, il y avait également les résidents des collectivités nordiques. En plusieurs endroits de l'Arctique canadien, les chercheurs ont élaboré des programmes communautaires pour évaluer et surveiller la biodiversité locale de l'omble et aider à prélever localement des échantillons. Ceci a permis d'associer directement le contenu de la recherche à la biodiversité observable localement par les habitants du Nord. Les chercheurs partageront, en retour, les résultats avec les diverses collectivités nordiques, faisant de cette expérience un modèle pour établir des programmes semblables ailleurs. De plus, des programmes de sensibilisation et d'information ont été élaborés et offerts aux collectivités nordiques (par exemple à Sachs Harbour, à Kugluktuk et à Cambridge Bay) afin de mieux informer et d'impliquer davantage les jeunes, les pêcheurs et les cogestionnaires des ressources nordiques.

3.4 ÉCOSYSTÈMES POLAIRES EN TRANSITION : UNE ÉTUDE DE CAS INTERDISCIPLINAIRE SUR LES RÉPERCUSSIONS DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES SUR LES TENDANCES TEMPORELLES DE L'ACCUMULATION DES CONTAMINANTS, L'ÉCOLOGIE DE LA RECHERCHE DE NOURRITURE ET L'INCIDENCE DE L'ACTIVITÉ HUMAINE SUR LES OURS BLANCS (*URSUS MARITIMUS*)

Chercheuse principale : *Elizabeth Peacock, gouvernement du Nunavut*

Cochercheurs d'Environnement Canada : *Robert Letcher et Ian Stirling*

Portée du projet

Le projet sur les écosystèmes polaires en transition a réuni les savoirs scientifique et inuit sur les changements survenant dans l'écologie de l'ours blanc. Le projet a étudié l'écologie de recherche de nourriture de l'ours blanc dans des populations sélectionnées et a enregistré le savoir inuit sur le sujet dans une des populations. L'étude a analysé la façon dont l'accumulation de contaminants dans une population a changé à la suite de la hausse des températures.

Dans le cadre de cette étude de grande étendue de l'Année polaire internationale, les scientifiques d'Environnement Canada ont mené une étude qui a directement associé deux problèmes environnementaux planétaires : les changements climatiques et la contamination de la faune par des polluants organiques persistants. L'équipe d'Environnement Canada a étudié les ours blancs, ultime prédateur marin de l'Arctique. Le but de ce projet était d'analyser divers contaminants chimiques dans les ours et d'associer les concentrations de ces contaminants aux variations des régimes des ours causées par les changements survenus dans la glace de mer au cours des dernières décennies.

APERÇU DU PROJET

ÉCOSYSTÈMES POLAIRES EN TRANSITION

Associer directement deux problèmes environnementaux planétaires : les changements climatiques et la contamination de la faune par des polluants organiques persistants

1) Retracer le déplacement des contaminants par l'entremise du réseau alimentaire : l'équipe a analysé divers contaminants chimiques dans les ours blancs et a associé les concentrations de ces contaminants aux variations des régimes des ours causées par les changements survenus dans la glace de mer au cours des dernières décennies.
2) Repérer les tendances : les résultats suggèrent que les effets des changements climatiques pourraient s'associer à d'autres facteurs de stress comme les contaminants toxiques pour, peut-être, constituer les effets indésirables des changements climatiques sur l'Arctique et sa faune.

Photo : Elizabeth Peacock, gouvernement du Nunavut

Un ours blanc marchant dans la toundra, région du détroit de Davis (Labrador), 2008.

Les chercheurs ont examiné les changements récents des polluants organiques persistants dans les tissus des ours provenant de sept zones de gestion au Nunavut et dans les Territoires du Nord-Ouest. Ils ont comparé les échantillons de tissus de l'année 2007-2008 avec ceux de 2001-2002 pour déterminer les changements survenus dans les taux de polluants organiques persistants. Ils ont également vérifié les tendances à plus long terme (de 1991 à 2007) à l'aide de biopsies de la graisse archivées, afin d'évaluer les tendances des contaminants utilisés auparavant (anciens) et les polluants organiques persistants d'intérêt émergent dans les ours de l'ouest de la baie d'Hudson.

1) Retracer le déplacement des contaminants dans le réseau alimentaire

L'étude a vérifié trois grandes catégories de substances posant problème en Arctique et aux ours blancs :

- Substances chimiques utilisées auparavant ou « anciennes », y compris les biphényles polychlorés et les pesticides organochlorés comme le dichlorodiphényltrichloréthane et le chlordane;
- Substances chimiques récemment ou actuellement utilisées, comme les polybromodiphénylèthers employés dans les meubles et les appareils électroniques;
- Nouvelles substances chimiques ou d'intérêt émergent comme des composés de polyfluoroalkyl utilisés dans les revêtements hydrofuges sur les tapis et les meubles, et dans les revêtements non adhérents des batteries de cuisine.

Toutes ces substances sont préoccupantes, en raison de leur persistance dans l'environnement et leur potentiel d'accumulation ou de bioamplification dans les chaînes alimentaires de l'Arctique.

Collaborer avec les chasseurs

Afin de déterminer les différences alimentaires et de régime dans les populations d'ours, les chercheurs ont utilisé des échantillons de tissus prélevés sur des ours abattus par les chasseurs. Collaborant avec des agences, des associations de chasseurs et de trappeurs des Territoires du Nord-Ouest et du Nunavut, les chercheurs ont obtenu des échantillons de graisse, de foie et de muscle prélevés sur 120 ours sur une période de plus de deux ans. Ils ont analysé les échantillons pour vérifier les polluants organiques persistants, les isotopes stables de carbone et d'azote, ainsi que les acides gras, ces derniers étant utilisés comme des « indicateurs écologiques » dans les études sur le réseau alimentaire et le régime. Les chercheurs ont également obtenu des échantillons de graisse de phoque dans des régions habitées par les populations d'ours blancs étudiées. Ils ont analysé ces échantillons pour déceler des acides gras et des isotopes stables de carbone et d'azote, pour les comparer à ceux mesurés dans les ours.

Les recherches précédentes sur les acides gras ont démontré que les ours blancs de l'ouest de la baie d'Hudson se nourrissaient de deux proies associées à la glace (les phoques annelés [*Pusa hispida*] et les phoques barbus [*Erignathus barbatus*]) et de deux proies associées à l'eau libre (phoques communs [*Phoca vitulina*] et phoques du Groenland [*Phoca groenlandica*]). La distribution de ces espèces de phoques dans la baie d'Hudson est liée à l'emplacement et à l'étendue de la glace de mer.

Premières découvertes : les périodes raccourcies de la couverture de glace modifient l'exposition aux polluants organiques persistants

Les chercheurs ont émis des hypothèses selon lesquelles les changements de l'état de la glace de mer ont également entraîné des changements dans l'écologie alimentaire des ours de l'ouest de la baie d'Hudson, qui, en retour, a modifié l'exposition à des contaminants persistants, bioaccumulatifs et anthropiques toxiques. En fait, la nouvelle analyse a permis de découvrir que, pendant les années de période raccourcie de couverture de glace, les valeurs des isotopes stables de carbone et d'azote correspondaient à une proportion moins élevée de phoques associés à la glace dans le régime des ours, et par conséquent, à une hausse relative dans leur régime de phoques associés à l'eau libre.

2) Repérer les tendances

Même si les chercheurs analysent actuellement de grands nombres de données, certaines tendances claires se dessinent déjà. Les taux de composés de polyfluoroalkyl et de polybromodiphényléthers ignifugeants étaient plus élevés dans les ours provenant de la population du sud de la baie d'Hudson, et ils étaient moins élevés, mais comparables, dans les autres populations d'ours blancs. Basées sur les déviations d'un régime de graisse de phoque annelé, les différences de régime ont partiellement expliqué les différences géographiques des taux et des formes de plusieurs polluants organiques persistants dans les ours blancs. Les taux de polybromodiphényléthers dans les ours semblent quelque peu inférieurs maintenant aux taux de 2001-2002, ce qui pourrait être le résultat de changements dans les taux d'utilisation de ces substances chimiques dans des latitudes plus au sud.

Dans l'étude sur les tendances à plus long terme des ours blancs de l'ouest de la baie d'Hudson, les chercheurs ont examiné les changements de régime pour lesquels la glace de mer sert d'intermédiaire (en tant que fonction de changement climatique) en relation avec les répercussions sur les taux de polluants organiques persistants. Les données analysées à ce jour indiquent une consommation accrue d'espèces de phoques associées à l'eau libre pendant les années où la fonte de la glace de mer s'est produite plus tôt. Cette modification de régime a mené, avec le temps, à une plus grande exposition aux contaminants, comparativement à ce qui avait été prévu pour un régime de phoques associés à la glace.

Ces résultats montrent un lien entre la variation de la glace de mer, ainsi que le régime, et l'exposition modifiée aux polluants organiques persistants. Ce lien suggère que, non seulement les changements climatiques toucheront directement l'Arctique et sa faune, mais qu'ils pourraient s'associer à d'autres facteurs de stress, comme les contaminants toxiques, et peut-être en constituer le problème. Ce travail est très important pour les habitants nordiques qui dépendent des phoques et des ours blancs, et qui se préoccupent énormément de leur propre exposition aux substances chimiques toxiques.

3.5 RÉSEAU SOLAS DE L'ARCTIQUE CANADIEN : PRODUCTION OCÉANIQUE DE GAZ À L'ÉTAT DE TRACES DANS L'ARCTIQUE ET RÉPERCUSSIONS SUR LE CLIMAT

Chercheur principal : *Maurice Levasseur, Université Laval*

Collaboration de recherche d'Environnement Canada : *Richard Leaitch et Sunling Gong*

Portée du projet

Les chercheurs du projet Production océanique de gaz à l'état de traces dans l'Arctique et répercussions sur le climat étudient les interactions environnementales des gaz à l'état de traces dans l'Arctique, espérant obtenir de nouvelles perspectives sur les changements climatiques. Des gaz comme le dioxyde de carbone (CO_2), l'oxyde d'azote (N_2O), les composés organiques volatils (COV), les halocarbures et le sulfure de diméthyle, influent de différentes manières sur le climat, que ce soit comme gaz à effet de serre ou comme sources d'aérosols qui dispersent et absorbent l'énergie solaire dans l'atmosphère. Les processus biologiques des océans planétaires, particulièrement ceux qui impliquent le phytoplancton et les bactéries, jouent un rôle important dans les cycles de ces gaz.

APERÇU DU PROJET

RÉSEAU SOLAS DE L'ARCTIQUE CANADIEN : PRODUCTION OCÉANIQUE DE GAZ À L'ÉTAT DE TRACES DANS L'ARCTIQUE ET RÉPERCUSSIONS SUR LE CLIMAT

Étudier les interactions environnementales de certains gaz à l'état de traces pour obtenir de nouvelles perspectives sur les changements climatiques

Obtenir des données sur la surface océanique et la basse atmosphère : les scientifiques à bord du brise-glace de recherche canadien *NGCC Amundsen* ont recueilli dans le passage du Nord-Ouest un ensemble de mesures océaniques et atmosphériques des gaz à l'état de traces qui influent sur le climat.

Photo : Martin Fortier, ArcticNet

NGCC Amundsen dans le golfe d'Amundsen.

Il existe des incertitudes quant à la façon dont les changements climatiques survenant dans l'Arctique influent sur les dynamiques de ces gaz à l'état de traces dans l'océan, la glace et l'atmosphère. Cependant, les scientifiques pensent que l'augmentation des aires d'eau libre et des changements dans la circulation et la température océaniques modifieront les processus biologiques et chimiques qui produisent et qui consomment des gaz et des aérosols agissant sur le climat.

Obtenir des données sur la surface océanique et la basse atmosphère. . Le projet Production océanique de gaz à l'état de traces dans l'Arctique et répercussions sur le climat a exploré un ensemble complexe d'interactions entre la glace de mer, la circulation de l'eau, l'activité microbiologique marine et l'émission de divers gaz de l'océan dans l'atmosphère arctique. Les chercheurs souhaitent savoir comment ces processus marins peuvent influer sur le climat de l'Arctique. Plus particulièrement, comment l'augmentation du flux des eaux du Pacifique dans l'archipel canadien modifiera-t-elle les émissions par l'océan Arctique des gaz à l'état de traces qui sont importants d'un point de vue climatique? Et comment ces gaz seront-ils influencés par une réduction de la couverture de glace de mer et une augmentation des aires d'eau libre?

Pour trouver les réponses à ces questions, l'équipe du projet arctique s'est joint à d'autres chercheurs travaillant sur des projets de l'Année polaire internationale lors de deux expéditions annuelles sur le brise-glace de recherche canadien *Amundsen*. Au cours de ces missions, les chercheurs ont recueilli de nouvelles données océanographiques et atmosphériques sur la distribution et le cycle du sulfure de diméthyle, de l'oxyde d'azote et des composés organiques volatils dans l'archipel canadien. Ils ont pu ensuite associer ces mesures à la distribution et aux caractéristiques chimiques des particules d'aérosols. Les données recueillies lors du premier voyage en 2007 ont fourni une base de comparaison pour les données recueillies pendant l'expédition de 2008.

Points saillants

La recherche de l'équipe du projet Production océanique de gaz à l'état de traces dans l'Arctique et répercussions sur le climat a fourni un ensemble unique et coordonné de mesures océaniques et atmosphériques des gaz à l'état de traces dans le passage du Nord-Ouest. Les chercheurs ont utilisé des mesures de la température, de la salinité et de l'isotope d'oxygène pour caractériser les masses d'eau. Ils ont analysé les processus océaniques de mélange à l'œuvre dans chacune des régions. Ils ont ensuite mesuré les changements de concentrations des constituants associés à la basse atmosphère. Les mesures combinées de sulfure de diméthyle dans l'eau et dans l'air, et des produits d'oxydation du sulfure de diméthyle dans l'atmosphère sont les toutes premières mesures prises dans l'archipel nordique canadien. Les résultats préliminaires des chercheurs suggèrent une production de l'oxyde d'azote dans l'interface eau-glace, le retrait de l'alcool méthylique et de l'acétone de l'atmosphère par la bactérie qui produit du sulfure de diméthyle et la formation de nouvelles particules dans les régions riches en sulfure de diméthyle.

4 ENVIRONNEMENT CANADA EST UN PARTENAIRE QUI FOURNIT UN APPUI NON FINANCIER (AUCUN FONDS DIRECT DE L'ANNÉE POLAIRE INTERNATIONALE)

Environnement Canada a joué divers rôles de recherche au cours de l'Année polaire internationale. Dans le cadre des quatre projets décrits dans la présente section, les scientifiques d'Environnement Canada étaient des cochercheurs ou ils ont apporté leur expérience et leur expertise considérable aux projets menés par les autres organismes. Les autres projets ont été inclus à la fin de la présente section, afin de reconnaître l'appui non financier fourni et de traduire le rôle de collaboration joué par Environnement Canada.

4.1 Étude sur le chenal de séparation circumpolaire
4.2 Le laboratoire PEARL à proximité du pôle - recherche atmosphérique dans l'Extrême Arctique
4.3 Comment les oiseaux marins peuvent aider à détecter les variations des écosystèmes de l'Arctique
4.4 Surveillance des répercussions des changements à l'échelle mondiale sur le caribou et le renne sauvage et des liens avec les collectivités humaines (CARMA)
4.5 Autres projets recevant un appui non financier d'Environnement Canada

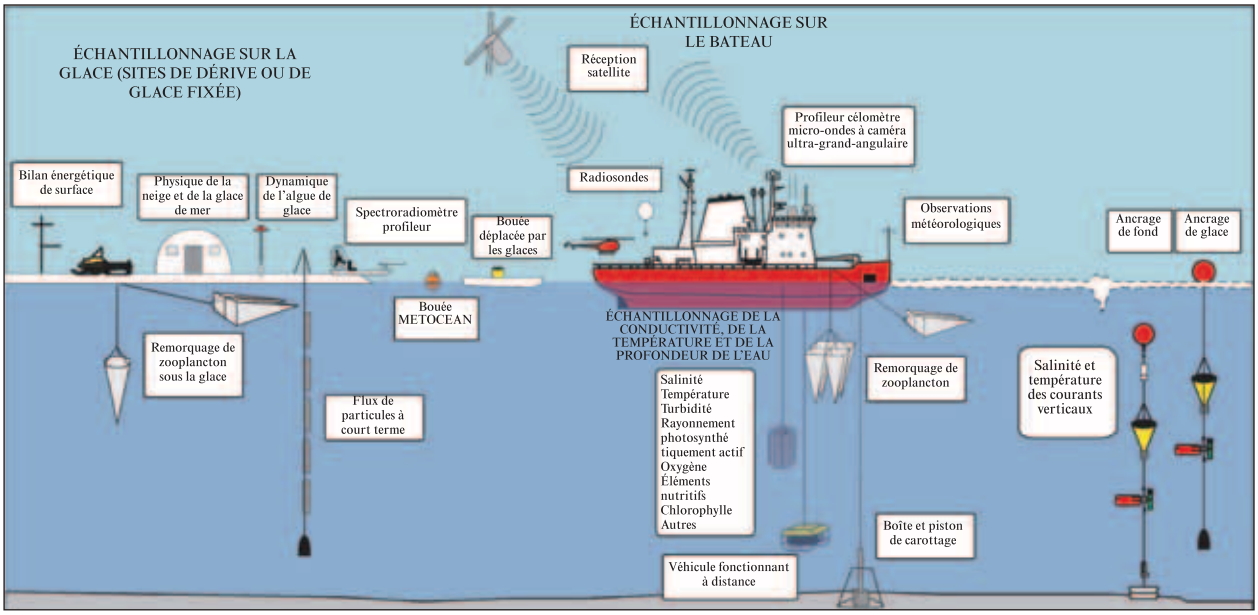
4.1 ÉTUDE SUR LE CHENAL DE SÉPARATION CIRCUMPOLAIRE

Chercheur principal : *Dave Barber, Université du Manitoba*

Collaboration de recherche d'Environnement Canada : *Jan Bottenheim, Alexandra Steffen, Ralf Staebler, Hayley Hung et Terry Bidleman.*

L'Étude sur le chenal de séparation circumpolaire a demandé la participation de 350 chercheurs provenant de 27 pays. Elle a fait appel au brise-glace de recherche canadien *NGCC Amundsen* qui a servi de plateforme de recherche mobile et spécialement équipée (voir la figure 12) pour mener des recherches multidisciplinaires systémiques à grande échelle. Elle a regroupé dix projets secondaires séparés, mais interreliés, traitant de l'océanographie, de la glace de mer, des réseaux trophiques marins, des flux de gaz, des contaminants, de la modélisation (à l'aide des nouvelles données sur le chenal de séparation circumpolaire) et de la dimension humaine. Des activités de sensibilisation ont été réalisées à bord du bateau grâce à des visites et à des échanges de connaissances avec les collectivités locales, par l'intermédiaire de programmes pour les élèves et l'utilisation des médias. Lorsque cela était approprié, l'étude a intégré les sciences physiques, chimiques et biologiques au savoir traditionnel inuvialuit (« deux façons d'apprendre »).

Les chercheurs du projet ont étudié les processus climatiques changeant dans le chenal de séparation, une caractéristique pérenne de l'écosystème marin circumpolaire arctique, en hivernant dans le chenal de séparation de l'île de Banks (mer de Beaufort) de septembre 2007 à août 2008. Le chenal de séparation se forme lorsque la banquise se détache de la glace fixée de la côte et crée des polynies récurrentes et reliées entre elles (des aires d'eau libre). Ces aires d'eau libre ont servi de laboratoire arctique unique pour étudier des variables des écosystèmes physiques et biologiques du chenal de séparation. Grâce



Source : Dave Barber, Université du Manitoba

Figure 12 Schéma du *NGCC Amundsen* dans le cadre de l'Étude sur le chenal de séparation circumpolaire qui montre l'équipement scientifique et les activités sur le navire et dans les camps d'observation sur la glace

à des entrevues menées auprès des aînés et des chasseurs provenant de Sachs Harbour et de Paulatuk (Territoires du Nord-Ouest), le savoir traditionnel sera intégré à la science occidentale pour comprendre davantage les changements survenant présentement en Arctique. À long terme, les décideurs pourront utiliser les découvertes sur le chenal de séparation circumpolaire pour prendre des décisions relatives à la gestion de l'océan Arctique, aux répercussions climatiques et à l'adaptation à réaliser dans la région.

Transport atmosphérique intercontinental de polluants anthropiques vers l'Arctique : mesures hebdomadaires des contaminants dans l'air

Des mesures atmosphériques de polluants organiques persistants et de mercure ont été prises dans le camp d'observation sur la glace près du bateau pour produire des données comparables à celles obtenues lors des activités de surveillance réalisées par le projet Transport atmosphérique intercontinental de polluants anthropiques vers l'Arctique mené par Environnement Canada. Les chercheurs de ce projet étaient à bord du bateau pour prélever des échantillons d'air dans le but d'accroître la couverture spatiale du réseau et de permettre de déterminer la façon dont les concentrations de polluants varient d'une partie de l'Arctique canadien à une autre, et possiblement pour enregistrer des épisodes de transport de polluants. Une étude associée d'Environnement Canada a examiné la répartition entre l'air et l'eau des polluants organiques persistants à bord de l'*Amundsen* pour mieux comprendre les processus physiques et chimiques en jeu et créer des modèles appropriés de transport dans l'air.

INNOVATIONS

MESURER LA CONCENTRATION D'OZONE À DES HAUTEURS AU DESSUS DE 1 KM

Les chercheurs du projet OASIS-CANADA d'Environnement Canada ont participé à l'Étude sur le chenal de séparation circumpolaire en fournissant les renseignements recueillis à l'aide du laboratoire mobile OOTI (Out-On-The-Ice, sur la glace), y compris des échantillons de mercure, l'examen détaillé des couches limites de l'atmosphère, ainsi que les profils de la température, de l'humidité et du vent. Une des prises de mesures sans précédent a consisté à mesurer la concentration d'ozone pour les altitudes au dessus de 1 km. Les résultats permettront aux scientifiques de répondre à des questions au sujet de l'appauvrissement de l'épaisseur des couches d'ozone et d'expliquer leur formation et leur transport.

4.2 LE LABORATOIRE PEARL À PROXIMITÉ DU PÔLE - RECHERCHE ATMOSPHÉRIQUE DANS L'EXTRÊME ARCTIQUE

Chercheur principal : *James Drummond, Université de Toronto*

Cochercheurs d'Environnement Canada : *David Hudak, Bruce McArthur et Tom McElroy*

Portée du projet

Le laboratoire PEARL (laboratoire de recherche atmosphérique dans l'environnement polaire) est une installation de recherche sur l'Arctique située à Eureka sur l'île d'Ellesmere (Nunavut), à la latitude 80° N, à environ 1100 km du pôle Nord. La partie principale du laboratoire a été construite en 1992, sur une crête à environ 15 km de la station météorologique d'Eureka, pour que le Service de l'environnement atmosphérique d'Environnement Canada puisse étudier l'ozone stratosphérique. Depuis qu'elle a été louée au Réseau canadien pour la détection des changements atmosphériques (RCDCA), sous la direction de James Drummond, l'installation a été rénovée et de nouveaux laboratoires modulaires ont été construits pour loger d'autres activités de recherche sur la qualité de l'air et les changements climatiques. Le laboratoire PEARL comprend maintenant trois laboratoires : celui de la crête (PEARL), l'ØPAL (laboratoire auxiliaire de PEARL à l'altitude zéro) et SAFIRE (flux de surface et atmosphérique, irradiance et autres paramètres radiatifs) qui comprend divers instruments de surveillance atmosphérique, comme des lidars (instruments munis d'un laser pour détecter des particules atmosphériques), des radars, des radiomètres, des spectromètres et des photomètres. Tous ces laboratoires sont utilisés en collaboration étroite avec la station météorologique d'Environnement Canada qui fournit un soutien pour les infrastructures et le logement pour le personnel du Réseau canadien pour la détection des changements atmosphériques.

Le projet du laboratoire PEARL de l'Année polaire internationale fait partie d'un réseau de recherche circumpolaire international, les écosystèmes arctiques internationaux pour observer l'atmosphère (IASOA), qui comprend des installations dans plusieurs pays pour concevoir et utiliser des instruments sophistiqués d'observation de l'atmosphère arctique à partir de la surface terrestre jusqu'à plus de 100 km d'altitude. L'Année polaire internationale a fourni l'occasion aux chercheurs de la Grande-Bretagne, de l'Argentine, de l'Allemagne et du Japon de collaborer à Eureka. Pendant toute la durée de l'Année polaire internationale, les observations au laboratoire PEARL se sont intensifiées grâce à plusieurs nouveaux projets étudiant divers éléments atmosphériques de l'Arctique, comme la température, le vent, les nuages, le rayonnement et les précipitations.

APERÇU DU PROJET

LE LABORATOIRE PEARL À PROXIMITÉ DU PÔLE – RECHERCHE ATMOSPHÉRIQUE DANS L'EXTRÊME ARCTIQUE

Une installation autonome pour la recherche sur le haut Arctique

Données de haute qualité sur les précipitations en Arctique : le système de capteurs de présence de précipitations (POSS), un radar à effet Doppler bistatique conçu par Environnement Canada, fournit les renseignements clés la distribution des précipitations et leur variabilité dans le haut Arctique. Les données peuvent également fournir une base de validation pour améliorer les mesures de précipitation prises de l'espace.

Un financement de l'Année polaire internationale a permis à Environnement Canada d'installer à Eureka un équipement de surveillance hautement sophistiqué, dont le système de capteurs de présence de précipitations (POSS), qui fournit de nouvelles données de haute qualité sur les précipitations en Arctique. Grâce à ces nouvelles données du laboratoire ØPAL, les scientifiques d'Environnement Canada ont entrepris l'étude des distributions de précipitations dans le haut Arctique.

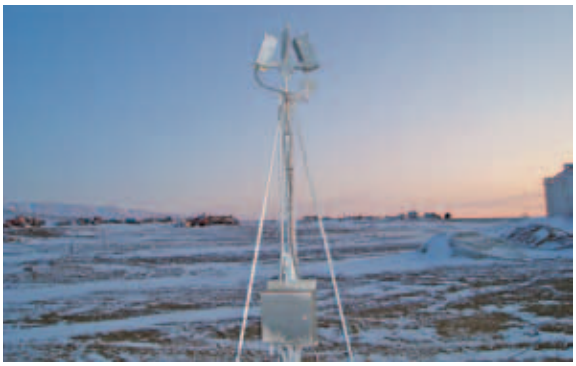


Photo : Steve Brady, Environnement Canada, 2009

Système de capteurs de présence de précipitations (POSS) utilisé pour mesurer les précipitations dans l'Arctique.

Grâce à la grande amélioration des données recueillies à partir du sol et produites par le laboratoire PEARL, les chercheurs espèrent élaborer des algorithmes qui raffineront et amélioreront les techniques spatiales pour analyser et prévoir les précipitations. À plus long terme, ce projet de l'Année polaire internationale devrait fournir des données précieuses pour améliorer les prévisions météorologiques dans l'Arctique et de tout le continent.

Les régimes de rayonnement solaire et infrarouge dans l'Arctique diffèrent de ceux des basses latitudes, parce que, pendant une partie de l'année, le soleil ne se couche jamais, tandis que, pendant l'hiver, il ne se lève jamais. Afin de mieux comprendre la façon dont le bilan du rayonnement en surface est influé par ces régimes de rayonnement, qui peuvent à leur tour influer sur la météorologie près de la surface terrestre, un ensemble sophistiqué de capteurs des rayonnements infrarouge et solaire a été installé au laboratoire SAFIRE du Réseau canadien pour la détection des changements atmosphériques. Cette nouvelle installation fait partie du Baseline Surface Radiation Network (BSRN) du Programme mondial de recherche sur le climat et du Système mondial d'observation du climat (SMOC) de l'Organisation météorologique mondiale. Lorsque ces observations seront associées à celles de la Study on Environmental Arctic Change (SEARCH) de la National Oceanographic and Atmospheric Administration

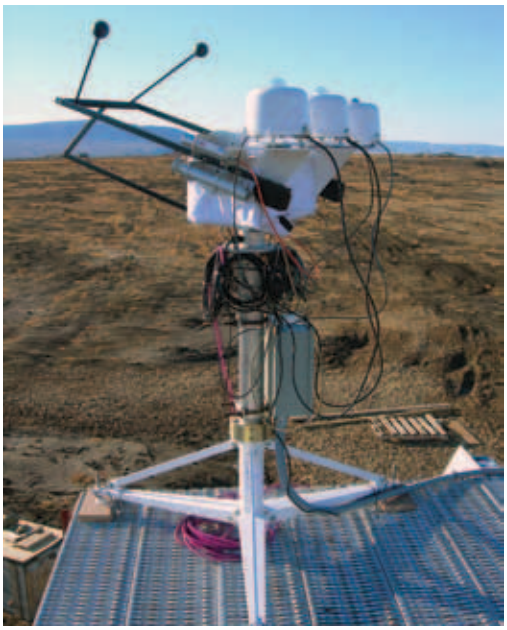


Photo : Ormanda Niebergall, Environnement Canada, 2007

Un miroir-facette solaire à œil actif est utilisé afin d'obtenir des mesures précises du rayonnement solaire direct et diffus (ultra-grand-angulaire), ainsi qu'un rayonnement infrarouge à partir du ciel arctique à Eureka (Nunavut).

Photo : Paul Loewen, 2007

L'installation Zero altitude PEARL Auxilliary Laboratory (ØPAL) construite par Environnement Canada et utilisée pour étudier les changements atmosphériques à Eureka (Nunavut).

INNOVATION

COMPRENDRE LES PRÉCIPITATIONS ARCTIQUES À L'AIDE DU SYSTÈME DE CAPTEURS DE PRÉSENCE DE PRÉCIPITATIONS (POSS)

Mesurer les précipitations arctiques est très difficile. « Les pluviomètres classiques sont d'une imprécision notoire », affirme David Hudak, chercheur d'Environnement Canada, « particulièrement dans des environnements venteux où se situent des installations de recherche comme le laboratoire PEARL. Les prises de mesures satellites sont bonnes, mais elles sont difficiles à obtenir en raison de la longue saison de noirceur de l'Arctique et des extrêmes de température importants. »

Pour résoudre ce problème, Environnement Canada a installé le système de capteurs de présence de précipitations (POSS), un petit radar à effet Doppler bistatique qui rapporte l'occurrence, le type et l'intensité des précipitations des stations d'observation automatisées comme l'ØPAL.

Grâce à cet équipement, les scientifiques atmosphériques d'Environnement Canada à Downsview et à King City (Ontario) peuvent télécharger des données transmises d'ØPAL et analyser les paramètres des précipitations et leurs relations. Heureusement, le Réseau canadien pour la détection des changements atmosphériques a du personnel sur place pour soutenir les différents projets de recherche et s'assurer que tous les instruments fonctionnent bien dans l'environnement hostile de l'Arctique. Lorsque l'équipement de surveillance des précipitations d'Environnement Canada nécessite un nouveau capteur, par exemple, le personnel du Réseau canadien pour la détection des changements atmosphériques se charge de régler le problème, et les données météorologiques de haute qualité continuent d'affluer aux laboratoires d'Environnement Canada.

(NOAA), les scientifiques pourront mieux comprendre le bilan énergétique de la surface terrestre, un élément clé pour comprendre la façon dont la surface arctique change et comment ces changements influent sur les conditions météorologiques près de la surface terrestre. La compréhension de ces changements est extrêmement importante, particulièrement pour l'Arctique, en raison de leurs répercussions sur la végétation de la surface terrestre. Ces observations et leurs analyses subséquentes permettront également de concevoir des modèles de prévisions météorologiques plus sophistiqués et d'améliorer nos modèles climatiques actuels.

Le climat de l'Arctique change plus rapidement que celui des autres parties de la planète, ce qui a des répercussions sur les climats tempérés. Notre compréhension des relations complexes entre les interactions atmosphériques et de la surface terrestre, et le rayonnement, les nuages et les précipitations, constitue par conséquent une importante contribution, non seulement pour la compréhension des changements dans l'Arctique, mais également pour celle des changements de la météo et du climat de tout le Canada.

4.3 COMMENT LES OISEAUX MARINS PEUVENT AIDER À DÉTECTER LES CHANGEMENTS DES ÉCOSYSTÈMES DE L'ARCTIQUE

Chercheur principal : *W.A. Montevecchi, Université Memorial*

Cochercheurs d'Environnement Canada : *Tony Gaston, Grant Gilchrist, Mark Mallory et Keith Hobson*

Portée du projet

Les chercheurs savent depuis longtemps que les oiseaux marins constituent des échantillonneurs efficaces de l'environnement marin. Ils parcourent un vaste territoire et leurs comportements ainsi que leurs régimes alimentaires sont très variés. Pour ces raisons, lorsque les chercheurs ont entrepris d'évaluer les changements dans les réseaux trophiques marins de l'Arctique, ils ont choisi les guillemots de Brünnich et d'autres espèces d'oiseaux marins pour servir d'indicateurs. En plus d'utiliser les oiseaux pour étudier l'environnement marin, ils souhaitaient connaître les conséquences biologiques pour les oiseaux, car les changements climatiques changent les habitudes alimentaires en modifiant la répartition des espèces de poissons proies.

Ce projet s'est basé sur des relevés antérieurs des régimes alimentaires d'oiseaux marins d'un réseau important de sites de nidification, du Nunavut en passant par le courant du Labrador vers les eaux du bas Arctique à Terre-Neuve. Les chercheurs ont étudié les changements cruciaux provenant de l'« aval » (courant du Labrador) et leurs liens avec les variations dans les réseaux trophiques et les écosystèmes marins du haut Arctique.

Le plateau continental de Terre-Neuve-Labrador, qui constitue la pénétration la plus grande et la plus au sud de l'eau du bas Arctique dans l'Atlantique Nord, est alimenté par l'eau de l'Arctique du courant du Labrador. Sur le plateau continental, des sites de production océanique et de transfert d'énergie entre les niveaux trophiques croisent la zone pélagique. Dans cette zone, les oiseaux marins et d'autres prédateurs de niveau trophique supérieur recherchent de la nourriture dans les endroits où se concentrent les proies. Pour analyser les dynamiques de populations des oiseaux marins et de leurs proies, et pour juger de la santé de l'écosystème, les biologistes doivent comprendre ces points chauds de richesse biologique et l'utilisation de l'habitat par les prédateurs de niveau trophique supérieur. Ceci est particulièrement important en hiver, lorsque les conditions océanographiques et météorologiques sont extrêmes et que la tolérance physiologique des oiseaux marins est mise davantage à l'épreuve

Carte : Nick White et Paul Regular, Université Memorial

Figure 13 Emplacements des colonies d'oiseaux marins où une surveillance de l'Année polaire internationale a été effectuée

APERÇU DU PROJET

COMMENT LES OISEAUX MARINS PEUVENT AIDER À DÉTECTER LES VARIATIONS DES ÉCOSYSTÈMES

Les guillemots de Brünnich et d'autres espèces peuvent servir d'indicateurs, permettant aux chercheurs d'évaluer les modifications causées par le climat sur les réseaux trophiques marins de l'Arctique

1) Les oiseaux marins comme indicateurs des changements dans la chaîne alimentaire : collaborer avec les chasseurs d'oiseaux marins et les pêcheurs pour prélever des échantillons, afin d'analyser le régime alimentaire des oiseaux marins et de déterminer les modifications survenant dans le comportement de recherche de nourriture et causées par les changements climatiques.
2) Surveillance améliorée des oiseaux marins : obtenir un aperçu des déplacements des guillemots grâce aux appareils de repérage électronique appelés géolocalisateurs, qui permettent un suivi à longueur d'année et l'évaluation des impacts biologiques potentiels causés par les variations climatiques.

1) Les oiseaux marins comme indicateurs des changements dans la chaîne alimentaire : suivre les assemblages d'espèces-fourrage marines

Au cours des dernières années, les chercheurs ont noté des changements survenant dans la biologie des oiseaux et des mammifères marins, comme la modification des périodes de reproduction et des régimes alimentaires. Dans certains cas, les animaux qui se nourrissaient de poisson associé à la glace se sont tournés vers des espèces moins nutritives du bas Arctique et d'eaux plus chaudes.

Ces modifications survenant dans le régime alimentaire et la recherche de nourriture des oiseaux marins traduisent des changements dans les assemblages de poissons proies, qui à leur tour reflètent des changements climatiques s'opérant depuis des décennies dans l'Arctique. Dans les régions nordiques, la fonte de la glace survenant plus tôt dans la baie d'Hudson a entraîné des modifications du régime alimentaire des guillemots de Brünnich. La morue polaire associée à la glace a été remplacée par le capelan. Jusque dans les années 1990, les capelans représentaient une proportion relativement faible dans l'alimentation du guillemot. Au cours des dernières années, ils sont devenus la proie principale apportée aux oisillons.

Collaborer à l'échantillonnage des oiseaux marins

La recherche de l'Année polaire internationale s'est centrée sur les espèces de proies clés (morues polaires, capelans, poissons-lanternes et crustacés) et les oiseaux marins qui sont leurs prédateurs. En collaborant avec les chasseurs et les pêcheurs inuits, terre-neuviens et du Labrador, les scientifiques ont recueilli des oiseaux marins pour déterminer non seulement leur régime alimentaire, mais aussi leurs comportements de recherche de nourriture et leur performance de reproduction.

Les chercheurs ont étudié les oiseaux de mer à plusieurs échelles régionales et bassins océaniques. La recherche menée simultanément dans le haut et le bas Arctique leur a permis d'évaluer les influences du climat du haut Arctique sur la vie marine dans les écosystèmes du bas Arctique. L'analyse pourrait alors révéler des modifications associées au climat dans les assemblages d'espèces fourragères.

Les données recueillies sur le régime alimentaire des oiseaux marins pendant l'Année polaire internationale ont servi à prolonger la série de données recueillies entre les années 1970 et 1990. Cette base de données pourrait être utilisée pour évaluer les changements récents survenus dans la diversité et la répartition des poissons-fourrage et du zooplancton, associés aux changements dans la couverture de glace de mer et la température de l'eau.

2) Surveillance améliorée des oiseaux marins

Les chercheurs d'Environnement Canada ont installé des appareils de repérage électronique, appelés géolocalisateurs, sur les guillemots de Brünnich pour enregistrer leurs déplacements à deux colonies dans l'est de l'Arctique canadien : l'île Coats et The Minarets (Akpait). En même temps, des relevés à bord d'un navire ont été réalisés près des colonies et ont permis de décrire les conditions océaniques et la répartition des oiseaux, des poissons, des invertébrés et des mammifères marins. Les renseignements sur le régime alimentaire des oiseaux marins ont été recueillis simultanément dans les colonies et sur la mer. En associant ces données, les chercheurs pourront évaluer l'influence des changements climatiques océaniques sur les réseaux trophiques marins de l'Arctique.

Premières découvertes : les géolocalisateurs révèlent une image complexe de l'utilisation de l'habitat par les oiseaux marins

Les résultats obtenus par les géolocalisateurs ont donné une image beaucoup plus précise des déplacements du guillemot, et il y a eu quelques surprises. La nature et l'emplacement des aires d'hivernage, et les périodes de leurs migrations des guillemots vers le sud différaient de façon importante selon la colonie étudiée. Des études antérieures basées sur la récupération des bagues d'oiseau, suggéraient que les guillemots de Brünnich qui se reproduisent dans la baie d'Hudson et dans le haut Arctique migrent vers le sud en suivant le courant du Labrador, passant l'hiver sur les côtes du Labrador et de Terre-Neuve et sur les Grands Bancs de Terre-Neuve. L'information fournie par les géolocalisateurs laisse cependant entrevoir un portrait plus complexe. Plusieurs oiseaux peuvent passer la première partie de l'hiver plus loin au nord que ce qu'on pensait auparavant. Les biologistes croyaient fermement que les oiseaux de l'île Coats quittaient la baie d'Hudson en septembre. Ils ont cependant découvert que l'exode des reproducteurs de l'île Coats de la baie d'Hudson survenait seulement après la mi-novembre.

Cette découverte touche à plusieurs aspects de la biologie et de l'écologie du guillemot. Par exemple, les patrons d'accumulation de contaminants pourraient grandement différer entre les populations de guillemots. La technologie du géolocalisateur permettra d'évaluer à longueur d'année les répercussions biologiques possibles de la variation climatique sur les espèces et les populations du bas et du haut Arctique. Les scientifiques seront alors capables d'évaluer l'utilisation annuelle de l'habitat océanique par les oiseaux.

Ce projet de l'Année polaire internationale est également très important pour la collaboration circumpolaire, car les méthodes et les résultats doivent être utilisés pour une initiative du Conseil de l'Arctique : Conservation de la flore et de la faune arctiques (CFFA). Le Conseil a le mandat d'examiner la conservation de la biodiversité arctique et de communiquer les découvertes aux gouvernements et aux résidents de l'Arctique. Il permet ainsi de promouvoir des pratiques qui assurent la durabilité des ressources biologiques de l'Arctique.

INNOVATION

SUIVRE LE VOL DES GUILLEMOTS

La surveillance des oiseaux marins sur les aires de reproduction peut s'avérer difficile, mais les surveiller lors de leurs migrations et les suivre jusqu'à leurs aires d'hivernage dans des endroits inaccessibles posent de bien plus grands défis. Auparavant, les scientifiques tiraient la majorité des renseignements sur les déplacements des oiseaux marins en récupérant les bagues posées sur leurs pattes. Malheureusement, cette méthode biaisait énormément l'échantillonnage : les bagues étaient prélevées seulement après la mort des oiseaux, et les chasseurs, les pêcheurs ou d'autres personnes devant les prélever n'étaient pas répartis uniformément sur le territoire.

Les chercheurs ont résolu le problème grâce à un nouvel appareil de repérage électronique appelé géolocalisateur. Les géolocalisateurs étaient utilisés auparavant pour les grands oiseaux marins (l'albatros et le manchot), mais, comme ils ont été énormément miniaturisés, il est devenu possible de les installer sur de plus petits oiseaux. Ils pèsent maintenant moins de 10 g : cette taille convient aux guillemots (*Uria* spp.) sans restreindre excessivement leurs mouvements. Dans le cadre de l'étude de l'Année polaire internationale, les scientifiques d'Environnement Canada ont installé des géolocalisateurs sur les guillemots de Brünnich (*Uria lomvia*) à deux sites de nidification dans l'est de l'Arctique canadien : l'île Coats et The Minarets (*Akpait*).

Ces enregistreurs de données miniatures installés sur les oiseaux suivent et enregistrent le comportement des oiseaux marins qui recherchent de la nourriture près des colonies. Un interrupteur « humide-sec » permet d'enregistrer les moments où les oiseaux amerrissent ou quittent l'eau. De plus, les géolocalisateurs enregistrent de l'information sur les taux lumineux. Les chercheurs peuvent utiliser ces fonctions pour déterminer le moment où les oiseaux commencent leur période à la colonie et la terminent, et pour cartographier les voies de migration et surveiller l'utilisation hivernale de l'habitat.

En se basant sur l'expérience de l'Année polaire internationale, les scientifiques d'Environnement Canada ont entrepris une nouvelle approche pour surveiller les oiseaux marins. Ils ont réduit le baguage des guillemots et ont plutôt l'intention d'utiliser des géolocalisateurs pour étudier les déplacements et les aires d'hivernage.

PPhoto : Kerry Woo, Service canadien de la faune, Environnement Canada

Sur l'île Coats de la baie d'Hudson, un biologiste tient un guillemot de Brünnich équipé d'un géolocalisateur qui fournira des données sur l'emplacement des oiseaux pendant la migration et l'hivernage.

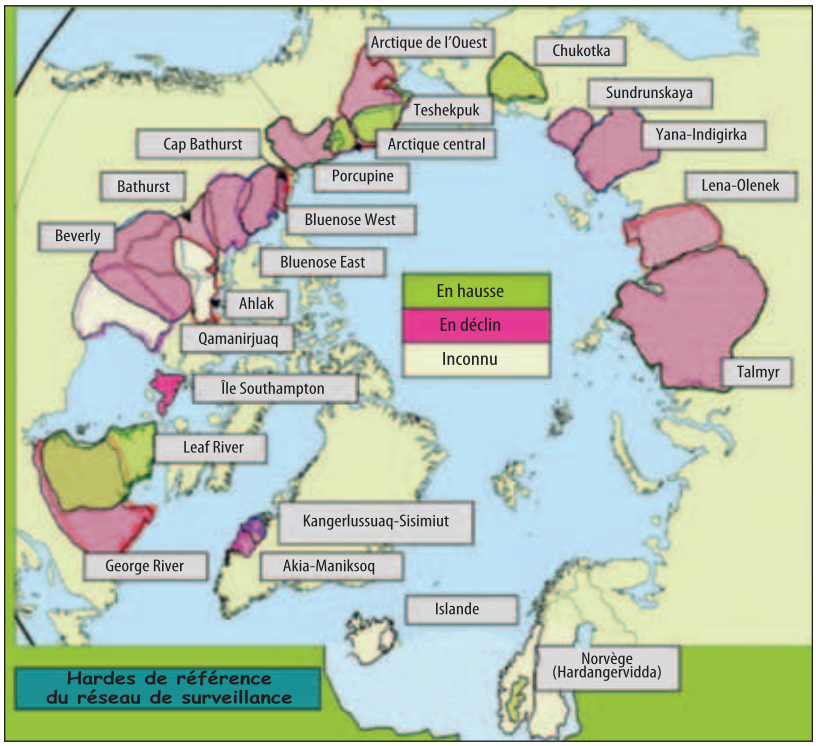
4.4 SURVEILLANCE DES RÉPERCUSSIONS DES CHANGEMENTS À L'ÉCHELLE MONDIALE SUR LE CARIBOU ET LE RENNE SAUVAGE ET DES LIENS AVEC LES COLLECTIVITÉS HUMAINES (CARMA)

Chercheur principal : *Don Russell, Collège du Yukon (mis à l'émérite pour Environnement Canada)*

Cochercheuse d'Environnement Canada : *Wendy Nixon*

Portée du projet

La Surveillance des répercussions des changements à l'échelle mondiale sur le caribou et le renne sauvage est un réseau international qui concentre ses recherches sur les répercussions des changements climatiques planétaires sur les hardes mondiales de *Rangifer* sauvage (renne et caribou). Il fait partie d'un ensemble de réseaux dans le cadre du Programme de surveillance de la biodiversité circumpolaire (CBMP). Environnement Canada coordonne la participation canadienne à ce programme.



Carte : Don Russell, Environnement Canada

Figure 14 État actuel des hardes migratoires à travers le Nord circumpolaire

Pour les statuts les plus récents sur chaque troupeau de caribous, consultez : http://carmanetwork.com/display/public/Herd+Overview

Le réseau de surveillance comprend des pays abritant des hardes de *Rangifer* sauvage, du Canada, en passant par la Russie et la Norvège, à l'Islande. Ce réseau international, en activité depuis six ans, réunit des chercheurs, des spécialistes de l'habitat, des experts climatiques, des vétérinaires, des écologistes des maladies, des représentants des collectivités et des agences de gestion.

Tandis que les communautés autochtones ont vécu avec l'abondance et la rareté du caribou depuis des millénaires, la science occidentale n'a accumulé des données plus ou moins systématiques que depuis les 40 dernières années : une période qui a débuté avec des baisses de populations de caribous, qui a continué avec des hausses presque mondiales et qui, au cours de la dernière décennie, a été caractérisée par des déclins de populations importants et largement étendus. Également pendant cette période de 40 ans, au moins en Amérique du Nord, la gestion des hardes par un règlement gouvernemental central s'est transformée en un contrôle plus local géré principalement par de nombreux règlements des revendications foncières. Comme les hardes sont en déclin, les groupes responsables ont posé des questions pointues au sujet des causes des déclins et ont demandé si, avec l'accroissement du développement, de l'activité humaine et des changements climatiques, et avec des méthodes de chasse plus efficaces, les hardes se rétabliraient. Et plus encore : ils recherchent de l'aide pour savoir ce qui doit être fait pour arrêter les déclins et favoriser le rétablissement des hardes. En ce qui a trait aux quelques hardes n'ayant pas subi de déclin ou ne faisant que commencer à décliner, l'expérience acquise constituera un outil inestimable au cas où ces hardes commenceraient vraiment à décliner. La grande partie de cette expérience collective doit par conséquent être formellement « conservée », une tâche constituant l'objectif principal du réseau de surveillance et d'évaluation de *Rangifer*.

APERÇU DU PROJET

SURVEILLANCE DES RÉPERCUSSIONS DES CHANGEMENTS À L'ÉCHELLE MONDIALE SUR LE CARIBOU ET LE RENNE SAUVAGE ET DES LIENS AVEC LES COLLECTIVITÉS HUMAINES

Un réseau international surveillant le caribou et le renne dans le Nord circumpolaire et visant à établir de meilleures relations entre Rangifer et les humains

1) Suivi des indicateurs écologiques : grâce à la surveillance des hardes et à la comparaison des résultats, le réseau examine les facteurs de santé qui influent sur les animaux.
2) Synthèse du réseau de surveillance : examiner les grandes tendances de l'habitat et des populations en explorant les liens entre des facteurs comme le climat, l'habitat, la disparition du lichen et les maladies infectieuses.
3) Création d'outils de surveillance et d'aide à la décision : des protocoles de vérification sur le terrain pour les chasseurs, des vidéos de formation et des outils d'évaluation des effets cumulatifs pour aider les agences de gestion du caribou.

Photo : Anne Gunn

Rassemblement de hardes de caribous en juillet, près du lac McKay (Territoires du Nord-Ouest), 2003.

Suivi des indicateurs écologiques

Les organisateurs du réseau de surveillance ont reconnu que le renne et le caribou habitant le monde circumpolaire étaient de plus en plus menacés par les changements climatiques et le développement industriel. Chercheur principal du réseau, Don Russell a déclaré que son objectif premier était simplement de « rassembler les gens pour parler de ce qu'il advient des hardes ». Au Canada en particulier, les responsabilités de gestion du caribou étaient en train de changer en raison de la croissance de l'importance des conseils de gestion de la faune établis par des règlements de revendications foncières. Cela a accru la demande pour une information et une compréhension approfondies des relations entre *Rangifer* et les humains.

Pour tirer le meilleur parti de son financement de l'Année polaire internationale, le réseau de surveillance a utilisé les données déjà existantes et a normalisé les techniques de cueillette de nouveaux renseignements. Les membres du réseau concentrent leurs recherches sur les hardes sur lesquelles existe une bonne base de données et collaborent avec des instituts, des agences, des commissions et des conseils s'engageant à coopérer dans une future surveillance.

Approche de synthèse du réseau de surveillance

L'objectif général du réseau de Surveillance des répercussions des changements à l'échelle mondiale sur le caribou et le renne sauvage est d'évaluer la vulnérabilité continue des hardes de *Rangifer* dans le Nord aux changements planétaires. Il sera réalisé en établissant des comparaisons entre un certain nombre de hardes étudiées par des partenaires actifs du réseau et pour lesquelles il existe une base de données rétrospectives relativement riche. À cette fin, le réseau de surveillance a rédigé quelques questions de synthèse clés :

1. **Quelle est l'importance des aires de répartition saisonnières du caribou et du renne?**
   Quelle est la contribution relative des différentes aires de répartition à la fécondité, aux agents pathogènes (parasites et maladies), à l'état physique et à la survie de *Rangifer* vêlant en Arctique?
2. **Quelles sont les différences entre les hardes?**
   Ces relations sont-elles semblables ou diffèrent-elles entre les hardes?
3. **Qu'est-ce qui cause la croissance ou le déclin des hardes?**
   Existe-t-il une série commune de variables d'entrée (habitat) et de sortie (démographie) indiquant les tendances de la croissance d'une harde?
4. **Quelle est l'importance des agents pathogènes et des prédateurs?**
   De quelle façon les agents pathogènes et les prédateurs influent-ils sur la productivité, l'utilisation de l'habitat et la distribution de *Rangifer* (approche descendante)?
5. **Quelles sont les répercussions des récoltes humaines sur la croissance ou le déclin du caribou et du renne?**
   Les humains influent-ils sur l'augmentation ou la compensation de l'abondance des populations?
6. **Comment les gens réagissent-ils aux changements et comment devraient-ils réagir à l'avenir?**
   Quelles sont les formes des réactions communautaires humaines (atténuation, adaptation ou transformation) aux changements survenant dans l'abondance, la distribution, la fécondité, la santé et l'état physique du caribou?

Création d'outils pratiques

Le site Web du réseau de Surveillance des répercussions des changements à l'échelle mondiale sur le caribou et le renne sauvage contient maintenant des protocoles de surveillance pour évaluer l'état physique et la santé des animaux, ainsi que les facteurs démographiques. Des techniques sur le terrain sont présentées en deux volets : de simples méthodes que les chasseurs peuvent suivre après une formation minimale, et des techniques de surveillance plus poussées pour un personnel formé qui documentera la santé et l'état des caribous. Une vidéo de formation pour les chasseurs, contenant de plus amples renseignements sur la santé du caribou, a également été produite. En partageant des expériences et en surveillant les hardes de la même manière, le réseau de surveillance vise à déterminer les vulnérabilités de chacune des hardes.

Les experts du réseau ont également créé un outil d'aide à la décision pour les conseils de cogestion et les agences de gestion. Un tel outil, qui examine les évaluations des effets cumulatifs, aidera les agences de gestion du caribou à évaluer la façon dont le caribou réagit aux facteurs de stress multiples, comme l'activité minière et d'autres activités de développement régional.

RÉALISATIONS DU RÉSEAU DE SURVEILLANCE DES RÉPERCUSSIONS DES CHANGEMENTS À L'ÉCHELLE MONDIALE SUR LE CARIBOU ET LE RENNE SAUVAGE

- Établissement d'un réseau international de *Rangifer*
- Rencontres de réseau annuelles pour discuter de la création de produits clés
- Établissement d'une stratégie de gestion des données et d'une base de données centrale sur les caractéristiques des hardes
- Établissement de protocoles de surveillance normalisés mis en œuvre dans l'Arctique
- Élaboration de modèles de populations reposant sur des hardes intensément étudiées et testage des modèles sur des hardes moins intensément étudiées
- Création d'outils d'aide à la décision pour gérer chacune des hardes
- Commencement de la rédaction d'un manuel de synthèse décrivant l'état actuel de la connaissance sur les populations de *Rangifer*, les dynamiques de leurs populations, ainsi que le rôle et l'approche des systèmes de gestion

4.5 AUTRES PROJETS RECEVANT UN APPUI NON FINANCIER D'ENVIRONNEMENT CANADA

Environnement Canada a fourni un appui non financier aux projets suivants (également présentés à l'annexe).

- Projet d'utilisation et d'occupation des glaces marines par les Inuits – Université Carleton
- Répercussions des fortes tempêtes arctiques et des changements climatiques sur les processus océanographiques de l'Arctique – Pêches et Océans Canada
- Courants d'eau douce traversant l'archipel canadien - Pêches et Océans Canada
- État du pergélisol et changements climatiques : une contribution canadienne au projet de l'Année polaire internationale de l'Association internationale du pergélisol – Université d'Ottawa
- Détermination de l'alimentation du requin du Groenland dans un Arctique en pleine évolution – Université de Windsor

De plus amples renseignements peuvent être trouvés sur le site Web canadien de l'Année polaire internationale : www.ipy-api.gc.ca/pg_IPYAPI_050-fra.html.

5 CONCLUSION

Grâce à leurs compétences et à leur expérience, les scientifiques d'Environnement Canada contribuent grandement aux projets décrits dans le présent rapport sur les réalisations dans le cadre de l'Année polaire internationale. Environnement Canada a également fourni l'infrastructure et son appui à ces projets, y compris les prévisions aéronautiques, maritimes, publiques et des glaces. Par l'entremise des recherches et du financement offerts par l'Année polaire internationale, Environnement Canada a renforcé ses ressources en lien avec les recherches nordiques, comblant d'importantes lacunes dans ses connaissances et étendant ces dernières à de nouveaux domaines qui seront cruciaux dans un environnement dynamique et en évolution rapide. Les projets menés par les chercheurs de l'Année polaire internationale ont créé un héritage aux multiples aspects.

- **Développement de nos ressources de recherche et de surveillance :** l'Année polaire internationale a permis à Environnement Canada et à ses partenaires de recherche d'établir et d'étendre des réseaux de surveillance environnementale dans le Nord. Les projets sur les écosystèmes d'eau douce et sur la cryosphère, par exemple, ont permis d'étendre les réseaux de surveillance environnementale d'Environnement Canada, comblant des lacunes dans la base de données canadienne sur les sources, les rivières, les lacs, les glaciers et les mers. Le projet de Transport atmosphérique intercontinental de polluants anthropiques vers l'Arctique (TAIPAA) a établi et lié internationalement la surveillance des polluants, apportant un ajout significatif à notre compréhension du transport sur de longues distances des polluants vers l'ouest de l'Arctique canadien.
- **Réseaux de recherche renforcés :** un héritage important de l'Année polaire internationale a été l'établissement et le renforcement des liens entre les chercheurs du pays et du monde. L'étendue et la profondeur des défis environnementaux arctiques ont nécessité une coopération et un partage de l'information. Plusieurs des projets d'Environnement Canada font partie de réseaux internationaux plus larges.
- **Innovation :** grâce au GEM-polaire, le projet de Projections météorologiques et environnementales dans l'Arctique (TAWEPI) a fourni un nouveau modèle informatisé pour améliorer les prévisions météorologiques et environnementales dans l'Arctique canadien. Son lancement en mai 2009 a grandement devancé la date prévue. Le traîneau autonome et très mobile OOTI (Out-On-The-Ice, sur la glace), utilisé dans le cadre du projet OASIS-CANADA, a permis aux scientifiques de recueillir un grand nombre de données atmosphériques dans les endroits les plus éloignés. Plusieurs nouvelles utilisations du traîneau OOTI seront possibles dans les années à venir. Les bouées automatisées de surveillance, conçues dans le cadre des projets sur les écosystèmes d'eau douce et sur la cryosphère, continueront elles aussi à fournir des données essentielles.
- **Outils pour une adaptation nordique :** les changements climatiques sont une réalité, et le Nord y est particulièrement vulnérable. La recherche d'Environnement Canada pour l'Année polaire internationale a visé par conséquent à recueillir de meilleures informations environnementales pour les habitants nordiques : de l'amélioration des moyens de prévisions météorologiques à la fourniture de nouveaux renseignements sur les polluants et les dynamiques de la glace, de la neige et des eaux de surface. Le projet sur la cryosphère permet aux habitants nordiques de comprendre les conditions de la glace changeant rapidement, afin qu'ils puissent naviguer en sécurité dans leur environnement. Les résultats obtenus sur les

contaminants de l'air dans le cadre du projet de Transport atmosphérique intercontinental de polluants anthropiques vers l'Arctique sont communiqués aux habitants nordiques pour leur permettre de comprendre les répercussions possibles sur leurs collectivités.

Chacun des projets a abouti à de nouvelles découvertes et à d'autres questions pour la science nordique. L'approche canadienne, consistant à associer l'activité scientifique à l'expertise et au savoir traditionnels des personnes autochtones et des collectivités nordiques, a révélé de nouvelles perspectives et une compréhension plus approfondie de l'Arctique. Même si la période d'observation officielle de l'Année polaire internationale 2007-2008 est terminée, il ne s'agit en fait que du début d'une nouvelle ère de sensibilisation et de connaissances sur l'Arctique.

Photo : Francis St-Pierre, Environnement Canada

Vue aérienne de l'île d'Ellesmere, 2009.

ANNEXE PROJETS CANADIENS DE L'ANNÉE POLAIRE INTERNATIONALE

Il y a eu 45 projets financés par le programme de l'Année polaire internationale du gouvernement du Canada et 11 projets financés par le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG). Les projets dans lesquels Environnement Canada s'est engagé sont en gras dans le tableau ci-dessous.

Voici le lien vers la carte illustrant les emplacements des projets de l'Année polaire internationale, accompagnés de leur brève description :
www.ipy-api.gc.ca/pg_IPYAnnée polaire internationale_050-fra.html.

Voici le lien vers la description des projets de l'Année polaire internationale ayant reçu une subvention du CRSNG :
www.nserc-crsng.gc.ca/NorthernResearch-RechercheNordique/IPYProj-APIProj_fra.asp.

Programme du gouvernement du Canada pour l'Année polaire internationale

Titre du projet	Chercheur principal	Affiliation
Glace marine et océans		
Étude sur le chenal de séparation circumpolaire	David Barber	Université du Manitoba
Production océanique de gaz à l'état de traces dans l'Arctique et répercussions sur le climat	Maurice Levasseur	Université Laval
Le cycle du carbone dans la marge continentale arctique et sub-arctique du Canada	Charles Gobeil	Université du Québec
Répercussions des fortes tempêtes arctiques et des changements climatiques sur les zones côtières	William Perrie	Pêches et Océans Canada
Enquête sur les effets des changements climatiques sur les éléments nutritifs et les cycles de carbone dans l'océan Arctique	Roger Francois	Université de la Colombie-Britannique
Courant océanique de l'Arctique canadien	Humfrey Melling	Pêches et Océans Canada
C3O – Les trois océans du Canada	Eddy Carmack	Pêches et Océans Canada
Hydrologie ou cryosphère		
Mesurer les répercussions des changements climatiques sur les paysages et les réseaux hydrographiques de l'Extrême Arctiquec	Scott Lamoureux	Université Queen's
Variabilité et changement dans la cryosphère canadienne (neige et glace)	Anne Walker	Environnement Canada
Écosystèmes d'eau douce en Arctique	Frederick Wrona	Environnement Canada
Changement environnemental dans l'Extrême-Arctique, selon les carottes de neige et de glace	Jocelyne Bourgeois	Ressources naturelles Canada
État du pergélisol et changements climatiques	Antoni Lewkowicz	Université d'Ottawa

Titre du projet	Chercheur principal	Affiliation
Atmosphère		
Projections météorologiques et environnementales dans l'Arctique	Ayrton Zadra	Environnement Canada
Le laboratoire PEARL à proximité du pôle – recherche atmosphérique dans l'Extrême Arctique	James Drummond	Université de Toronto
OASIS-CANADA : Comprendre l'ozone et le mercure dans l'air au-dessus de l'océan Arctique	Jan Bottenheim	Environnement Canada
Polluants transportés par voie aérienne jusque dans l'Arctique (TAIPAA)	Hayley Hung	Environnement Canada
Ecosystèmes		
Répercussions de la limite des zones arborées dans l'Arctique	Karen Harper	Université Dalhousie
Incidences des changements climatiques sur la toundra de l'Arctique canadien	Greg Henry	Université de la Colombie-Britannique
Répercussions des changements climatiques sur la faune de la toundra	Gilles Gauthier	Univrsité Laval
Cycle de carbone		
Dynamique du carbone, des microbes et de la communauté végétale dans la toundra du Bas-Arctique	Suzanne Simard	Université de la Colombie-Britannique
Évolution des forêts et des tourbières le long de la vallée du Mackenzie	Jagtar Bhatti	Ressources naturelles Canada
Faune		
Écosystèmes polaires en transition : une enquête interdisciplinaire sur les répercussions des changements climatiques sur les ours blancs	Elizabeth Peacock	Gouvernement du Nunavut
Comment les oiseaux marins peuvent aider à détecter les variations des écosystèmes de l'Arctique	William Montevecchi	Memorial University
Marquage du béluga dans l'Arctique	Mike Hammill	Pêches et Océans Canada
Effets de la variabilité du climat et des changements climatiques sur l'omble chevalier dans l'Arctique	James Reist	Pêches et Océans Canada
Détermination de l'alimentation du requin du Groenland dans un Arctique en pleine évolution	Aaron Fisk	Université de Windsor
Effets du réchauffement de la planète sur l'ours blanc, le phoque et la baleine	Steve Ferguson	Pêches et Océans Canada
Surveillance des répercussions des changements à l'échelle mondiale sur le caribou et le renne sauvage et des liens avec les collectivités humaines	Don Russell	Collège du Yukon

Titre du projet	Chercheur principal	Affiliation
Changement environnemental et utilisation traditionnelle dans la plaine Old Crow (nord du Canada)	Shel Graupe	Première nation Vuntut Gwitch'in
Bien-être communautaire		
Étude sur les bancs de glace des Territoires du Nord-Ouest	Thomas Andrews	Centre du patrimoine septentrional du Prince de Galles, gouvernement des Territoires du Nord-Ouest
Projet d'utilisation et d'occupation des glaces marines par les Inuits	Claudio Aporta	Université Carleton
Histoires des Inuits : Changements climatiques et liens historiques dans l'Arctique canadien	Patricia Sutherland	Musée canadien des civilisations
Aménagement de terres humides pour l'épuration des eaux résiduaires dans les collectivités de l'Arctique	Brent Wootton	Collège Fleming
Dynamisme des sociétés inuites dans l'histoire de l'Arctique	Trevor Friesen	Université de Toronto
Inciter les collectivités à surveiller la salubrité des aliments traditionnels	Manon Simard	Société Makivik
Les collectivités dans l'Arctique en pleine évolution	Barry Smit	Université de Guelph
Répercussions des activités pétrolières et gazières sur les peuples de l'Arctique	Dawn Bazely	Université York
Découverte de Kwaday Dan Ts'inchi - Améliorer notre compréhension par des études scientifiques et communautaires reliées	Sheila Greer	Premières nations de Champagne et d'Aishihik
Habitants, culture, résilience et caribou de l'Arctique	Cindy Dickson	Conseil des Premièrs nations du Yukon
Documenter le savoir traditionnel associé aux changements climatiques et ses répercussions sur le territoire traditionnel Tr'ondëk Hwëch'in	Allie Winton	Tr'ondëk Hwëch'in
Santé humaine		
Évaluation de l'efficacité de la vaccination des jeunes enfants de la région du Nunavik contre les infections respiratoires	Philippe DeWals	Université Laval
Effort concerté pour éliminer les virus de l'hépatite du Nord canadien	Gerald Minuk	Université du Manitoba
Le papillomavirus (VPH) et les maladies cervicales dans les Territoires du Nord-Ouest	Yang Mao	Agence de santé publique du Canada
Programme de recherche intégrée sur les gras et lipides marins de l'Arctique	Eric Dewailly	Centre Hospitalier de l'Université Laval
Enquête sur la santé des Inuits – transition et résilience	Grace Egeland	Université McGill

Récipiendaires d'une subvention de l'Année polaire internationale du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie

David Barber	Université du Manitoba	Étude sur le chenal de séparation circumpolaire
Jean-Pierre Blanchet	Université du Québec à Montréal	Detection and assessment of the dehydration-greenhouse feedback in the Arctic: A contribution to the HIAA's project
Gilles Gauthier	Université Laval	Observatoires de la faune arctique reliant les écosystèmes vulnérables (ArcticWOLVES)
Paul Hebert	Université de Guelph	Polar Research Observatories for Biodiversity and the Environment (PROBE)
Gregory Henry	Université de la Colombie-Britannique	The state of Arctic tundra using the International Tundra Experiment (ITEX) network
David Hik	Université de l'Alberta	Climate forcing of alpine tundra ecosystems in southwest Yukon
Susan Kutz	Université de Calgary	Resilience of caribou and reindeer populations: Validation and application of the filter paper technique to access exposure to pathogens during International Polar Years
André Rochon	Université du Québec à Rimouski	Natural climate variability and forcings in the Canadian Arctic and Arctic Ocean
Martin Sharp	Université de l'Alberta	The dynamic response of Arctic glaciers to global warming
Theodore Shepherd	Université de Toronto	Structure and evolution of the polar stratosphere and mesosphere and links to the troposhere
Warwick Vincent	Université Laval	Microbial biodiversity of High Arctic ecosystems: Canadian partnership in the International Polar Year program MERGE