

Publié par :

Pêches et Océans Canada
Direction des communications
Ottawa (Ontario)
K1A 0E6

DFO/2010-1667

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada 2010

N° de cat. Fs23-560/1-2010F
ISBN 978-1-100-94655-9 papier

N° de cat. Fs23-560/1-2010F-PDF
ISBN 978-1-100-94656-6 PDF

Imprimé sur du papier recyclé.

La version électronique du présent rapport se trouve sur le site Web : www.dfo-mpo.gc.ca/science

Pour obtenir de plus amples renseignements ou pour obtenir des exemplaires supplémentaires de ce rapport, veuillez communiquer avec la Direction générale des communications de Pêches et Océans Canada, à l'adresse ci-dessus ou par courrier électronique à l'adresse suivante : info@dfo-mpo.gc.ca

Téléphone : 613-993-0999
Télécopieur : 613-990-1866
Téléimprimeur : 1-800-465-7735

Sur la page recto du rapport, de haut en bas :

Travaillant à l'Étude des eaux traversant l'archipel canadien, le technicien marin Jo Poole a préparé un sonar à effet Doppler à quatre faisceaux, de pointe, à bord du NGCC *Henry Larsen*, avant de le déposer sur le plancher océanique pour mesurer les courants et la dérive de glace dans le détroit de Nares de 2007 à 2009. Photo : MPO

Un morse (*Odobenus rosmarus*) doté d'un émetteur satellite se prélassait au soleil sur un littoral rocheux de l'océan Arctique. Avec la chaleur, le débit sanguin à la surface de la peau du morse augmente pour permettre à sa température corporelle de se rétablir, ce qui donne à sa peau une teinte légèrement rosée. Photo : MPO

L'océanographe-physicienne Sarah Zimmerman prélève des échantillons d'eau arctique, à bord du NGCC *Louis S. St Laurent*. Photo : © Paul Galipeau, 2007.

Livee Qulualiq du Nunavut utilise un téléphone satellite Iridium afin de garder contact avec les siens pendant sa mission en mer. Sa connaissance de l'habitat et du comportement de la baleine boréale (*Balaena mysticetus*) a été fort utile aux chercheurs qui sondaient l'Arctique de l'Est à la recherche de ces baleines. Photo : MPO

Le NGCC *Louis S. St-Laurent* attend le retour des chercheurs de l'API en quête d'échantillons de glace à 78° de latitude nord, 150° de longitude ouest. Photo : © Luc Rainville, Applied Physics Laboratory, University of Washington, 2007.

En toile de fond, une photo prise du pont du NGCC *Louis S. St-Laurent* montre le bleu de l'océan, le ciel et l'horizon de l'Arctique. Photo : © Paul Galipeau, 2007.

Table des matières

Le Canada et l'Année polaire internationale : Principaux résultats et réalisations	2
Introduction	4
Principaux projets de l'API dirigés par Pêches et Océans Canada	5
Les Trois océans du Canada	5
Étude des eaux traversant l'archipel canadien	7
Examen des répercussions des fortes tempêtes arctiques et des changements climatiques sur les processus océaniques dans l'Arctique	9
Le réchauffement de la planète et les mammifères marins de l'Arctique	11
Localisation des bélugas dans la région arctique (LBRA)	12
Variabilité du climat et répercussions du changement climatique sur l'omble chevalier dans l'Arctique	14
Principaux projets menés en collaboration avec Pêches et Océans Canada dans le cadre de l'API	16
Étude du chenal de séparation circumpolaire	16
Le cycle du carbone dans la marge continentale arctique et subarctique du Canada	16
Détermination de l'alimentation du requin du Groenland dans un Arctique en pleine évolution	17
Mobiliser les collectivités pour surveiller les zoonoses afin de répondre aux préoccupations relatives à la sécurité de l'approvisionnement en nourriture traditionnelle au Canada	17
Arctic Surface Ocean – Lower Atmosphere Study (SOLAS)	18
Écosystèmes d'eau douce de l'Arctique : Hydrologie et écologie	19
Personnes-ressources pour les projets	21



Photos : De gauche à droite – MPO, MPO, © Paul Galipeau.

Le Canada et l'Année polaire internationale : Principaux résultats et réalisations

Les travaux de recherche menés au cours des Années polaires internationales antérieures, de même que ceux menés en permanence dans le Nord ont mis en évidence des changements majeurs touchant l'Arctique canadien. L'Année polaire internationale 2007-2008 a permis de combler certaines lacunes dans notre compréhension de ces changements et de leurs répercussions. Désormais, nous avons une meilleure connaissance de la circulation océanique arctique, des flux qui traversent l'archipel canadien, de l'état de la glace, des apports en eau douce, ainsi que des influences réciproques complexes qui s'exercent dans des zones névralgiques pour la biodiversité comme les chenaux de séparation. Au-delà de l'héritage scientifique, entre autres les données référence et les nouvelles technologies, l'Année polaire internationale laisse derrière elle un réseau de partenariats et une nouvelle génération de jeunes scientifiques.

Il faudra quelque temps pour parvenir à un tableau intégré, mais comme la plus grande partie de l'étude sur le terrain a été menée à bien en 2007-2008, certains résultats clés sont déjà ressortis :

- En 2007 et 2008, la superficie de la banquise en été dans l'Arctique a atteint un minimum record, et la glace pluriannuelle a connu une réduction, tant en superficie qu'en épaisseur.
- La glace de mer joue un rôle important dans presque tous les aspects de l'environnement, par exemple en réduisant la réponse océanique aux tempêtes. Les eaux libres accroissent la vitesse des vents de surface, qui influencent les courants à la surface de la mer, le brassage des couches supérieures de l'océan et les températures à la surface de la mer, ce qui nous ramène au changement climatique et à la variabilité du climat.

- La diminution du volume des glaces a entraîné une augmentation du flux de carbone organique vers le plancher de l'océan Arctique. À partir des carottes de sédiments prélevées dans les systèmes marins de l'Arctique, les chercheurs étudient l'enfouissement de ce carbone organique et son retour à l'état de dioxyde de carbone pour en apprendre davantage sur le rôle de l'océan Arctique dans le cycle du carbone.

De profonds changements touchent l'océan Arctique :

- Les eaux de l'océan Atlantique qui pénètrent dans le détroit de Fram se sont réchauffées de 0,5 °C depuis l'an 2000.
- La stratification de la couche supérieure de l'océan croît en raison d'un cycle hydrologique accéléré et d'une plus grande fonte des glaces.
- Le débit d'eau dans le détroit de Fram est de 55 000 km³ par an et, sur cette masse, le débit d'eau douce est de 3 600 km³ par an – plus de dix fois le débit du fleuve Mackenzie. Cet apport en eau douce peut ralentir la circulation océanique profonde qui mène le Gulf Stream et influence le climat.
- L'océan Arctique s'acidifie en raison de l'augmentation des émissions de dioxyde de carbone anthropogénique et de l'addition continue d'eau de fonte de la glace de mer faiblement alcaline à la couche de mélange saisonnière.

Ces changements entraînent d'importantes répercussions sur les écosystèmes :

- Dans la baie d'Hudson, à mesure que la banquise recule, l'écosystème évolue et passe d'un système dominé par les ours polaires ou les phoques, avec les chasseurs inuits au sommet, à un système dominé par les cétacés, avec les épaulards au sommet de la chaîne alimentaire. Cette évolution sape la culture de subsistance ancestrale inuite.

- Les données des observateurs inuits, qui relèvent du savoir écologique traditionnel, font état d'observations de temps à autre de mammifères marins que l'on ne voyait pas habituellement dans la baie d'Hudson. C'est ainsi que 53 épaulards ont été identifiés lors de neuf observations différentes. D'autres observations ont révélé à l'occasion la présence de baleines boréales, de requins du Groenland et de phoques de Groenland.
- L'état de l'écosystème de la baie d'Hudson et de la baie James, de même que la façon dont certaines espèces pourraient réagir au changement climatique et à la variabilité du climat, sont en outre évalués par des études de la distribution, des mouvements et de l'habitat essentiel du béluga et de l'omble chevalier.
- L'étude de la région d'eaux libres persistantes dans l'Arctique, appelée le chenal de séparation circumpolaire, explore l'importance des phénomènes climatiques dans l'évolution de la nature de ce système et les effets de ces changements sur l'écosystème marin, le transport des contaminants, les flux de carbone et les gaz à effet de serre.



Le navire NGCC *Henry Larsen*, qui a appuyé l'Étude des eaux traversant l'archipel canadien, dans le cadre de l'API, dans le fjord Petermann, le 20 août 2009. La minuscule chute a en réalité 200 mètres de hauteur. Le glacier n'a pas de nom. Ce majestueux fjord, qui a plus de 1 100 mètres de profondeur, est bordé de falaises qui s'élèvent abruptement à 900 mètres au-dessus du niveau de la mer. Il abrite un fleuve de glace qui s'écoule du champ de glace du Groenland pour former une plateforme de glace flottante qui mesure 20 km de largeur sur 70 km de longueur. Comme cette plateforme perd 90 % de son épaisseur originale de 600 mètres en fondant sur place, elle contribue à l'apport eau douce dans le détroit de Nares, point névralgique de l'Étude. En ce lieu, l'équipe de l'Étude a effectué des relevés pour échantillonner l'eau de fonte. Photo : MPO

Introduction

L'investissement de 150 millions de dollars effectué par le gouvernement du Canada à l'appui de l'Année polaire internationale (API) privilégiait deux thèmes : les répercussions du changement climatique et l'adaptation à ces changements, d'une part, et la santé et le bien-être des collectivités du Nord, d'autre part. Les chercheurs principaux de Pêches et Océans Canada (MPO) ont dirigé 6 des 51 projets scientifiques de l'Année polaire internationale financés sous l'égide du programme canadien, tous dans la foulée des études sur le climat. Les scientifiques du MPO ont également collaboré à de nombreux autres projets de l'API.

Outre qu'il constitue l'une des principales questions scientifiques de notre époque, le changement climatique touche de nombreux aspects du mandat du MPO au sein du gouvernement du Canada, notamment la gestion de l'habitat et des pêches, les espèces en péril, les ports pour petits bateaux ainsi que la sécurité maritime et la sûreté. La participation du MPO à l'Année polaire internationale a apporté des connaissances nouvelles sur la façon dont le climat est influencé par le système océanique ou des glaces dans l'Arctique, de même que sur l'état de l'environnement arctique, les répercussions majeures du changement climatique sur l'Arctique et la façon dont il affecte les écosystèmes et les animaux aquatiques dont sont tributaires les habitants du Nord.

Les résultats de la recherche effectuée dans le cadre de l'API, en collaboration avec les collectivités et les peuples nordiques, constituent une étape à l'appui de l'élaboration de stratégies pour la gestion et la conservation des espèces et pour l'adaptation à l'évolution de l'Arctique. Ces résultats fournissent des données concrètes constituant l'assise de la science de l'Arctique des années à venir.

À l'échelle planétaire, l'océan Arctique et ses échanges avec les océans Pacifique et Atlantique sont maintenant considérés comme un important moteur des courants océaniques mondiaux.

Les changements touchant le bilan thermique dans l'Arctique en raison du recul de la banquise créent un cercle vicieux qui renforce le réchauffement climatique. D'importantes élévations de la température et du niveau de la mer se produisent, avec la possibilité de changements radicaux dans le comportement de l'écosystème. Ces éventuels changements sont influencés par des modifications chimiques telles que l'acidification des océans et l'hypoxie (faible teneur en oxygène).

Dans l'Arctique canadien, la dimension humaine locale des répercussions du changement climatique a été démontrée au fil des projets de l'API. Et on a montré l'importance du savoir ancestral des peuples du Nord dans les domaines de l'écologie, de la météorologie, de la glace et des mammifères marins. Parmi les résultats qui se dégagent de la recherche, mentionnons la prise de conscience de la nécessité de renforcer la surveillance communautaire dans la région, de mettre en place des réseaux de surveillance à long terme dans l'Arctique et de disposer d'un système d'observations détaillées pour approfondir notre connaissance de l'environnement polaire du Canada.

En même temps que la recherche sur le changement climatique, sous l'égide de l'API, en 2008, le MPO a mis en place l'Initiative des sciences sur le changement climatique (ISCC), qui s'appuie sur des efforts de recherche à l'échelle nationale. Sous l'égide de l'ISCC, les travaux de recherche sur le changement climatique s'attachent à comprendre le rôle des océans dans les climats régionaux pour mieux prévoir et gérer les répercussions du changement climatique futur; évaluer les vulnérabilités ainsi que les effets sur la composition de l'écosystème, la structure et la fonction de l'écosystème; et explorer les nouveaux enjeux qui ont une incidence sur la santé de l'écosystème, y compris l'hypoxie et l'acidification des océans.

Principaux projets de l'API dirigés par Pêches et Océans Canada

Les Trois océans du Canada – Chercheur principal : Eddy Carmack

Les changements dans la couverture de glace, la colonne d'eau et les écosystèmes de l'océan Arctique sont étroitement reliés au système planétaire, en particulier les zones subarctiques voisines de l'océan Pacifique et de l'océan Atlantique, et doivent être étudiés dans ce contexte. C'est aux latitudes élevées que les changements provoqués par les changements climatiques et la variabilité du climat planétaire sont censés être « les plus importants et les plus rapides » et avoir les plus grandes répercussions.

Le projet Les Trois océans du Canada (C3O) (2007-2011), mené en partenariat avec la Joint Ocean Ice Study, étude internationale permanente, a été mis sur pied pour recueillir des données de référence pluridisciplinaires intégrées sur la structure physique, chimique et biologique des eaux subarctiques et arctiques du Canada. Ces données de référence permettront d'établir :

- une base solide pour évaluer et quantifier les changements en cours et futurs touchant les régions du plateau continental et du bassin de l'ouest de l'océan Arctique;
- des connaissances fort précieuses pour s'attaquer aux nouveaux enjeux, notamment le réchauffement climatique, le recul de la couverture de glace, les espèces envahissantes, l'hypoxie et l'acidification;
- une base solide pour exercer une bonne gouvernance et mettre en place un processus décisionnel rigoureux concernant la gestion et la conservation des espèces et l'adaptation à l'évolution de l'Arctique.

Le chercheur principal Eddy Carmack, de l'Institut des sciences de la mer du MPO, a dirigé dans le cadre du projet C3O une équipe de scientifiques mise en place par le gouvernement du Canada et des gouvernements étrangers, ainsi que le milieu universitaire. L'équipe a recueilli des données marines sur une bande de 15 000 km, à la fois dans les eaux arctiques et subarctiques canadiennes reliant l'est de l'océan Pacifique, l'océan Arctique et l'ouest de l'océan Atlantique. Les données ont été recueillies depuis la surface jusqu'au plancher océanique et portent sur des organismes de tailles diverses, des plus petits (virus) aux plus gros (baleines), depuis le Pacifique jusqu'à l'Arctique et l'Atlantique. Cette recherche de grande portée n'aurait pas été possible sans l'aide de deux brise-glace de la Garde côtière canadienne et de leur équipage, qui ont mené deux missions annuelles, traversant le passage du Nord-Ouest, à partir de l'est et de l'ouest.

La recherche du projet C3O a mis en évidence des changements déjà en cours dans l'océan Arctique regroupés sous les thèmes suivants :

- **Réchauffement océanique** – Des changements dans la température de l'océan et des changements structurels connexes ont été observés sur toute la hauteur de la colonne d'eau, y compris dans la couche de brassage saisonnière. Les eaux provenant de l'océan Atlantique, en particulier celles du détroit de Fram, se sont réchauffées et ont gagné 0,5 °C depuis l'an 2000. Les modifications touchant l'écosystème auront vraisemblablement les plus grandes répercussions dans la couche de

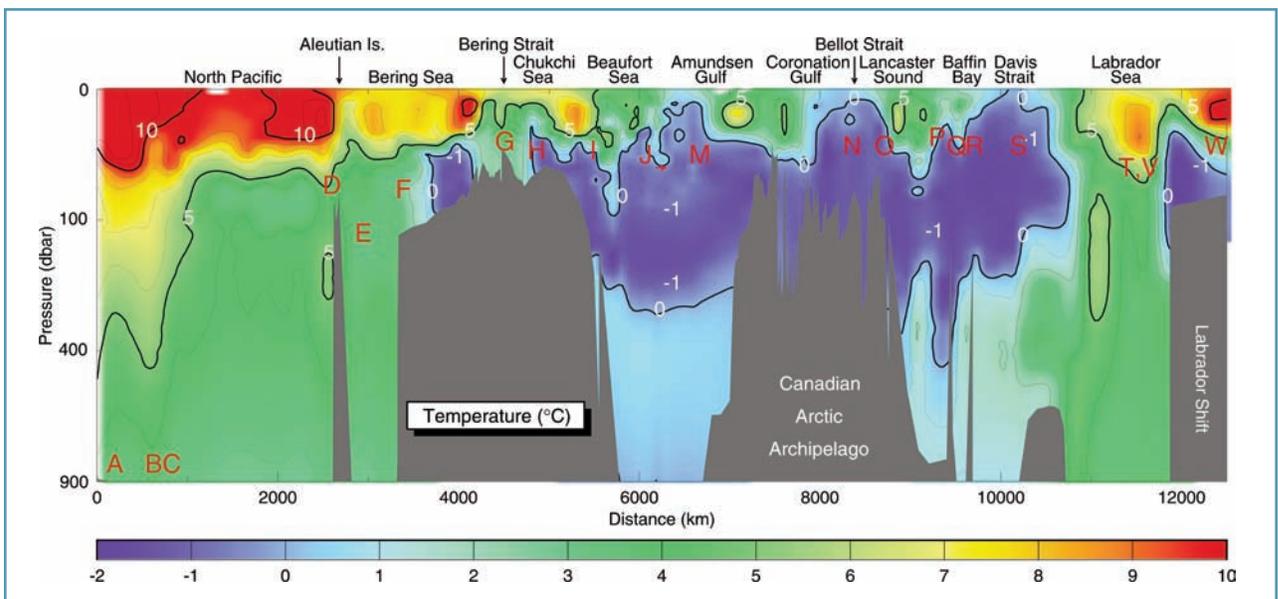


M. Eddy Carmack. Photo : MPO

mélange saisonnière, où les hausses importantes de température sont associées au retrait de la glace et à un albédo plus faible (capacité moindre de réfléchir le rayonnement solaire incident). Cela pourrait pousser le biote au-delà des limites thermiques ou conduire à des communautés pélagiques favorisant de plus petits micro-organismes. Le réchauffement peut également causer la rupture des barrières actuelles et l'invasion de nouvelles espèces dans les eaux arctiques.

- **Causes et conséquences du recul de la banquise** – Au cours des premières années d'étude sur le terrain de l'API, en 2007 et 2008, l'étendue de la banquise dans l'Arctique en été a atteint un minimum record et a reculé, tant pour ce qui est de la superficie que de l'épaisseur de la glace pluriannuelle. Les phénomènes océanographiques affectant l'étendue de la glace de mer associés au flux d'eau provenant du Pacifique ont été identifiés et surveillés. Des volumes croissants d'eau de fonte à faible salinité et à faible alcalinité s'accumulent dans le gyre de la mer de Beaufort, avec des conséquences biologiques majeures.

- **Stratification saline modifiée** – Un cycle hydrologique accéléré, associé à une plus grande fonte de la glace en été, accroît la stratification de la couche supérieure de l'océan, ce qui peut bloquer le flux de nutriments dans la zone euphotique éclairée par le soleil (région de photosynthèse) et pourrait porter atteinte aux réseaux trophiques.
- **Bouleversement des courants océaniques, des fronts et des limites** – Les fronts et les limites de masses d'eau jouent un rôle important dans le changement planétaire. À titre d'exemple de la circulation altérée, mentionnons l'intensification apparente et le changement de direction vers le sud-est du gyre de la mer de Beaufort au cours des années 2000.
- **Changements par advection** – Les résultats font état également de changements dans l'Arctique provoqués par des phénomènes d'advection (le flux horizontal de l'eau de mer sous forme de courant) provenant des régions subarctiques. Par exemple, l'eau du détroit de Fram plus chaude, provenant de l'Atlantique, a atteint la dorsale Northwind le long des étendues occidentales du bassin du Canada en 2002 et s'est ensuite dispersée dans la plus



D'après les mesures prises par l'équipe de recherche Les trois océans du Canada durant l'été 2007, un plan vertical allant de Victoria dans le Pacifique à Halifax dans l'Atlantique révèle des températures océaniques allant de -2 °C (bleu foncé) à 10 °C (rouge foncé) depuis le Pacifique Nord jusqu'à la mer du Labrador. Ces mesures, prises à des profondeurs pouvant atteindre 900 dbars (1 dbar équivaut à environ un mètre) permettront de mieux comprendre l'évolution du climat océanique.

grande partie de l'intérieur du bassin méridional en 2007. L'advection des masses d'eau subarctique et leur modification au moment où elles pénètrent dans l'océan Arctique et se déplacent dans le système pan-arctique a des conséquences fondamentales sur la couverture de glace, les propriétés de l'océan et la dynamique de l'écosystème.

- **Invasion d'espèces non indigènes et altération des réseaux trophiques** – Le réchauffement régional peut conduire à la rupture des barrières actuelles et à l'invasion d'espèces que l'on ne trouve pas habituellement dans les eaux de l'océan Arctique.
- **Acidification de l'océan** – L'abaissement du pH océanique, provoqué par l'accroissement des émissions de dioxyde de carbone anthropogénique (CO₂) qui se dissout dans les eaux de surface pour former l'acide carbonique, est exacerbé dans l'océan Arctique par l'apport continu d'eau de fonte de la glace de mer ayant une faible alcalinité à la couche de mélange saisonnière. Cette situation entraîne ensuite une baisse du taux de saturation du carbonate de calcium. (Le taux de saturation est le degré de saturation de l'eau de mer par un minéral comme le carbonate de calcium. Cette valeur est exprimée par le symbole grec Ω . On dit que l'eau pleinement saturée a un taux de saturation Ω égal à 1,0. L'eau dont le taux de saturation Ω est égal à 1,0 est sous saturée et le minéral tend à se dissoudre. L'eau dont le taux de saturation Ω est supérieur à 1,0 est sursaturée et le minéral a tendance à se précipiter.) En 2008, les eaux des couches supérieures du bassin au Canada étaient déjà sous saturées en ce qui concerne l'aragonite, une forme relativement soluble de carbonate de calcium que l'on trouve dans le plancton et les invertébrés. Cette situation affecte le biote calcificateur et la composition des écosystèmes marins en général.
- **Hypoxie** – L'océan Arctique affiche une grande résilience à l'hypoxie, attribuable à une aération relativement forte (les échanges entre les eaux de surface riches en oxygène et l'eau des profondeurs).

L'objectif de départ du projet C3O, qui est demeuré inchangé, consiste à recueillir des données sur une période suffisamment longue pour pouvoir quantifier les changements. L'équipe de recherche espère transmettre une grande partie des méthodes de surveillance de C3O aux collectivités côtières locales, dans les dix prochaines années, de façon à ce qu'elles puissent effectuer le maximum de surveillance possible du milieu marin pour contribuer aux études permanentes sur le changement climatique. Un autre objectif consiste à faire le lien entre le point de vue à grande échelle de l'équipe C3O et les problèmes régionaux des collectivités côtières.

Étude des eaux traversant l'archipel canadien – Chercheur principal : Humfrey Melling

L'Étude des eaux traversant l'archipel canadien (EEAC) fait partie du programme sur le flux océanique arctique subarctique, une initiative internationale ayant pour mandat de surveiller le volume et les flux d'eau douce qui vont de l'océan Arctique à la mer du Labrador en passant par l'archipel canadien. Cet échange entre les océans de la planète constitue un volet critique de la circulation océanique profonde, du cycle hydrologique et du climat.

Dirigée par Humfrey Melling, l'équipe de l'EEAC a installé des instruments d'enregistrement dans quatre points de passage entre l'océan Arctique et l'océan Atlantique pendant les deux années de l'API – le détroit de Nares, le détroit de Cardigan, le détroit de Lancaster et le détroit de Bellot – pour surveiller les courants océaniques, la salinité, la température, la dérive de la glace et l'épaisseur de celle-ci. Au cours des expéditions menées pour installer et retirer les instruments, l'équipe a mesuré l'épaisseur des floes, testé leur solidité et prélevé des échantillons d'eau de mer pour mesurer les produits chimiques à l'état de traces qui révèlent la composition et l'origine des eaux. Les stations météorologiques automatiques ont mesuré les vents de surface et la température de l'air dans le détroit de Nares, et des modèles informatiques incorporant les nouvelles données ont été mis à profit pour tester les connaissances de la circulation et son incidence sur le climat et les écosystèmes océaniques.



L'équipe chargée de l'étude des eaux traversant l'archipel canadien, au travail dans l'Arctique canadien. Photo : MPO

Les principaux résultats de l'EEAC à ce jour sont les suivants :

- L'ampleur de la circulation dans l'Arctique canadien : sortie de l'eau arctique à raison de 1,75 million de m³ par seconde (soit 55 000 km³ par an); sortie d'eau douce à raison de 115 000 m³ par seconde (totalisant 3 600 km³ par an), soit plus de dix fois le débit du fleuve Mackenzie.
- Les proportions d'eau de mer du Pacifique riche en nutriments (40 %) et de l'Atlantique (60 %).
- Les proportions du débit par le détroit de Nares (45 %), le détroit de Lancaster (40 %) et le détroit de Cardigan ou Hell Gate (15 %).
- Les modélisations reproduisant les proportions observées ci-dessus indiquent que l'eau s'écoule en raison d'une petite différence (environ 10 cm) dans le niveau de la mer, entre la mer de Beaufort et la baie de Baffin.

- La circulation prend la forme de « cours d'eau » relativement étroits (10 km) qui ne correspondent pas à la pleine largeur des détroits.
- L'écoulement augmente de 80 % lorsque la glace dérive. En effet, l'écoulement sous la banquise est à la fois isolé du vent et ralenti par la friction de la glace.
- L'engouffrement de masses d'air dans les détroits de l'Arctique canadien crée des vents très puissants qui renforcent la circulation océanique lorsque la glace n'est pas rattachée à la banquise côtière.
- La vieille glace de mer très épaisse demeure courante dans le Haut Arctique canadien, malgré la diminution récente importante de sa présence dans l'océan Arctique.

Avec le réchauffement climatique planétaire, une plus grande quantité d'eau douce pénétrera dans l'océan Arctique par suite de l'apport d'eau de l'océan Pacifique, de l'augmentation des précipitations et de l'apport des cours d'eau du Nord. La sortie d'eau douce augmentera aussi, créant un nouvel équilibre de l'eau douce dans l'Arctique. À terme, l'eau douce retournera dans les océans tropicaux d'où elle venait à l'origine.

Les changements dans le stockage et la circulation de l'eau douce provenant de l'océan Arctique auront vraisemblablement des répercussions sur les écosystèmes de l'Arctique et sur les eaux canadiennes de l'Est. L'eau douce, qui est moins dense et ne se mélange pas de façon homogène avec l'eau océanique salée et plus profonde, forme une « pellicule » à la surface de l'océan qui empêche le brassage. Le brassage est un mécanisme propulsant vers le haut les nutriments dont se nourrit le plancton qui croît près de la surface et est la base de la chaîne alimentaire de l'Arctique. Il propulse aussi un flux ascendant de chaleur océanique à la surface, qui a le potentiel de faire fondre la glace de mer. La disparition du brassage de convection dans la mer du Labrador, conséquence possible de l'apport d'eau douce de l'Arctique, pourrait bien ralentir la circulation océanique profonde qui joue un rôle déterminant sur le climat de la planète.

Les résultats de l'EEAC livreront aux scientifiques des connaissances nouvelles sur les changements qui surviennent et leur permettront de peaufiner leurs prévisions concernant le changement climatique dans l'Arctique et ses répercussions sur les écosystèmes marins, la circulation océanique arctique et l'activité humaine.

Examen des répercussions des fortes tempêtes arctiques et des changements climatiques sur les processus océaniques dans l'Arctique – Chercheur principal : William Perrie

À mesure que le climat de la planète se réchauffe, les tempêtes arctiques semblent redoubler d'intensité, faisant craindre des répercussions sur les terres et les eaux côtières, qui jouent un rôle essentiel dans la vie quotidienne et la culture des habitants du Nord. Le chercheur scientifique du MPO William Perrie, de l'Institut océanographique de Bedford, dirige un projet majeur, dans le cadre de l'API, qui explore cette question et analyse les effets des violentes tempêtes et des conditions météorologiques hostiles sur les processus océanographiques dans la région sud de la mer de Beaufort et dans l'ouest de l'Arctique canadien.

Les résultats livreront une information fort utile concernant les répercussions des tempêtes sur les collectivités côtières, les formes d'exploitation envisagées du milieu marin côtier, le mode de vie dans l'Arctique, les espèces aquatiques et les activités liées à la mise en valeur des ressources hauturières.

Les tempêtes arctiques influent sur les vents marins, les vagues, les courants, la glace, les marées de tempête, l'érosion côtière et le transport des sédiments. Ces phénomènes océanographiques peuvent être affectés par la variabilité et les modifications touchant l'intensité et la direction des tempêtes associées au changement et au réchauffement climatiques qui transforment les aires d'eaux libres et la couverture de glace. Une plus grande étendue d'eaux libres dans l'Arctique aura une influence sur les conditions météorologiques.

L'équipe de recherche recueille des données sur les phénomènes clés relatifs aux tempêtes et à l'océan dans la région. Ce projet est essentiellement une étude de modélisation informatique utilisant en association des données d'archives des stations de surface et des stations synoptiques d'observation en altitude. Il utilise aussi des données provenant des National Centers for Environmental Prediction (NCEP), à l'échelle planétaire, et de la North America Regional Reanalysis (NARR) des États-Unis,

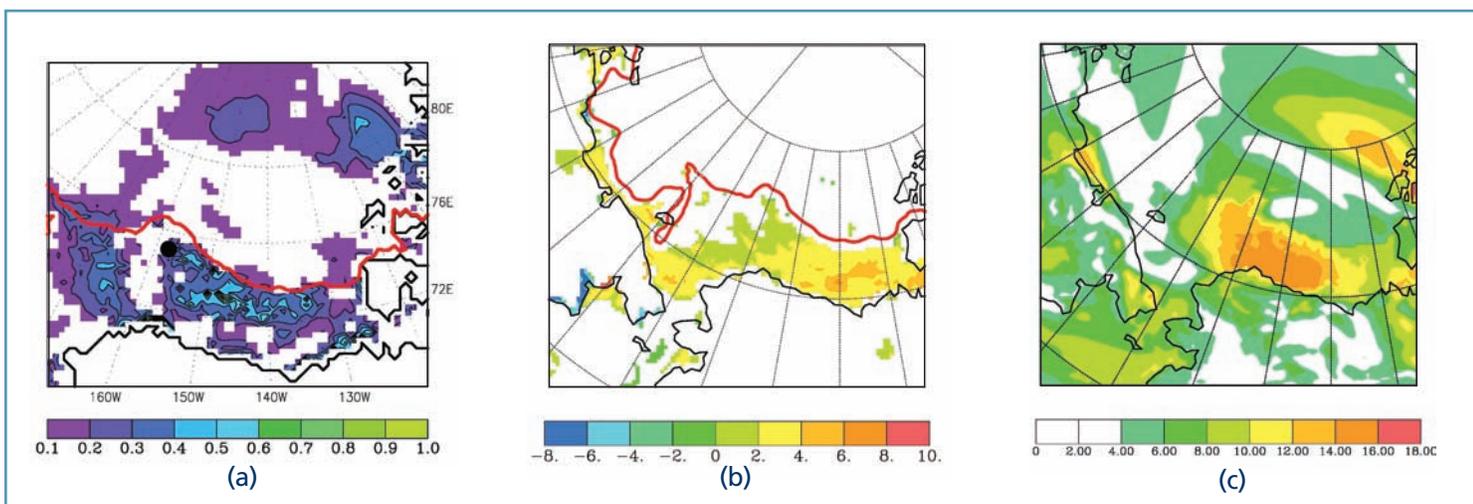


Figure 1. a) Vitesse (m/s) du courant de surface à 0 h UTC, le 31 juillet 2008; b) écarts dans les températures de surface (°C) à 12 h UTC, le 31 juillet 2008, entre les modélisations couplées et non couplées; c) modélisation couplée du champ de vent. On ne voit que les valeurs absolues supérieures à 1 °C. Les lignes rouges illustrent la lisière des glaces simulée par CRCM-CIOM (modélisation couplée océan-glace du Modèle régional canadien du climat). Les pointillés noirs représentent le centre de la tempête à 0 h UTC, le 31 juillet. La ligne rouge épaisse représente la lisière des glaces simulée.

des données du Centre Hadley du Royaume-Uni (banquise), ainsi que des données des modélisations rétrospectives construites par le Service météorologique du Canada (SMC) à partir des observations des vents et des vagues accumulées sur 20 ans pour la mer de Beaufort. Les répercussions des violentes tempêtes sont analysées à partir de modélisations couplées atmosphère-glace-océan des tempêtes épisodiques, du transport des sédiments, de l'érosion côtière, de la couverture et du mouvement de la glace pour la mer de Beaufort et les zones avoisinantes.

Les principaux résultats à ce jour sont les suivants :

- Identification d'axes de circulation atmosphérique pour les tempêtes de vent extrêmes le long de la côte de la mer de Beaufort, notamment des phénomènes de cyclogenèse complexes (axes de circulation atmosphérique à basse pression) observés en association avec les marées de tempête particulièrement violentes dans la région.
- Les panaches fluviaux du Mackenzie ont une influence à grande échelle sur les eaux de surface de la région du plateau continental, et l'eau douce s'étend sur plusieurs centaines de kilomètres à partir de l'embouchure du fleuve. Les répercussions des tempêtes côtières sur les courants et les propriétés océaniques sont manifestes dans les interactions entre les panaches fluviaux et l'océan.

- L'intensification des tempêtes peut être influencée par l'élargissement des étendues d'eaux libres au cours de la saison d'été et au début de l'automne. Des vagues plus grosses peuvent se former sur les grandes superficies d'eaux libres, et les tempêtes peuvent avoir plusieurs répercussions sur les zones côtières. La recherche sur le rôle de l'agrandissement de la superficie des eaux libres sur les tempêtes arctiques au cours de l'été est basée sur un modèle couplé atmosphère-glace-océan pour simuler les flux de surface de l'océan au cours d'une tempête qui s'est déplacée depuis la mer de Tchoukotka jusqu'à la mer de Beaufort à la fin du mois de juillet 2008. Les résultats révèlent que la réponse dominante à la tempête dans les eaux de surface de l'océan se forme au-dessus des étendues d'eaux libres. Les courants maximums de surface induits par la tempête peuvent atteindre 0,7 m/s (mètre par seconde), et le brassage dans les couches supérieures de l'océan peut entraîner un refroidissement de la surface de la mer pouvant atteindre 6 °C dans les eaux côtières du sud de la mer de Beaufort, alors qu'on n'observe aucune réponse importante de la température de surface de la mer dans la région couverte par la banquise.
- Les résultats de la modélisation révèlent également que l'accroissement de la superficie des eaux libres dans la mer de Tchoukotka et la mer de Beaufort augmente considérablement la vitesse des vents de surface (d'environ 4 m/s) associés à une tempête. Le courant de surface associé à la tempête est principalement situé dans les eaux libres et se révèle extrêmement faible dans la zone couverte par la glace de mer. La glace joue donc un rôle important dans la réduction de la réponse océanique à la tempête, ce qui n'est pas sans conséquence, compte tenu du changement climatique et de la variabilité du climat à l'échelle de la planète.

Les résultats de cette recherche livrent des données utiles à l'appui de l'élaboration de stratégies d'adaptation pertinentes pour les collectivités côtières.

Les collectivités côtières de l'Arctique sont vulnérables aux marées de tempête et à l'érosion côtière. Photo : Tuktoyaktuk (T.N.-O), Steve Solomon, RNCAN, 2000.

Le réchauffement de la planète et les mammifères marins de l'Arctique – Chercheur principal : Steven Ferguson

La surveillance des prédateurs du sommet de la chaîne alimentaire, notamment les ours polaires, les phoques et les baleines, fournit de précieuses connaissances sur les changements affectant l'écosystème marin dans l'Arctique et sur les moteurs du changement. L'étude sur le réchauffement de la planète et les mammifères marins de l'Arctique (RPMMA), réalisée sous la direction de Steven Ferguson, de l'Institut des eaux douces du MPO, dans le cadre l'API, se penche sur les aspects suivants :

- La façon dont les mammifères marins s'adapteront au réchauffement de la planète et quelles sont leurs chances de survie.
- Les effets de la hausse de température sur les habitats des ours polaires, des phoques et des baleines.
- Les effets possibles du réchauffement planétaire sur le cycle de reproduction des mammifères marins et la façon dont ceux-ci survivront.

L'équipe de chercheurs participant à l'étude RPMMA a élaboré un réseau de surveillance communautaire dans l'ensemble de la baie d'Hudson de l'Arctique canadien, qui repose sur la collaboration avec les collectivités inuites de la région. Au cours des expéditions de chasse de subsistance, les Inuits prélèvent des échantillons biologiques des mammifères marins et de leurs proies qui font partie de l'environnement marin. Une collection de référence d'échantillons du réseau trophique complet est en cours d'élaboration pour construire un modèle d'interactions trophiques des mammifères marins avec les nutriments et le phytoplancton. L'analyse des échantillons livrera des connaissances nouvelles sur la génétique des mammifères marins, leur reproduction, l'écologie alimentaire, la maladie et le stress.

L'étude RPMMA est également un projet de maillage avec d'autres projets de recherche sur les mammifères marins de la région, y compris des études de télémétrie satellitaire sur les ours

polaires, les phoques et les baleines; la photo identification des baleines boréales et des épaulards; l'utilisation de signaux chimiques pour déterminer le régime alimentaire des baleines et des phoques et le repérage des effets de la prédation provoqués par des espèces envahissantes comme les épaulards.

Bien que l'analyse du RPMMA soit encore en cours, les résultats préliminaires donnent les indications suivantes :

- À mesure que banquise recule, l'écosystème marin de la baie d'Hudson évolue et passe d'un système favorable aux ours polaires ou aux phoques, avec les chasseurs inuits au sommet, à un système dominé par les cétacés, avec les épaulards au sommet de la chaîne alimentaire. Cette évolution sape la culture de subsistance ancestrale inuite.
- Les niveaux de contaminants augmentent lorsque les printemps sont précoces ou tardifs et créent des problèmes associés au recul incessant de la glace de mer.
- Les mouvements des ours polaires et des phoques annelés ne convergent pas. Les résultats préliminaires de la télémétrie



Dans les îles Belcher, Johnassie Ippak (à gauche) et Lucassie Ippak (deuxième à partir de la gauche) de Sanikiluaq, au Nunavut, et l'étudiante de niveau universitaire supérieur Carie Hoover (à droite) de l'Université de la Colombie-Britannique, aident Steve Ferguson, chercheur du MPO (deuxième à partir de la droite) dans le cadre d'un projet de recherche portant sur les effets des changements climatiques sur les mammifères marins de l'Arctique. Les chercheurs fixent un émetteur sur les phoques annelés, comme le prévoit le projet, afin de suivre et d'étudier leurs mouvements. Photo : MPO, 2008



Avec le recul de la banquise dans la baie d'Hudson, les épaulards remplacent les ours polaires comme prédateurs au sommet du réseau trophique marin. Photo : MPO, 2007

satellitaire révèlent que les phoques cherchent refuge sur la banquise en hiver pour éviter la prédation des ours polaires tandis que ces derniers choisissent les endroits où ils ont toutes les chances de chasser le phoque avec succès au printemps. Par conséquent, le réchauffement et le recul de la banquise devraient porter préjudice aux deux espèces. Les résultats aideront à prédire comment ces espèces s'adapteront au recul de la banquise.

- L'invasion d'espèces non indigènes est en expansion. On a accumulé des données permettant de faire le lien entre la perte de la banquise et le nombre accru d'épaulards observés dans les eaux de la baie d'Hudson. Cinquante-trois individus ont été identifiés au cours de neuf observations différentes.
- Le savoir écologique traditionnel inuit révèle que les épaulards se sont ajoutés relativement récemment à la faune de la baie d'Hudson et que leur présence croissante et leur prédation peuvent causer des problèmes démographiques pour les baleines boréales et pourraient même avoir une incidence sur le narval et le béluga. Le savoir traditionnel inuit concernant les épaulards indique que ces mammifères se nourrissent en grande partie de mammifères marins et non de poisson. Cette recherche a confirmé l'intérêt de regrouper le savoir écologique traditionnel et la science occidentale pour comprendre les activités d'un prédateur vivant à de faibles densités et capable de se déplacer rapidement sur de grandes distances.

- Dans le cadre des relevés faits par les Inuits, les chasseurs locaux font état d'observations occasionnelles d'autres espèces marines qui ne se devraient pas normalement se trouver dans la baie d'Hudson, notamment la baleine boréale, le requin du Groenland et le phoque du Groenland. Cette situation est probablement attribuable au recul de la banquise.

À terme, les résultats donneront aux habitants du Nord l'information nécessaire pour s'adapter à un monde en rapide évolution, où les populations de mammifères marins de l'Arctique subissent des tensions démographiques en raison du réchauffement polaire. La recherche aidera également à élaborer des stratégies pour la conservation et la gestion des espèces.

Localisation des bélugas dans la région arctique – Chercheur principal : Mike Hammill

S'appuyant à la fois sur le savoir écologique traditionnel et les méthodes scientifiques occidentales, Mike Hammill, de l'Institut Maurice-Lamontagne du MPO, dirige une étude sur la répartition, les déplacements et l'habitat essentiel des bélugas. Les résultats de ce projet de l'API aideront à améliorer la gestion du béluga, qui fait partie intégrante de la culture de subsistance ancestrale des Inuits. Ils donneront également un éclairage nouveau sur l'état de l'écosystème de la baie d'Hudson et de la baie James, et sur la façon dont le béluga s'adaptera au changement climatique, ce qui peut avoir une incidence sur les corridors de migration et les modes d'alimentation saisonnière, et pourrait intensifier la concurrence à mesure que des espèces en provenance des zones tempérées prendront place dans leur aire d'alimentation. Compte tenu de leur rôle majeur dans l'écosystème de l'Arctique, la santé des bélugas est importante pour toute la vie arctique.

La chasse, au départ par les grands baleiniers, a décimé les bélugas dans l'est de la baie d'Hudson et de la baie d'Ungava. Et ces stocks sont maintenant considérés comme des « espèces en voie de disparition » par le Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC). Les activités de gestion au cours des dix dernières années ont réduit les niveaux de chasse. Toutefois,

l'accès à la ressource demeure important pour la culture de subsistance inuite.

En localisant les bélugas par satellite, l'équipe recueille de l'information sur leur habitat, les axes de migration, le comportement alimentaire et les aires d'hivernage à petite échelle. La télémétrie fournit également les courbes de température de la colonne d'eau et les profils de salinité, ce qui peut faciliter la modélisation des conditions atmosphériques et du changement climatique. Cette information est associée au savoir traditionnel et aux observations de la population locale. Le savoir écologique traditionnel se construit au fil de l'exploitation de la ressource et des observations systématiques de la population locale, qui vont bien au-delà de l'échelle spatio-temporelle prise en compte par la plupart des études scientifiques et, de toute évidence, celle du programme de l'API. Les chercheurs collaborent également avec d'autres programmes internationaux de localisation des bélugas.

Les principaux résultats de l'étude à ce jour sont les suivants :

- Les analyses génétiques des tissus cutanés ont permis d'identifier plusieurs stocks de bélugas dans la région de la baie d'Hudson. On a appris notamment que les individus qui se trouvent dans la région est de la baie d'Hudson appartiennent à un stock différent de celui des bélugas de l'ouest de la baie. Les bélugas de la baie James pourraient être assez différents, à plusieurs égards, mais la taille des échantillons est encore assez petite. Ces résultats concordent avec l'analyse des métaux-traces dans les tissus cutanés du béluga, qui est utilisée avec les isotopes à l'appui de la validation de l'identification des stocks. Les isotopes stables et les métaux-traces peuvent également permettre de connaître le comportement alimentaire du béluga.
- Les bélugas de la baie James hivernent dans la baie, ce qui renforce l'idée qu'il s'agit d'un stock distinct de mammifères. En raison du caractère unique de ce stock, il y a lieu de maintenir la gestion plus prudente du béluga, établissant une distinction entre les bélugas de l'est de la baie d'Hudson et ceux de la baie James.



Les chercheurs fixent un émetteur satellite sur un béluga afin de surveiller ses déplacements et d'en apprendre davantage sur ses habitudes migratoires et son habitat. Le dispositif recueille également des données environnementales sur l'écosystème de la baie d'Hudson et de la baie James en vue de leur utilisation dans la modélisation du climat et du temps. Photo : MPO, 2008

- Lorsqu'ils entreprennent leur migration d'été qui les ramène dans la baie d'Hudson, les bélugas sont plus gras et en meilleure santé qu'au cours de la migration d'automne où ils quittent la baie.
- Dans leur migration d'automne vers le nord, les bélugas suivent principalement la côte, car ils bénéficient d'un courant orienté vers le nord qui se renforce au cours de l'automne. Le moment de cette migration semble être lié à la température de l'eau. Des changements dans la formation de la glace et la température de l'eau peuvent modifier les habitudes migratoires des bélugas et avoir une incidence sur les possibilités de pêche des Inuits du Nunavik. Par exemple, si la migration d'automne des bélugas dans le détroit d'Hudson est retardée, les baleines passeront devant les collectivités du détroit à un moment de l'année où les jours raccourcissent, ce qui limite l'accès aux baleines.
- Les déplacements des baleines entre la côte et la haute mer semblent être liés aux changements généraux touchant la marée.

Au cours des 15 dernières années, des émetteurs satellitaires ont été fixés sur plus de 100 bélugas partout dans le monde. La collaboration internationale au sein du projet LBRA offre la possibilité d'effectuer des analyses de la population globale dans plusieurs bassins océaniques, pour observer les différences dans les caractéristiques relatives à l'habitat, au mode de déplacement et à l'utilisation de l'habitat entre les espèces de bélugas sédentaires (Cook Inlet, en Alaska, et Svalbard, en Norvège) et les espèces de bélugas migratoires (baie d'Hudson, ouest du Groenland). Ces comparaisons à l'échelle planétaire nous permettent de mieux comprendre la façon dont le béluga a évolué dans les différents environnements polaires et aideront à élaborer des prévisions concernant la façon dont l'espèce pourrait réagir à un changement climatique à plus grande échelle.

Variabilité du climat et répercussions du changement climatique sur l'omble chevalier dans l'Arctique – Chercheur principal : James Reist

L'omble chevalier joue un rôle important dans la culture et l'économie des populations du Nord, et ce poisson est considéré comme une espèce clé dans l'environnement dulçaquicole et marin côtier. La grande superficie de son aire de distribution et

sa vulnérabilité aux effets environnementaux, à de nombreux niveaux dans les écosystèmes arctiques, en fait un indicateur clé de la santé globale des écosystèmes aquatiques. Or, le changement climatique et la variabilité du climat qui s'accroissent font peser un risque important sur de nombreux aspects de son milieu de vie. James Reist, de l'Institut des eaux douces du MPO, est à la tête d'une équipe qui étudie les effets du changement climatique et de la variabilité du climat sur la biodiversité de l'omble chevalier. Le projet, mené dans le cadre de l'API, s'intéresse également aux effets de la bioaccumulation de contaminants sur les personnes qui consomment ce poisson.

Comme l'omble chevalier constitue la base de la pêche de subsistance et de la pêche commerciale des collectivités nordiques, la capacité de celles-ci à s'adapter au changement exige une information essentielle sur le rôle dans l'écosystème, l'écologie thermique, la biodiversité et les interactions de cette espèce avec le contaminant qu'est le mercure.

Les chercheurs s'attachent à évaluer la biodiversité de l'omble chevalier et la variation trophique (alimentation) dans le Nord canadien et son rôle dans la structuration et la fonction de l'écosystème; l'écologie thermique (courbes de température historiques) de l'omble chevalier et le type d'influence que pourrait avoir le changement climatique; le lien entre le changement climatique et la bioaccumulation de mercure; et les changements dans les populations d'omble chevalier directement observés par la surveillance communautaire.

Les principaux résultats à ce jour sont les suivants :

- Les échantillons d'omble chevalier prélevés dans le lac Hazen et les lacs environnants dans le parc national Quttinirpaaq au nord de l'île d'Ellesmere, au Nunavut, ont confirmé la présence de trois sous-espèces d'omble chevalier (grand, petit et benthique) dans le lac Hazen, plutôt que deux sous-espèces (grand et petit) comme on le croyait auparavant. Comme l'omble chevalier est le seul poisson présent dans les eaux douces de cette région, les trois sous-espèces semblent évoluer comme des espèces écologiques distinctes et jouer un rôle différent dans l'écosystème.



M. James Reist montrant un omble chevalier dans le parc national Quttinirpaaq. Photo : MPO, 2007

- L'élargissement récent de la recherche à la truite grise et aux écosystèmes dominés par la truite grise dans l'ouest de l'Arctique suggère des niveaux de biodiversité cachés pour cette espèce d'omble. On ignore si ces espèces évoluent de la même manière que les espèces écologiques d'omble chevalier.
- En raison des niveaux élevés de biodiversité dans les espèces d'omble, il est difficile de déterminer les effets du changement climatique et de prévoir leurs répercussions, et par conséquent de s'y préparer. Toutefois, cette caractéristique pourrait conférer aux ombles une plus grande résilience intrinsèque pour s'adapter au changement climatique.
- La taille en fonction de l'âge de l'omble anadrome (migrant dans la mer) et de l'omble de lac diminue avec la latitude et les taux de croissance en fonction de l'âge varient également selon la latitude. Les fluctuations climatiques peuvent avoir à la fois des effets physiologiques directs sur les courbes de croissance de l'omble chevalier et des effets indirects en raison des changements dans la dynamique de l'écosystème, comme la disponibilité des proies. Il est donc compliqué d'élaborer des interventions de gestion pertinentes pour permettre à l'omble de s'adapter au changement climatique.
- Les éléments-traces présents dans les otolithes – concrétions calcaires que l'on trouve dans l'oreille interne des poissons – sont de bons indicateurs de l'âge, des régimes thermiques et du type d'environnement (eau douce, estuaire, milieu marin) où évolue l'espèce. Les analyses des otolithes à partir des différents éléments-traces permettront probablement d'établir une distinction entre les stocks de Dolly Varden dans nord-ouest de l'Arctique, de faire une comparaison des régimes ambiants et thermiques auxquels ont été soumis les jeunes ombles, et de détecter des variations dans le cycle biologique.
- Les analyses des interactions du cycle biologique et de l'écologie trophique avec le changement climatique et les concentrations de contaminants dans les lacs côtiers de l'Arctique ont révélé que la truite grise anadrome (qui migre dans la mer) a des



Ombles chevaliers du lac Hazen, dans l'île d'Ellesmere, Nunavut.
Photo : MPO, 2007

concentrations de mercure inférieures à celles de la truite grise résidente (qui ne fréquente que les eaux douces), tandis que l'omble chevalier qui migre dans la mer et l'omble résident ont des concentrations de mercure similaires. La truite grise a de plus faibles concentrations de mercure dans les lacs où les populations d'omble chevalier anadrome sont déjà présentes. Interprétés dans le contexte du changement climatique, ces résultats indiquent que si le réchauffement du climat a une incidence négative sur le succès des migrations en milieu marin de l'omble chevalier et de la truite grise, il y aura vraisemblablement des répercussions sur les concentrations de contaminants dans ces poissons. Ces résultats sont importants pour les collectivités nordiques côtières qui utilisent la truite grise et l'omble chevalier comme sources d'alimentation, du fait que les pêcheurs de subsistance pourraient éventuellement réduire la quantité de mercure absorbée provenant du poisson en pêchant de préférence l'omble chevalier plutôt que la truite grise, ou la truite grise anadrome plutôt que résidente (lorsqu'ils la pêchent en mer).

Les résultats de ces travaux aideront également à élaborer des stratégies de conservation et de gestion pour assurer la viabilité de l'omble, la disponibilité soutenue de l'espèce comme source alimentaire et la vitalité de l'écosystème aquatique du Nord. Ainsi les habitants du Nord seront mieux outillés pour s'adapter à l'évolution de la région.

Principaux projets menés en collaboration avec Pêches et Océans Canada dans le cadre de l'API

Étude du chenal de séparation circumpolaire – Chercheur principal : David Barber (Université du Manitoba) et codirecteur, Gary Stern (MPO)

Cette étude majeure menée par David Barber, du Centre for Earth Observation Science de l'Université du Manitoba, est déterminante pour la connaissance scientifique de l'Arctique canadien. Au cours de l'hiver arctique dans la mer de Beaufort, le brise-glace de recherche canadien NGCC *Amundsen* et une équipe pluridisciplinaire de scientifiques issus de 15 pays ont entrepris l'étude du chenal de séparation circumpolaire. L'étude, qui se déroulait dans une zone d'eaux libres tout au long de l'hiver, appelée le chenal, a examiné l'importance des processus climatiques dans l'évolution de la nature d'un chenal de séparation et l'effet de ces changements sur l'écosystème marin, le transport de contaminants, les flux de carbone et les gaz à effet de serre. Gary Stern, chercheur principal du MPO, assurait la codirection de l'étude, en mettant l'accent sur les contaminants. L'équipe de Gary Stern s'est intéressée de près à la façon dont les changements climatiques pourraient modifier les cycles et les processus de transport des contaminants, leur cheminement (bioamplification) et leurs niveaux ainsi que la santé des écosystèmes aquatiques arctiques. Les contaminants représentent un danger pour la santé des mammifères marins et des poissons arctiques et, à terme, pour les habitants du Nord qui les pêchent, puisqu'ils font partie de leur régime alimentaire traditionnel. Les résultats de l'étude devraient aider à évaluer la vulnérabilité des collectivités inuites côtières au changement climatique; à prévoir ses répercussions sur la salubrité des aliments

traditionnels et la santé des collectivités; et à fournir l'information nécessaire aux collectivités, aux scientifiques et aux décideurs pour élaborer des stratégies d'adaptation.

Le cycle du carbone dans la marge continentale arctique et subarctique du Canada

Le cycle du carbone organique dans les écosystèmes marins arctiques devrait être extrêmement vulnérable au changement climatique et d'une importance cruciale en termes de rétroaction. Le changement climatique peut augmenter la concentration atmosphérique de CO₂ en renforçant l'oxydation du carbone organique libéré ou exposé (rétroaction positive), ou il peut offrir plus de possibilités pour les puits de carbone afin de convertir le CO₂ en carbone organique (rétroaction négative). L'océan Arctique renferme la zone de plateau la plus importante de tous les océans (environ 50%) et reçoit de grandes quantités de particules et de matières dissoutes des cours d'eau. Les bilans établis auparavant pour le carbone organique et les sédiments pour cet océan jettent les bases de la construction de bilans de masse pour d'autres éléments soumis à un cycle géochimique.

D'après les travaux de recherche sur le carbone dans l'océan Arctique menés dans le cadre de l'API par Charles Gobeil, de l'Université du Québec, avec



M. Charles Gobeil (à droite) a extrait bon nombre de carottes de sédiments de l'océan Arctique, dont l'une à une grande profondeur (environ 3 500 mètres) au pôle Nord. En sa compagnie, dans le minuscule laboratoire à bord du NGCC *Louis S. St-Laurent*, l'étudiante diplômée, Marie-Ève Randlett, et M. Robie Macdonald, auteur de l'ouvrage *The Organic Carbon Cycle in the Arctic Ocean*. Photo : MPO, 2008

la participation du chercheur principal du MPO, Robie Macdonald, la baisse du volume de glace au cours des 50 dernières années a conduit à un accroissement du flux de carbone organique sur le plancher de l'océan Arctique. Des carottes de sédiments ont été prélevées dans le détroit de Davis, la baie de Baffin, l'archipel canadien, la mer de Beaufort, la mer Tchoukotka et la mer de Bering. Les échantillons prélevés subissent à l'heure actuelle des analyses qui permettront de découvrir plusieurs éléments-traces majeurs (Mn, Fe, S, etc.) ainsi que des biomarqueurs organiques (p. ex. hydrocarbures, stérols, produits végétaux terrestres). À partir de ces données, l'équipe de recherche élabore deux scénarios parallèles. Selon le premier, il y a eu enfouissement du carbone organique d'après les types de molécules qui demeurent dans les sédiments, et selon l'autre, il y a eu conversion du carbone organique en CO₂, d'après les éléments qui réagissent à l'intensité du métabolisme du carbone organique. L'équilibre entre ces deux phénomènes détermine le rôle de l'océan Arctique dans le cycle du carbone et les changements futurs qui surviendront au moment de l'altération de cet équilibre.

Les résultats des mesures des carottes de sédiments nous aideront à comprendre la façon dont le métabolisme du carbone organique affecte le cycle d'autres éléments, et la façon dont nous pouvons appliquer les relevés à ces autres éléments pour comprendre le cycle du carbone actuel et passé dans l'Arctique. Des éléments comme le manganèse, le cadmium et le molybdène ont été appliqués comme indicateurs des conditions océaniques passées. C'est pourquoi la compréhension de leur devenir dans l'Arctique à l'échelle du bassin est nécessaire avant que l'on puisse appliquer les données pour comprendre les conditions passées dans l'océan Arctique et les mettre à profit pour surveiller les changements futurs. Comme l'océan Arctique est une mer semi-fermée, nous pouvons pour la première fois produire des bilans à l'échelle du bassin qui serviront à comprendre le cycle de ces éléments dans les autres océans. Nos résultats révèlent de forts contrastes régionaux pour ce qui est des taux d'accumulation sédimentaire dans les sources de matières de la terre ou de l'océan; du piégeage du carbone organique dans les sédiments; et de la composition chimique globale des sédiments.

Détermination de l'alimentation du requin du Groenland dans un Arctique en pleine évolution

Le requin du Groenland est le plus grand poisson de l'Arctique (il peut atteindre sept mètres de longueur) et il est l'une des deux espèces de requins qui fréquentent régulièrement les eaux arctiques. Comme les requins du Groenland peuvent être très nombreux dans l'Arctique, leur incidence sur l'écosystème n'est pas négligeable. Toutefois, on ne sait rien de leurs déplacements ni, par conséquent, de leur capacité à se déplacer pour tirer profit des réserves d'alimentation d'autres régions ou pour échapper aux pêcheurs. Le chercheur du MPO Steven Campana et le chercheur principal Aaron Fisk, de l'Université de Windsor, qui travaillent en collaboration dans le cadre de ce projet, ont posé des émetteurs satellites sur dix requins du Groenland dans l'est de l'Arctique, afin de surveiller leurs mouvements, la profondeur de l'eau et la température pendant des périodes allant jusqu'à un an après la date de la pose. Les résultats ont été saisissants et nous ont appris que la plupart des requins migrent sur des distances de plus de 1 000 km. Nombre de requins plongent à des profondeurs pouvant aller jusqu'à 1 km. Ces résultats indiquent qu'une même population est susceptible de s'étendre dans de vastes régions de l'est de l'Arctique, et que les requins du Groenland sont beaucoup plus mobiles qu'on ne le pensait auparavant, ce qui fait d'eux des prédateurs à l'échelle de l'écosystème dans l'océan Arctique.

Mobiliser les collectivités pour surveiller les zoonoses afin de répondre aux préoccupations relatives à la sécurité de l'approvisionnement en nourriture traditionnelle au Canada

La sécurité de l'approvisionnement en « nourriture traditionnelle » dans l'Arctique canadien est une préoccupation pour les habitants du Nord en raison de la présence et de la menace des zoonoses. Pour s'attaquer à cette question, le biologiste du MPO Ole Nielsen participe à un



Sur cette photo, fournie par Manon Simard de la Makivik Corporation, on aperçoit les Inuits assis sur une baleine boréale, qui fait partie de leur régime alimentaire traditionnel.

projet dans le cadre de l'API pour mieux comprendre l'écologie de la faune et des maladies afin de déterminer les risques éventuels pour la santé publique liés à la consommation de chair de gibier contaminé cru. Les principaux objectifs du projet, réalisé sous la direction de Manon Simard (Centre de recherche du Nunavik, Makavik Corporation), sont les suivants :

- déterminer la distribution de *Trichinella sp.*, de *Toxoplasma gondii*, de vers *Anisakidae*, de *E. coli* 0157 et de *Salmonella spp* dans l'alimentation traditionnelle des habitants du Nord;
- établir des laboratoires au Nunavik, dans les Territoires du Nord-Ouest et au Nunatsiavut (Terre-Neuve-et-Labrador);
- former la population locale pour qu'elle apprenne à prélever des échantillons de la faune et à diagnostiquer les cinq maladies ciblées;
- élaborer, parachever et valider des tests de diagnostic sur le terrain simplifiés pour *Toxoplasma gondii*;
- élaborer une base de données canadienne en ligne des maladies de la faune arctique à laquelle tous les habitants du Nord pourront avoir accès.

À ce jour, l'équipe de recherche a fait des analyses sur plus de 200 poissons et 109 mammifères marins pour déceler la présence de nématodes *Anisakidae* et 690 mammifères et oiseaux arctiques pour la

résistance au froid de *Trichinella* (*T. nativa* et *Trichinella T6*). Les nouveaux résultats de cette étude, associés aux données climatiques et aux échantillons et données archivés, permettront aux scientifiques de mieux évaluer les répercussions des maladies d'origine alimentaire sur la santé humaine dans un environnement arctique plus chaud et permettront aux habitants du Nord de prendre en charge les analyses de diagnostic des pathologies les plus préoccupantes.

Arctic Surface Ocean – Lower Atmosphere Study (SOLAS)

Le chercheur principal du MPO Michael Scarratt a participé à l'étude de la basse atmosphère dans le cadre du projet SOLAS (Surface Ocean - Lower Atmosphere Study) sous la direction de Maurice Lévasseur de l'Université Laval. Ce projet réalisé dans le cadre de l'API explore les interactions entre la glace de mer, la circulation de l'eau, l'activité microbiologique marine et les émissions de gaz – notamment le dioxyde de carbone (CO₂), l'oxyde d'azote (N₂O), les composés organiques volatils (COV), les hydrocarbures halogénés et le sulfure de diméthyle (DMS) – de la surface océanique à l'atmosphère de l'Arctique. L'étude cherche des réponses à deux grandes questions concernant l'influence des phénomènes marins sur le climat arctique : 1) Comment l'apport accru d'eau du Pacifique par l'archipel canadien affectera-t-il la dynamique des gaz ayant une incidence sur le climat de l'Arctique? 2) Comment ces gaz seront-ils affectés par une réduction de la couverture de glace de mer et l'accroissement des aires d'eaux libres? Deux expéditions à bord du brise-glace de recherche canadien NGCC *Amundsen* ont permis à l'équipe SOLAS de faire de vastes relevés de ces gaz à l'état de traces et des aérosols présents dans le Haut-Arctique canadien, de la baie de Baffin à la mer de Beaufort. Parmi les résultats à ce jour, mentionnons que les premières mesures de l'oxyde d'azote (N₂O), un gaz à effet de serre, dans la glace de mer révèlent sa présence à un taux d'environ 30 % des niveaux atmosphériques. Une telle sous-saturation porte à croire que la glace de mer pourrait agir en tant que source de N₂O dans l'atmosphère au cours de l'embâcle et comme puits de N₂O au cours de la débâcle. Ce processus nous aide à comprendre les variations saisonnières connues de N₂O dans l'atmosphère.

Écosystèmes d'eau douce de l'Arctique : Hydrologie et écologie

Le projet pluridisciplinaire sur les écosystèmes d'eau douce de l'Arctique regroupe des données prélevées sur le terrain, des données de laboratoire et des études de modélisation en vue d'évaluer l'hydrologie et l'écologie des écosystèmes d'eau douce du Nord, notamment un éventail d'écosystèmes des lacs arctiques canadiens, du milieu fluvial et des deltas. Co-dirigée par Fred Wrona et Al Pietroniro d'Environnement Canada, cette initiative mobilise un réseau de 31 chercheurs (notamment James Reist de l'Institut des eaux douces du MPO), plus de 60 collaborateurs et plus de 70 étudiants ou chercheurs postdoctoraux. Le projet d'articule autour de quatre grandes priorités de recherche :

- **Flux d'eau douce et prévisions** – Permettre une meilleure compréhension au niveau des processus et améliorer la capacité de modélisation de la neige, de la pluie, des eaux de ruissellement, de l'évaporation et du changement dans la dynamique et le stockage de l'eau dans les principaux environnements aquatiques polaires afin de mieux évaluer le flux des eaux douces vers l'océan Arctique.
- **Flux des nutriments et prévisions** – Recueillir de nouvelles données et élaborer de nouvelles capacités de modélisation des inondations provoquées par les embâcles au cours de la fonte du printemps dans le delta du Mackenzie (phénomène clé qui contribue à réapprovisionner en eau et en nutriments les lacs du delta) et du transport des nutriments vers la mer de Beaufort.
- **Hydro-écologie d'écosystèmes aquatiques et intégrité écologique** – Permettre de mieux comprendre la façon dont le changement climatique et la variabilité du climat influenceront sur la biodiversité et l'écologie des systèmes d'eau douce arctiques et élaborer pour les générations futures une base de données unique sur la biodiversité des eaux douces (structure et fonction), associée à des données environnementales connexes sur les écosystèmes d'eau douce de l'Arctique (lentiques et lotiques).
- **Renforcement des capacités communautaires et sensibilisation** – Élaboration et mise en place d'outils et d'une capacité dans les collectivités nordiques pour améliorer la surveillance communautaire et l'évaluation de l'état et des tendances en matière de salubrité et d'intégrité des écosystèmes d'eau douce de l'Arctique.



Photo prise par Nikolaus Gantner, boursier postdoctoral, que l'on voit ici en train de faire de la recherche sur l'omble chevalier pour son doctorat.

L'un des principaux volets du Projet sur les écosystèmes d'eau douce arctiques porte sur les effets potentiels du changement climatique et de la variabilité du climat sur l'écologie des eaux douces des lacs de toundra dans la région des hautes terres du Mackenzie, dans l'ouest de l'Arctique canadien. Le rivage de nombreux lacs de toundra des hautes terres que l'on trouve dans la région peut s'effondrer dans le lac avec la fonte du pergélisol sous-jacent. Ces effondrements, qui se traduisent par des apports de sédiments, de matières organiques et de nutriments dans les lacs, sont utilisés comme analogues des effets du changement climatique, car leur fréquence est censée s'accroître avec le réchauffement climatique. James Reist participe aux études en vue de comprendre les effets des effondrements sur la chimie de l'eau des lacs, ainsi que sur les réseaux trophiques, notamment des poissons comme la truite grise, le grand brochet et le cisco. James Reist participe à ce travail en raison de sa

pertinence pour les pêches intérieures très importantes pour les populations indigènes de la région.

Cette recherche a également permis d'élaborer une base de données unique comportant de l'information sur le biote aquatique (p. ex. les

insectes benthiques, les poissons) qui sera l'une des contributions du Canada au Programme de surveillance de la biodiversité circumpolaire, sous l'égide du groupe de travail du Conseil arctique de la conservation de la faune et de la flore arctiques.



Image satellite ENVISAT (MERIS) du delta du fleuve Mackenzie, acquise en septembre 2009. Cet écosystème hydrologique complexe a fait l'objet d'une étude pluridisciplinaire, dans le cadre de l'API. Les données recueillies au cours de l'API, associées à de nouvelles fonctions de modélisation, permettent de mieux comprendre la façon dont le fleuve transporte les nutriments vers la mer de Beaufort et dont il réapprovisionne en eau et en nutriments des centaines de lacs du delta, au cours de phénomènes comme les crues provoquées par les embâcles au cours de la fonte du printemps. Image prise par l'Agence spatiale européenne, transmise par Joost van der Sanden du Centre canadien de télédétection, RNCAN.

Personnes-ressources pour les projets

Les Trois océans du Canada – M. Eddy Carmack, Institut des sciences de la mer, Pêches et Océans Canada, C.P. 6000, 9860 West Saanich Road, Sidney (C.-B.), V8L 4B2 Canada; courriel : eddy.carmack@dfo-mpo.gc.ca; téléphone : 250-363-6585

Étude des eaux traversant l'archipel canadien – M. Humfrey Melling, Institut des sciences de la mer, Pêches et Océans Canada, C.P. 6000, 9860 West Saanich Road, Sidney (C.-B.) V8L 4B2 Canada; courriel : humfrey.melling@dfo-mpo.gc.ca; téléphone : 250-363-6552

Variabilité du climat et répercussions du changement climatique sur l'omble chevalier dans l'Arctique – M. James Reist, Section de l'écologie et de l'évaluation des poissons de l'Arctique, Institut des eaux douces, Pêches et Océans Canada, 501 University Crescent, Winnipeg (Manitoba) R3T 2N6 Canada; courriel : jim.reist@dfo-mpo.gc.ca; téléphone : 204-983-5032; télécopieur : 204-984-2403

Le réchauffement de la planète et les mammifères marins de l'Arctique – M. Steve Ferguson, Institut des eaux douces, Pêches et Océans Canada, 501 University Crescent, Winnipeg (Manitoba) R3T 2N6 Canada; courriel : steve.ferguson@dfo-mpo.gc.ca; téléphone : 204-983-5057

Examen des répercussions des fortes tempêtes arctiques et des changements climatiques sur les processus océaniques dans l'Arctique – M. William Perrie, Institut océanographique de Bedford, Pêches et Océans Canada, 1 Challenger Dr., C.P. 1006, Dartmouth (Nouvelle-Écosse) B2Y 4A2 Canada; courriel : william.perrie@dfo-mpo.gc.ca; téléphone : 902-426-3985

Localisation des bélugas dans la région arctique – M. Mike Hammill, Institut Maurice-Lamontagne, Pêches et Océans Canada, C.P. 1000, Mont-Joli (Québec) G5H 3Z4 Canada; courriel : mike.hammill@dfo-mpo.gc.ca; téléphone : 418-775-0580

Écosystèmes d'eau douce de l'Arctique : Hydrologie et écologie – M. Fred Wrona, Environnement Canada, Division de la recherche des impacts sur la gestion des écosystèmes aquatiques, Département de géographie, C.P. 3050, Victoria (C.-B.) V8W 3P5 Canada; courriel : fred.wrona@ec.gc.ca; téléphone : 250-363-8901; télécopieur : 250-363-3345; et M. Al Pietroniro, Environnement Canada, Surveillance hydrométrique, Académie Lasalle, 373, promenade Sussex, Ottawa (Ontario) K1A 0H3 Canada; courriel : al.pietroniro@ec.gc.ca; téléphone : 306-975-4394

Arctic SOLAS – M. Maurice Levasseur, Département de biologie, Pavillon Alexandre-Vachon, pièce 2071A, Université Laval, Québec (Québec) G1V 0A6 Canada; courriel : Maurice.Levasseur@bio.ulaval.ca; téléphone : 418-656-2131, poste 3207; télécopieur : 418-656-2339

Le cycle du carbone dans la marge continentale arctique et subarctique du Canada – M. Charles Gobeil, Institut national de la recherche scientifique, Centre Eau, Terre et Environnement, 490, de la Couronne, Québec (Québec) G1K 9A9 Canada; courriel : charles_gobeil@ete.inrs.ca; téléphone : 418-654-2589; télécopieur : 418-654-2600

Étude du chenal de séparation circumpolaire – M. David Barber, titulaire de la Chaire de recherche du Canada en science des systèmes de l'Arctique, directeur du Centre for Earth Observation Science, 476, Wallace Building, Fort Gary Campus, Université du Manitoba, Winnipeg (Manitoba) R3T 2N2 Canada; courriel : dbarber@cc.umanitoba.ca; site du projet : www.ipy-cfl.ca; téléphone : 204-474-6981; télécopieur : 204-272-1532

Mobiliser les collectivités pour surveiller les zoonoses afin de répondre aux préoccupations relatives à la sécurité de l'approvisionnement en nourriture traditionnelle au Canada – Mme Manon Simard, Nunavik Research Center, Makavik Corporation, C.P. 179, Kuujuaq (Québec) J0M 1C0 Canada; courriel : m_simard@makivik.org; téléphone : 819-964-2925, poste 259; télécopieur : 819-964-2230

Détermination de l'alimentation du requin du Groenland dans un Arctique en pleine évolution – M. Aaron Fisk, Great Lakes Institute for Environmental Research, 401 Sunset Avenue, Université de Windsor, Windsor (Ontario) N9B 3P4 Canada; courriel : afisk@uwindsor.ca; téléphone : 519-253-3000, poste 4740; télécopieur : 519-971- 3616



S'il existe différentes méthodes pour mesurer l'épaisseur de la glace de mer à distance, aucune ne rivalise en exactitude avec une mesure au ruban prise à partir d'un forage dans la glace. On voit ici une équipe du Conseil national de recherches du Canada en train de forer, dans un floe épais, des trous de mesure de la glace pluriannuelle selon un schéma de relevés. La température et la solidité de la glace sont mesurées en différents points. Grâce à ce genre de relevés, l'équipe chargée de l'Étude des eaux traversant l'archipel canadien a montré que les floes ayant une épaisseur moyenne pouvant atteindre 15 mètres demeurent courants dans les eaux du plateau continental polaire canadien, même s'ils se font de plus en plus rares dans le bassin arctique. Photo : MPO, 2009