

Sciences *et* Services



Environnement
Canada


Service
Météorologique
du Canada

Environment
Canada

Meteorological
Service
of Canada

PROGRAMMES MÉTÉOROLOGIQUES DU NORD *et* DE L'ARCTIQUE



Canada 

Auteurs**Victoria Hudec • Angus Fergusson**

Service météorologique du Canada

Environnement Canada

Ce rapport est disponible sous forme électronique à l'adresse :

http://www.msc-smc.ec.gc.ca/acsd/publications/index_f.html?

On peut en obtenir des copies papier en écrivant ou en téléphonant à :

Direction de l'évaluation scientifique et de l'intégration**Service météorologique du Canada****4905, rue Dufferin****Downsview (Ontario)****M3H 5T4****(416) 739-4645**

Publié avec l'autorisation du ministre de l'Environnement

© Ministère des Travaux publics et Services gouvernementaux

Canada 2005

Catalogue N° : En56-204/2005F

ISBN N° : 0-662-68616-0

Table des matières

REMERCIEMENTS	i
MESSAGE DU SOUS-MINISTRE ADJOINT	iii
INTRODUCTION	1
L'ORGANISATION DU SERVICE MÉTÉOROLOGIQUE DU CANADA POUR LE NORD	4

SERVICES ET RÉSEAUX DU SMC DANS LE NORD **6**

Observatoires météorologiques de l'Extrême-Arctique	7
Prévisions météorologiques et vulgarisation	7
Réseaux d'observation météorologique	9
Réseau d'observation aérologique	9
Programme canadien de retransmission des données météorologiques d'aéronefs (AMDAR)	10
Réseau d'observation météorologique de surface	11
Réseau d'observation météorologique en surface pour l'aviation	11
Stations météorologiques automatiques	12
Site du SMC d'essai d'instruments et de système de mesure de surface dans des conditions météorologiques arctiques	13
Réseau canadien de détection de la foudre	13
Réseaux de surveillance maritime	15
Navires d'observation bénévole et navires d'observation automatique bénévole	15
Programme de bouées SADO d'Environnement Canada pour le Nord	16
Bouées sur glace de collecte de données dans le bassin de l'Arctique	16
Bouées sur glace de collecte de données du SCG	16
Glace	17
Navigation dans l'Arctique	17
Acquisition de données sur les glaces	17
Avis sur la lisière des floes	18
Produits sur les glaces de mer et archives de données climatologiques	19
Eau	19
Relevés hydrologiques	19
Climat	21
Réseau de surface du Système mondial d'observation du climat (GSN)	21

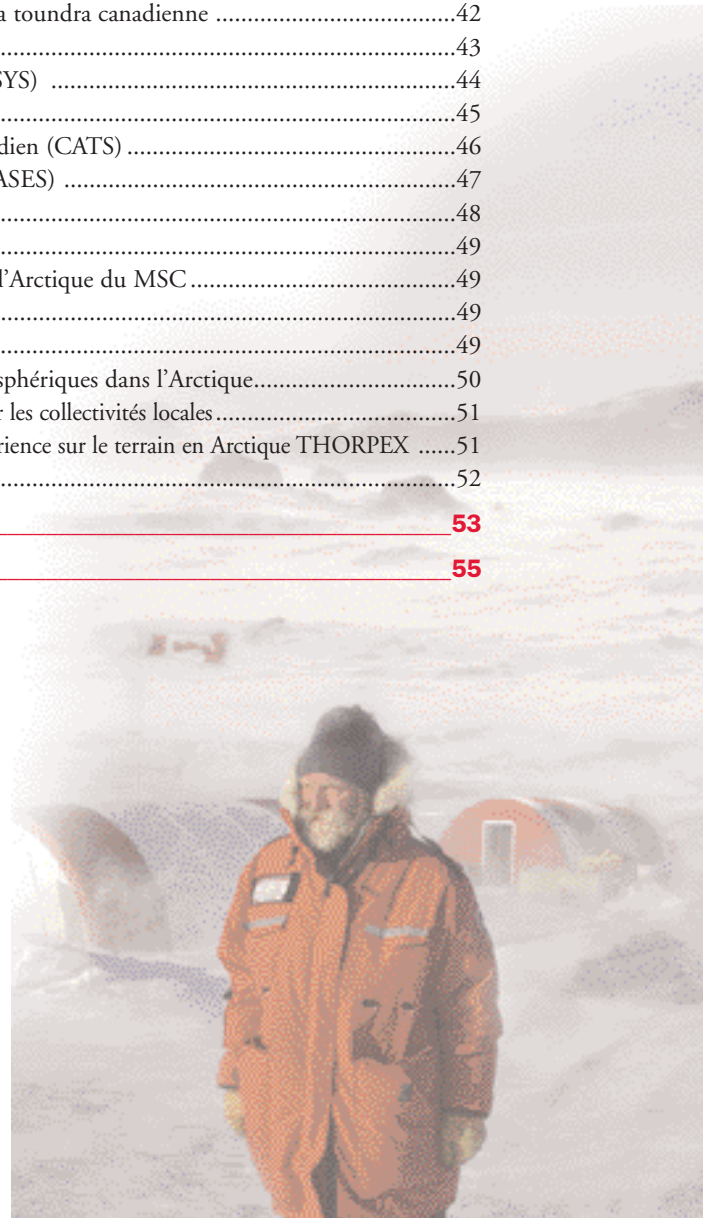
RECHERCHE **22**

La quatrième Année polaire internationale (2007–2008)	22
L'atmosphère	23
Surveillance de l'atmosphère à l'observatoire de l'Extrême-Arctique du SMC, à Alert (NU)	23
Programme Veille de l'atmosphère du globe	23
ALERT 2000 – Expériences sur le lever de soleil polaire	25
Contaminants toxiques	27
Programme de lutte contre les contaminants dans le Nord	27
Sources de pesticides organochlorés	28
Mercure	30
Métaux lourds dans l'atmosphère	31
Utilisation des inventaires d'émissions de pesticide pour identifier les sources et les voies de transport des polluants	31





Programmes de qualité de l'air régionale pour évaluer les impacts des développements actuels et futures du Nord	32
Étude sur l'océan, l'atmosphère, la glace de mer et la couverture nivale (OASIS)	34
Mesures canadiennes systématiques de l'ozone stratosphérique et du rayonnement UV	34
Climat et changement climatique	35
Système mondial d'observation du climat (SMOC)	35
Centre canadien de la modélisation et de l'analyse climatique.....	36
Le climat canadien	36
Le pergélisol	37
Étude GEWEX du Mackenzie (MAGS)	38
Impacts et adaptation	40
Étude d'impact sur le bassin du Mackenzie	40
La cryosphère	41
Suivi de la neige et de la glace.....	41
Mesures par satellite de la couverture nivale de la toundra canadienne	42
Système cryosphérique du Canada (CRYSYS).....	43
Étude du système climatique de l'Arctique (ACSYS)	44
Projet Climat et cryosphère (CliC)	45
Étude de la circulation dans l'archipel canadien (CATS)	46
Étude sur la plateforme arctique canadienne (CASES)	47
ArcticNet	48
Météorologie et hydrologie	49
Laboratoire national d'hydrométéorologie et de l'Arctique du MSC	49
Laboratoire d'hydrométéorologie.....	49
Laboratoire de l'Arctique.....	49
Modélisation mésoéchelle de phénomènes atmosphériques dans l'Arctique.....	50
Étude des impacts des dangers météorologiques sur les collectivités locales	51
Prévisions météorologiques à grand impact – Expérience sur le terrain en Arctique THORPEX	51
Prévision des écoulements fluviaux	52
SITES INTERNET CONNEXES	53
GLOSSAIRE	55



Remerciements

L'excellent travail de recherche déployé par **Georgia Simms** pour ce rapport est grandement apprécié. Nous remercions **le personnel du SMC** qui a fourni des renseignements sur les nombreux services et les nombreuses initiatives de recherche du SMC dans le Nord.

Nous désirons également remercier **le personnel du SMC dans les régions, du Service canadien des glaces et de la Direction générale des sciences atmosphériques et climatiques** pour son examen détaillé du contenu de ce rapport. Les contributions de **Deborah Brown, Lorne Baker, Jeff Sowiak, Ross Brown** et **Janice Lang** sont particulièrement appréciées.

Photographie de la couverture, et aux pages ii et iv :
**Janice Lang, Recherche et développement pour la défense
Canada – Ottawa**

Conception graphique et tirage photographique par
BTT Communications (Toronto)





Message

du sous-ministre adjoint



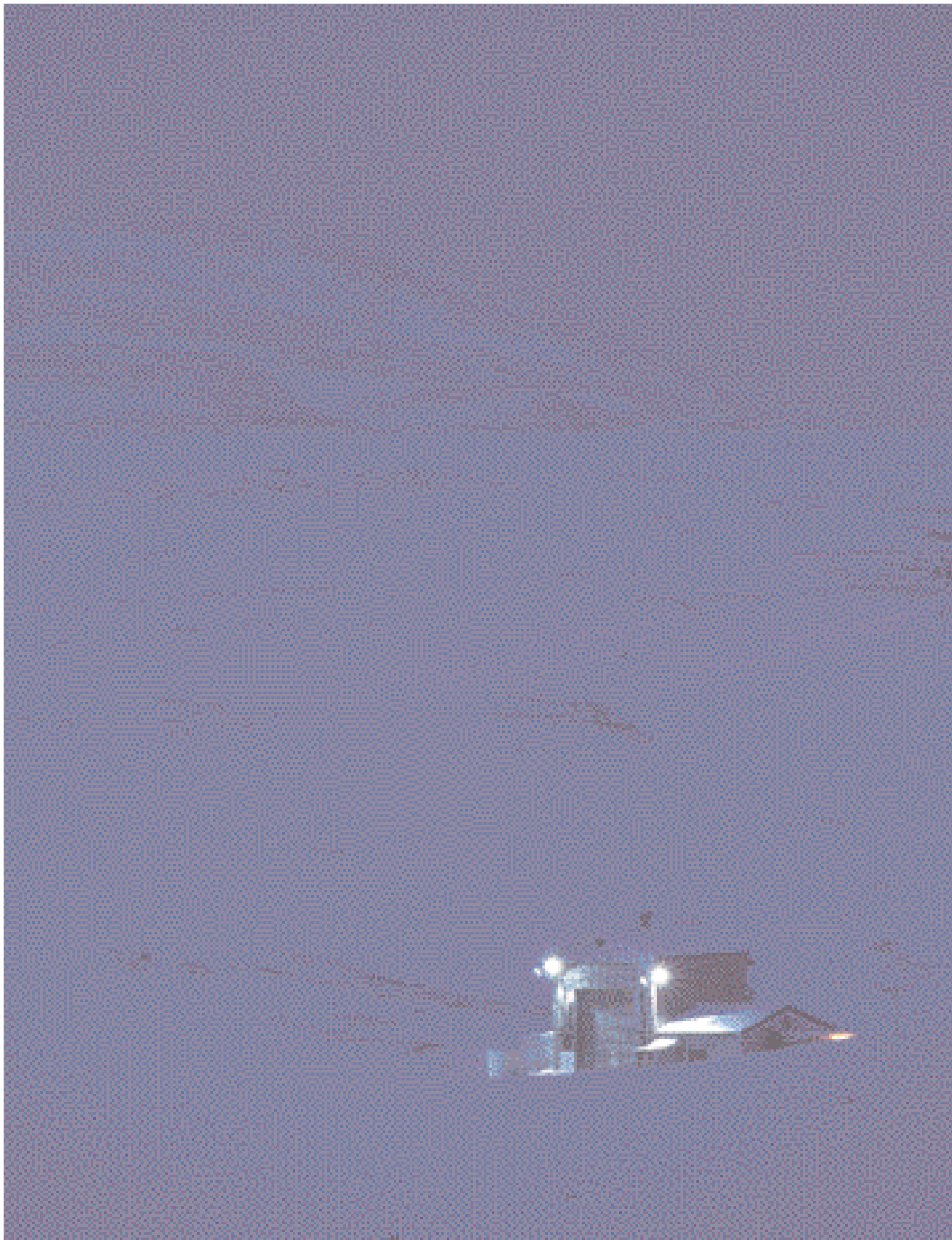
C'est avec fierté que je mets à votre disposition ce rapport sur les activités du Service météorologique du Canada (SMC) dans le Nord et l'Arctique. En moins d'un siècle, nous sommes passés des simples observations météorologiques dans le Nord à des services rapides et exacts aux Canadiens du Nord dans les domaines de la météorologie, du climat, de l'hydrologie et des glaces, ainsi qu'à des travaux de recherche, à titre de leader et de participant, à l'appui de programmes nationaux et internationaux.

Les quatre fonctions du SMC, nommément la surveillance, la prévision, les services et la science, appuient nos programmes nordiques et arctiques. Malgré l'environnement rigoureux du Nord et de l'Arctique, le SMC a relevé le formidable défi de desservir la population clairsemée qui vit dans cette immense région. Le SMC contribue également de façon importante aux initiatives de recherche nationales et internationales. Par exemple, le programme Veille de l'atmosphère du globe et les installations de recherche mis en place à Alert ont attiré de nombreux chercheurs de partout dans le monde. Le SMC est en train de moderniser les installations d'administration et d'hébergement d'Eureka pour mieux répondre aux besoins du personnel et des chercheurs invités qui utilisent Eureka comme point d'escale durant leurs longs voyages vers l'Extrême-Arctique.

En collaboration avec les universités et les chercheurs étrangers, nos propres chercheurs continuent d'élargir nos connaissances de l'atmosphère et de la cryosphère du Nord et de l'Arctique. Nos recherches pour comprendre les processus atmosphériques et climatiques du Nord nous ont mené, par exemple, à une meilleure compréhension du changement du climat, des processus liés à la glace, à la neige et à l'atmosphère de l'Arctique, et nous montrent comment modéliser l'atmosphère du Nord et de l'Arctique. Avec ces connaissances accrues, nous pouvons prédire de façon fiable l'état de l'atmosphère et du climat par suite du changement climatique.

J'aimerais remercier tous les employés qui ont contribué au succès des programmes nordiques et arctiques du SMC. J'aimerais également vous inviter à découvrir, grâce à ce rapport, comment les programmes scientifiques et les services du SMC dans cette région profitent aux Canadiens et au reste de la planète.

Marc Denis Everell





Introduction

Services et sciences du Nord du SMC

Le Nord canadien est une vaste région qui comprend les terres et le territoire océanique au nord de la ligne de pergélisol discontinu. Selon la définition d'Environnement Canada, il comprend le Yukon, les Territoires du Nord-Ouest, le Nunavut, les basses terres de la baie d'Hudson, le nord du Québec et le Labrador, et couvre huit zones écologiques différentes. La partie située au nord du cercle polaire arctique est la région arctique du Canada.

Dans cette immense région nordique, qui est caractérisée par un climat rude et une population clairsemée, le Service météorologique du Canada (SMC) fournit des services à base scientifique et mène des activités de recherche et de développement pour garantir la sécurité et le bien-être des citoyens, protéger l'environnement, encourager le développement économique, et nous faire mieux connaître l'atmosphère et l'environnement du Nord.

Les mieux connus de ces services à base scientifique sont les programmes d'avis et d'avertissements à l'intention du grand public, de l'aviation et de la marine. Les programmes produisent des avis et des avertissements basés sur les observations des conditions météorologiques et des glaces. Ils comprennent des prévisions météorologiques à l'intention du grand public, des informations et des prévisions pour l'aviation, et des bulletins et prévisions sur l'état de la mer et des glaces pour la communauté maritime. Le domaine d'application est vaste. Chaque collectivité du Nord bénéficie d'informations et de prévisions météorologiques, chaque vol nordique dispose d'informations et de prévisions météorologiques à jour pour les trajectoires de vol, et chaque voyage maritime, dans les eaux nordiques ou arctiques, dispose des dernières informations sur l'état de la mer et des glaces et les conditions météorologiques. Le réseau hydrométrique du Nord (en partenariat avec le ministère des Affaires indiennes et les territoires) appuie les transports sur les principaux cours d'eau, les opérations hydroélectriques, et la prévision des inondations, des précipitations et des embâcles. Les données et les prévisions du SMC aident les industries nordiques à opérer avec efficacité et efficience, ce qui assure la prospérité économique du Nord et du Canada.



Photo de Doug Heard, RWED GNWT.

Ces services à base scientifique sont disponibles à cause des recherches fiables et excellentes effectuées au SMC depuis plusieurs décennies. L'assise du Service météorologique du Canada est constituée par les données recueillies par ses réseaux de surveillance du temps, du climat, des mers, de l'atmosphère et de l'eau. En se servant de ces observations, le SMC a élaboré certains des meilleurs modèles numériques de prévision du temps et du climat au monde. Ces outils permettent aux météorologistes de produire des prévisions météorologiques pour les collectivités nordiques, comme ils le font pour d'autres villes canadiennes telles que Toronto et Vancouver.

En collaboration avec des partenaires, les chercheurs du SMC étudient les principaux problèmes du Nord, comme la qualité de l'air, la distribution des substances toxiques, l'évolution du climat ainsi que les états actuels et futurs de la couche d'ozone arctique et le rayonnement ultraviolet. Les mesures et les observations utilisées dans les recherches proviennent d'instruments terrestres, aéroportés et satellisés installés à divers sites nordiques, dont les laboratoires du SMC d'Alert et d'Eureka, dans l'Extrême-Arctique. Une grande partie des recherches liées à ces mesures et observations est effectuée par la Direction générale des sciences atmosphériques et climatiques (DGSAC) du SMC à Downsview (Ontario). Les chercheurs du SMC collaborent avec des collègues d'universités canadiennes ainsi que d'organismes gouvernementaux et d'universités de l'étranger pour les recherches dans le Nord. Cet effort de collaboration a débouché sur une bien meilleure compréhension des problèmes mondiaux liés aux contaminants et substances toxiques, au changement climatique et à l'appauvrissement de la couche d'ozone.

Les obligations du Canada en vertu de protocoles et d'accords internationaux aident également à établir le programme de recherche du SMC dans le Nord. Le Protocole de Montréal pour la protection de la couche d'ozone et le Protocole de Kyoto sur les changements climatiques obligent le Canada à élargir ses connaissances sur ces questions et à contribuer au corpus de connaissances international. Les chercheurs du SMC participent à de nombreux forums et groupes consultatifs internationaux importants comme le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), et contribuent à des évaluations de la stratégie internationale. Grâce à la participation du Canada au Conseil de l'Arctique, les chercheurs du SMC ont contribué à l'Évaluation des impacts du changement climatique dans l'Arctique. Cette évaluation permettra de mieux comprendre la science de l'Arctique et d'identifier des domaines de recherche futurs.

Dans le cadre du Protocole de Montréal, les chercheurs du SMC continuent à surveiller l'épaisseur de la couche d'ozone dans le Nord et dans l'Arctique, particulièrement au printemps. Cela garantira l'efficacité des mesures de surveillance mondiale et aidera à identifier d'autres mesures nécessaires. Ils ont également participé au suivi du transport à grande

distance de métaux lourds et de pesticides jusque dans l'Arctique à partir de diverses régions sources dans le monde. Grâce au réseau climatologique du SMC, les chercheurs ont établi que le climat de l'ouest de l'Arctique s'est réchauffé de 3 à 5 degrés Celsius au cours des 40 dernières années. Les recherches du SMC ont permis de documenter un certain nombre d'impacts importants de ce réchauffement, dont la fonte des glaciers, le dégel du pergélisol, une réduction de l'épaisseur et de l'étendue de la couverture de glace, une fonte précoce de la neige au printemps, et un changement des régimes de précipitation. Une information sur l'ampleur et la vitesse du changement du système climatique est essentielle pour aider les Canadiens et les citoyens d'autres pays à s'adapter au changement climatique.



← Limites du Nord fixées par Environnement Canada

Les modèles climatiques mondiaux sont les seuls outils disponibles pour voir dans l'avenir et prévoir comment les régimes climatiques et les courants océaniques réagiront aux changements des gaz à effet de serre et des polluants connexes dans l'atmosphère. Les chercheurs du Service météorologique du Canada sont des pionniers et des meneurs à l'échelle mondiale dans l'élaboration et l'utilisation de modèles climatiques mondiaux. Des chercheurs du Centre canadien de la modélisation et de l'analyse climatique (CCmaC) du SMC ont élaboré un modèle couplé de l'atmosphère, de l'océan et de la glace de mer qui est considéré comme l'un des meilleurs au monde. En plus de coupler l'atmosphère, l'océan et la glace, les climatologues du SMC ont relevé le défi audacieux d'élaborer la prochaine génération de modèles climatiques qui inclura les processus biologiques et chimiques clés qui règlent le cycle planétaire du carbone – et par conséquent, notre climat. Pour formuler notre stratégie concernant nos engagements de Kyoto, il est essentiel de comprendre comment la biosphère réagira à des concentrations plus élevées de gaz à effet de serre dans l'atmosphère et quelles en seront les répercussions subséquentes sur l'atmosphère.

En plus d'informer les décideurs au Canada, les modèles climatiques canadiens ont été utilisés intensivement à l'étranger. Le *Third Assessment Report* de 2001 du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) a utilisé le modèle canadien avec trois autres dans ses études clés visant à déterminer si l'effet anthropique sur le climat était décelable dans les données climatologiques mondiales. Le modèle climatique canadien a également été l'un des deux modèles utilisés (l'autre étant le modèle du Hadley Centre de Grande-Bretagne) dans la récente *National Assessment of the Potential Impacts of Climate Variability and Change* aux États-Unis.

Pour les dix prochaines années, les objectifs de recherche et développement (R-D) du SMC pour le Nord sont :

1. appuyer la prise de décision basée sur le risque en ce qui concerne les phénomènes météorologiques et environnementaux connexes à fort impact (conditions météorologiques, hydrologiques et océanographiques, qualité de l'air) qui menacent la sécurité des Canadiens, leur économie et leur environnement à des échelles allant des minutes aux jours et aux semaines;
2. appuyer la prise de décision basée sur le risque en ce qui concerne les changements atmosphériques et les changements et la variabilité connexe de l'environnement qui menacent la sécurité des Canadiens, leur économie et leur environnement à des échelles allant des semaines aux années et aux siècles;
3. fournir un tableau cohérent et logique des états présents et passés de l'atmosphère et de l'environnement connexe.

La demande des services et de la recherche du SMC dans le Nord restera urgente tant que le développement économique dans le Sud du Canada et dans le Nord continueront de perturber l'environnement atmosphérique nordique. Au cours des cinq prochaines années, on reprendra les forages exploratoires dans la mer de Beaufort, et un gazoduc proposé sera construit dans la vallée du Mackenzie. Ces grandes entreprises, et d'autres, obligeront un plus grand nombre de personnes dans le Nord à travailler dans un environnement en constante évolution. Il en résultera un besoin de services additionnels et des recherches plus approfondies sur l'atmosphère et l'environnement.

Il y a de nombreux défis inhérents à la fourniture de ces services. La langue de communication pose un problème particulièrement important; par exemple, l'inuktitut est la langue maternelle d'environ 85 % de la population du Nunavut. La couverture médiatique est centralisée dans les trois grandes collectivités de Yellowknife, Rankin Inlet et Iqaluit. Les autres régions sont desservies par des systèmes de diffusion automatiques, des répondeurs téléphoniques et Radio Météo. Le SMC a de nombreux réseaux et stations dans le Nord mais, étant donné la vaste étendue de celui-ci, la densité des données est faible. Le défi du SMC est de fournir ces services nécessaires à un coût abordable, tout en veillant à ce qu'ils répondent aux besoins des habitants du Nord et des Canadiens.

L'ORGANISATION DU SERVICE MÉTÉOROLOGIQUE DU CANADA POUR LE NORD

Le Service météorologique du Canada est le chef de file d'Environnement Canada en matière de sciences et de technologies dans le Nord et assure le leadership de la fourniture de services dans le Nord.

Les composantes des services et des recherches nordiques du SMC se trouvent dans les Régions du SMC de tout le Canada, à l'AC du SMC à Downsview (Ontario) et au Service canadien des glaces à Ottawa (Ontario). Dans le Nord, le SMC possède et exploite des installations d'observation à Eureka et à Alert, des installations d'observation aérologique à 16 sites dans le Nord, et des stations d'observations climatologiques, météorologiques et hydrométriques dans tout le Nord.

Depuis 2002, les 15 centres météorologiques du SMC ont été transformés en cinq nouveaux Centres de prévision des tempêtes (CPT). La responsabilité des prévisions pour les régions nordiques du Canada sera répartie comme suit entre les centres :

- CPT du Pacifique (Vancouver) – pour le Territoire du Yukon
- Centre de prévision des tempêtes (CPT) des Prairies et de l'Arctique (Edmonton) – pour le Nunavut et les Territoires du Nord-Ouest
- CPT de l'Ontario (Toronto) – pour le nord de l'Ontario
- CPT du Québec (Montréal) – pour le nord du Québec
- CPT de l'Atlantique (Halifax) – pour le Labrador



Les nouveaux Centres météorologiques aéronautiques du Canada (CMAC) de l'est (Montréal) et de l'ouest (Edmonton) sont devenus opérationnels au printemps 2004. Le CMAC de Montréal s'occupe des prévisions pour l'aviation pour le nord de l'Ontario, le nord du Québec et le Labrador; le CMAC d'Edmonton produit les prévisions pour les régions de l'Arctique ainsi que le Nunavut, les Territoires du Nord-Ouest et le Territoire du Yukon.

← Installations d'observation à Eureka, NU

Le SMC a créé un laboratoire national à Edmonton, qui est co-implanté avec le Centre de prévision des tempêtes (CPT), et se concentrera sur les sciences appliquées liées à l'hydrométéorologie et à la météorologie de l'Arctique. On a créé des postes spéciaux de préposés aux avertissements et à la vulgarisation pour faire face aux phénomènes météorologiques à fortes incidences au Nunavut et dans les Territoires du Nord-Ouest en identifiant les possibilités d'amélioration de l'efficacité des programmes d'Environnement Canada, et en travaillant avec les collectivités pour réduire les risques.

DÉPENSES DE SCIENCES ET DE TECHNOLOGIE DU NORD ET DE L'ARCTIQUE D'EC

TOTAL DES DÉPENSES : 41,8 MILLIONS DE DOLLARS

Nombres ci-dessous en milliers de dollars

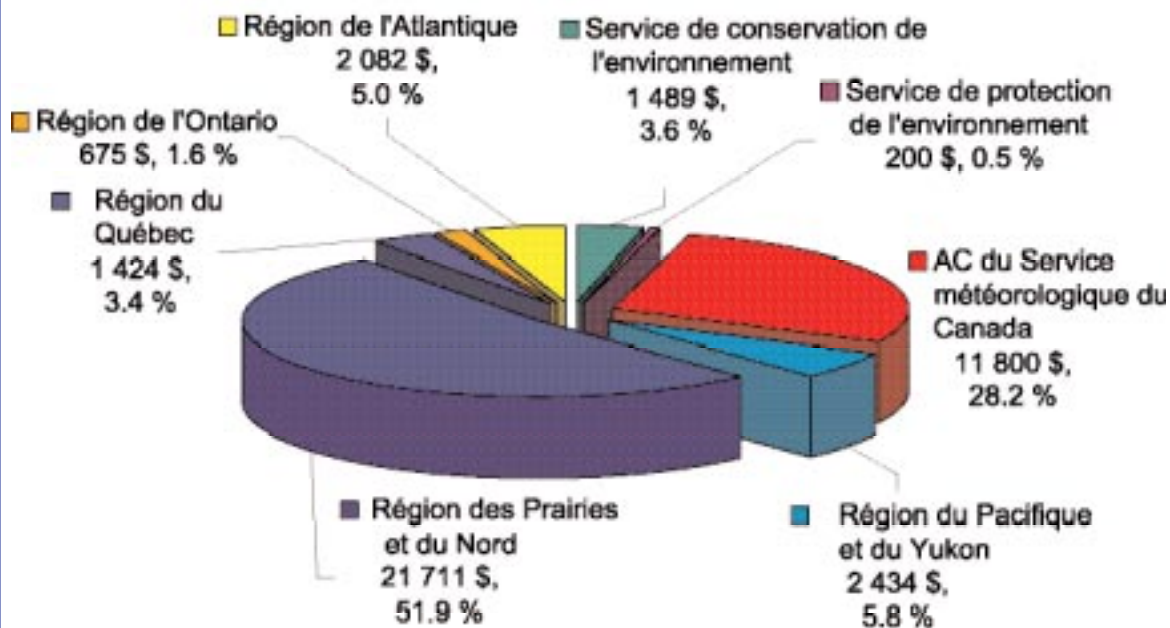


Tableau des dépenses estimatives d'Environnement Canada pour le Nord. Ces dépenses sont difficilement à chiffrer avec exactitude, nombre de services ou programmes exécutés dans le Nord n'étant pas spécifiques à cette région, mais étant considérés comme des prolongements de services ou programmes nationaux.



SERVICES ET RÉSEAUX DU SMC DANS LE NORD

Le Service météorologique du Canada (SMC) fournit des services vitaux à base scientifique aux collectivités nordiques, entre autres des prévisions météorologiques, des avertissements et avis, des informations sur les glaces et la lisière des floes, des relevés hydrologiques, la surveillance du climat et la diffusion des informations.

Ces services sont basés sur des réseaux d'observation et de surveillance terrestres, des technologies de pointe de surveillance de l'environnement, des postes de travail de prévisionniste utilisant des modèles de prévisions météorologiques d'avant-garde, et des données satellitaires. Le SMC fournit ces services dans le Nord grâce à une utilisation efficace des technologies par ses météorologistes, et par des partenariats et des efforts coordonnés entre le SMC et les administrations provinciales, territoriales et municipales, ainsi que d'autres services, ministères et organismes du gouvernement fédéral, et l'industrie privée.

Les services que le SMC fournit appuient également ses initiatives de recherche et de développement pour le Nord, ce qui inclut les besoins logistiques des observatoires du Nord, l'établissement de sites de surveillance de l'environnement, et l'appui aux avions de recherche dans le Nord.

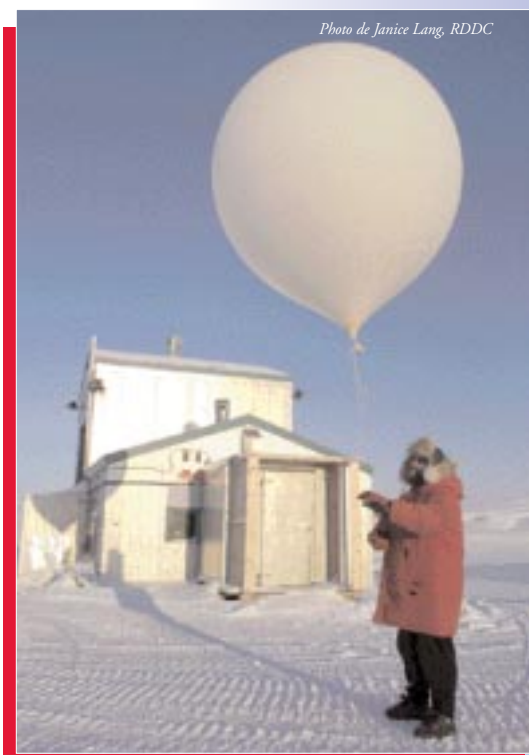


Le SMC aide également la communauté internationale de façon importante par des ententes d'échange de données et autres ententes avec l'Organisation météorologique mondiale. Par exemple, les données des stations aérologiques, des bouées arctiques, et des instruments de surveillance du rayonnement solaire et de l'ozone stratosphérique du SMC sont essentielles pour la surveillance météorologique et environnementale aux grandes latitudes de l'hémisphère Nord.

← Instruments AWOS à l'observatoire de l'Extrême-Arctique d'Alert, NU

Observatoires météorologiques de l'Extrême-Arctique

Le SMC exploite deux stations d'observations météorologiques dans l'Extrême-Arctique, l'une à Eureka et l'autre à Alert, deux collectivités de l'île d'Ellesmere au Nunavut. Ces observatoires sont exploités en partenariat avec le ministère de la Défense nationale (MDN). Les huit employés à Eureka et les trois employés d'Alert font des sondages aérologiques deux fois par jour et sont responsables de la collecte régulière des données. Le personnel de la station météorologique de l'Extrême-Arctique (SMEA) fournit les données météorologiques de base, et joue également un rôle critique dans les observations météorologiques et atmosphériques concernant l'Arctique qui alimentent la recherche scientifique sur des problèmes comme le réchauffement planétaire et l'appauvrissement de la couche d'ozone. La SMEA appuie aussi une grande variété de partenaires et de clients, comme le ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources (EMR) et l'Étude du plateau continental polaire (EPCP). De nombreuses expéditions nordiques entreprises par des groupes venant du monde entier comptent également sur l'appui de ces stations.



Lancement d'une sonde à ozone à Alert, NU

Au cours de l'été 2004, le SMC a commencé à Eureka la construction d'une installation d'administration et d'hébergement de deux étages, qui devrait être terminée vers la fin de 2005. Le nouveau complexe remplacera l'immeuble actuel, qui date des années 1960. Cette nouvelle installation augmentera la capacité de travail dans de nombreux domaines de recherche et d'autres opérations dans l'Extrême-Arctique au Canada.

Prévisions météorologiques et vulgarisation

Des populations clairsemées, des défis de communication et le besoin de services en inuktitut et d'autres langues rendent la fourniture de services météorologiques particulièrement difficile dans le Nord. Le SMC veille à ce que les habitants du Nord reçoivent des informations météorologiques à jour pour prendre des décisions informées concernant leur santé et leur sécurité, ainsi que pour leur prospérité économique. Compte tenu des difficultés inhérentes à la diffusion des informations météorologiques dans l'Arctique, le SMC continue de développer les relations de travail avec les médias, les autres gouvernements, les organisations non gouvernementales et l'industrie pour fournir ce service. C'est un processus permanent qui évolue continuellement pour répondre aux besoins des Canadiens du Nord, de l'aviation et du transport maritime.

Dans le Nord, les informations météorologiques sont diffusées par des répondeurs téléphoniques (ATAD), Radio Météo, les médias (journaux, radio et télévision, dont Radio-Canada et TVNC), et par l'intermédiaire du site Web du « Bureau météorologique » du SMC (http://weatheroffice.ec.gc.ca/canada_f.html). Ce site Web offre aux Canadiennes et aux Canadiens un accès en ligne aux services météorologiques régionaux que voici :

- Prévisions météorologiques à court terme et à long terme (y compris le temps actuel, les prévisions météorologiques sur 5 jours et les prévisions saisonnières à long terme)
- Avertissements et avis météorologiques, ainsi que déclarations météorologiques spéciales
- Données sur le temps/climat passés

Dans le Nord canadien, les régions de prévisions météorologiques destinées au grand public sont définies par des noms de collectivités ainsi que des noms géographiques ou traditionnels bien connus, pour refléter les divisions traditionnelles plus petites. Le SMC fournit au réseau Radiométéo et aux répondants téléphoniques du Nunavut des messages vocaux synthétisés en inuktitut sur les conditions météorologiques du moment. Sur demande, les porte-parole du SMC accordent également des entrevues radiophoniques pour expliquer les phénomènes météorologiques inhabituels et font des revues climatologiques mensuelles pour les médias. Les Centres de prévision des tempêtes diffusent cette information dans tout le pays. Environnement Canada a également un certain nombre de services d'abonnement aux images des radars météorologiques et aux images satellitaires.

Refroidissement éolien	Description	Danger pour la santé
0 à -9	Faible	<ul style="list-style-type: none"> Le refroidissement éolien augmente un peu l'inconfort.
-10 à -24	Moyenne	<ul style="list-style-type: none"> Inconfortable. La peau exposée ressent le froid. Risque d'hypothermie si à l'extérieur pendant de longues périodes.
-25 à -44	Élevé	<ul style="list-style-type: none"> Risque de gel de la peau (gelure grave). Surveillez tout engourdissement ou blanchissement de la figure, des doigts, des oreilles, des oreilles ou du nez. Risque d'hypothermie si à l'extérieur pendant de longues périodes.
-45 à -59	Extrême	<ul style="list-style-type: none"> Quelques minutes suffisent pour geler la peau exposée. Sérieux risque d'hypothermie si à l'extérieur pendant de longues périodes. Surveillez tout engourdissement ou blanchissement de la figure, des doigts, des oreilles, des oreilles ou du nez. Se préparer à consulter ou à raccourcir les activités extérieures.
-60 et valeurs plus importantes	Extrême	<p>DANGER!</p> <ul style="list-style-type: none"> Les conditions extérieures sont dangereuses. La peau exposée peut geler en moins de 2 minutes.

La carte de refroidissement éolien du SMC

Le SMC améliore les services météorologiques dans le Nord en introduisant un nouveau programme de veille de tempête hivernale qui fournira aux habitants du Nord une meilleure notification préalable de temps violent. Au printemps 2005, le SMC réorganisera les régions actuelles de prévisions destinées au grand public afin d'améliorer la précision des prévisions quotidiennes dans un certain nombre de collectivités des Territoires du Nord-Ouest et du Nunavut.

Le SMC produit aussi des prévisions maritimes et pour l'aviation pour les régions arctiques et du Nord. Les prévisions météorologiques pour l'aviation sont émises des deux Centres météorologiques de l'aviation du SMC pour Nav Canada. Cette information et l'information météorologique actuelle sont accessibles sur le site Web de Nav Canada, www.flightplanning.navcanada.ca

Le SMC utilise aussi le système de communication maritime de la Garde côtière canadienne pour diffuser les prévisions météorologiques et des glaces aux marins en mer dans le Nord. En outre, le SMC fournit à la Garde côtière canadienne des prévisions météorologiques et sur les glaces spécialisées pour ses opérations en brise-glace.

Pour assurer la sécurité et le bien-être des habitants du Nord et aider l'aviation publique et l'industrie du Nord à fonctionner de façon efficace, le SMC dispose dans le Nord de programmes spéciaux de sensibilisation et de préparation aux alertes. Les Régions du SMC sont également actives dans la distribution du matériel de vulgarisation. Par exemple, en coopération avec le ministère de l'Éducation, la Région du Pacifique et du Yukon du SMC a distribué la nouvelle carte de refroidissement éolien en format de poche à chaque enfant d'âge scolaire du Yukon, dans l'espoir de réduire les gelures chez les jeunes. Le programme *Météo à l'œil* est maintenant accessible sur l'Internet à tous les enseignants du Nord et, dans les années à venir, on prévoit y exposer des aspects particuliers de la météorologie du Nord.



Bureau de prévision météorologique du SMC pour la Région du Québec – Nord du Québec.

Réseaux d'observation météorologique

Les éléments météorologiques critiques comme la température, les précipitations et la vitesse du vent sont observés en temps réel pour fournir au public des prévisions et des avertissements à jour exacts, ce qui est un défi de taille dans le Nord du Canada parce que les distances entre les sites d'observation sont très grandes. L'utilisation de données satellitaires ne peut que compenser partiellement la rareté des données recueillies à la surface du sol.

Dans le Nord, le SMC gère le **Réseau d'observation aérologique**, le **Réseau d'observation météorologique de surface**, le **Réseau canadien de détection de la foudre** et le **Réseau maritime**. Le SMC fait également partie intégrante du **Réseau d'observation météorologique pour l'aviation** de NAV CANADA. Tous ces réseaux appuient la production des prévisions et des alertes météorologiques à l'intention du grand public, des prévisions maritimes et des prévisions pour l'aviation. Ils fournissent également des données pour les études climatologiques et une vaste gamme d'applications environnementales.

Ces réseaux nationaux sont gérés par la Direction générale de l'observation atmosphérique et des relevés hydrométriques (DGOARH). Les Divisions de la surveillance de l'atmosphère des cinq Régions du Canada en gèrent l'installation, l'inspection, l'entretien et l'exploitation.



Lanceur automatisé de radiosondes à la station aérologique de Whitehorse, au territoire du Yukon.

RÉSEAU D'OBSERVATION AÉROLOGIQUE

Le Réseau aérologique exploite 31 stations dans tout le Canada, dont 17 se trouvent dans le Nord. Le SMC est le propriétaire des installations à chacun des sites aérologiques, mais les sondages sont effectués sous contrat à plusieurs d'entre eux. Les données du Réseau aérologique sont un intrant critique pour la prévision météorologique numérique, les prévisions du climat et de la qualité de l'air, et sont utiles pour valider les données transmises par les satellites.



Les données aérologiques comprennent des mesures de la pression barométrique, de la température, de l'humidité, et de la vitesse et de la direction du vent (et peuvent inclure le rayonnement, l'ozone et des polluants).

Les sources de données aérologiques comprennent les radiosondes, les satellites, les stations météorologiques terrestres et les profileurs de vent. À l'heure actuelle, les radiosondes sont les principales sources de données aérologiques. Une radiosonde contient des capteurs et est lancée dans l'atmosphère au moyen d'un ballon rempli d'hydrogène ou d'hélium. Le réseau lance des radiosondes

Réseau aérologique du SMC pour le nord du Canada.

deux fois par jour à 0000 UTC et à 1200 UTC à chacun de ses sites. Le SMC diffuse ses données au Canada et à l'étranger grâce à des programmes comme le Système mondial d'observation du climat (SMOC).

Le Réseau aérologique appuie également une grande diversité de partenaires et de clients comme le ministère de la Défense nationale (MDN), le ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources (EMR) et l'Étude du plateau continental polaire (EPCP).

Programme canadien de retransmission des données météorologiques d'aéronefs (AMDAR)

Depuis avril 2000, le Service météorologique du Canada s'occupe à élaborer le Programme canadien de retransmission des données météorologiques d'aéronefs (AMDAR) pour étendre son Réseau d'observation aérologique. Le SMC est en train de créer des partenariats avec les transporteurs aériens canadiens. Le but du programme est de doter les aéronefs commerciaux d'instruments d'observation, de collecte et de transmission automatiques de données aérologiques en vue d'améliorer les prévisions et les avertissements météorologiques dans le Nord.

L'élaboration de ce programme pour les régions nordiques et arctiques du Canada a été un défi formidable parce que les transporteurs aériens qui desservent ces régions exploitent des flottes mixtes d'anciens aéronefs et de systèmes d'avionique, ce qui rend difficile les communications en temps réel. Malgré ces problèmes, le Service météorologique du Canada a élaboré deux systèmes probatoires basés sur les communications par satellite et l'Internet – un chacun pour First Air et Canadian North, les deux plus importants transporteurs aériens desservant les collectivités nordiques.

On commencera à tester le système en janvier 2005. Les scientifiques procéderont au réglage des systèmes AMDAR afin que la qualité des données soit conforme aux normes du réseau aérologique existant. Si les tests se déroulent comme prévu, le SMC équipera la flotte de cinq Boeing 737 de Canadian North Airlines de systèmes AMDAR en mars 2005, et les 15 aéronefs de la flotte de First Air d'ici mars 2006.

Les systèmes AMDAR transmettront automatiquement (dans toutes les phases de vol, c.-à-d. montée, en route et descente) la latitude et la longitude de l'aéronef, la date et l'heure de l'observation, la pression, la température, et la vitesse et la direction du vent. De plus, les systèmes installés sur la flotte First Air pourront mesurer et transmettre l'humidité relative, la turbulence et le givrage.



Trajectoires de vol AMDAR

RÉSEAU D'OBSERVATION MÉTÉOROLOGIQUE DE SURFACE

Le réseau d'observation météorologique de surface est une source de données pour les prévisions et les alertes ou avertissements de temps violent. Ces données proviennent du réseau pour l'aviation et du réseau d'observation aérologique, des bouées et des navires.



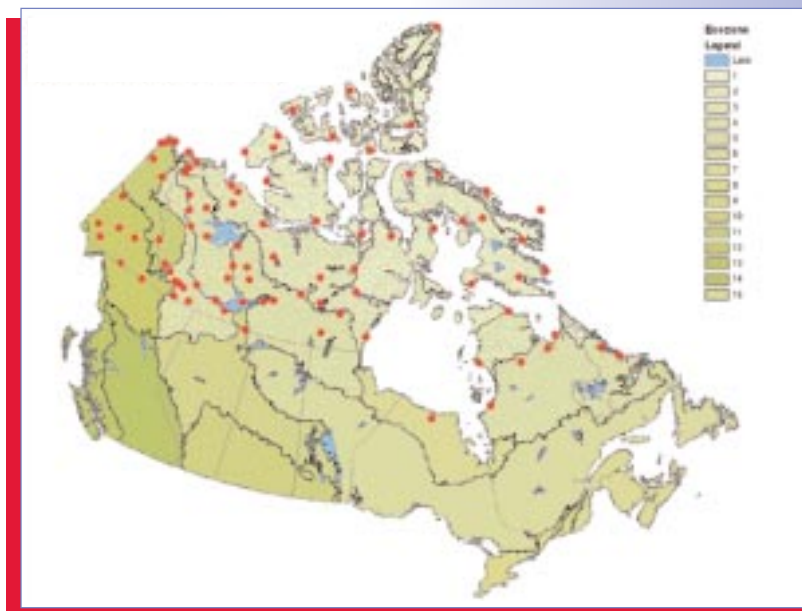
Pour produire les prévisions météorologiques destinées au grand public, les météorologistes ont besoin de mesures horaires de la température de l'air, du point de rosée, de la pression, de l'occurrence, du type et de la quantité des précipitations, de la visibilité, du type et de la quantité des nuages, de la présence de nuages cumuliformes, de la vitesse et de la direction du vent, et de l'intensité et de la tendance des précipitations. Les météorologistes ont également besoin de mesures des paramètres suivants à intervalles de trois heures au plus : la nébulosité, l'épaisseur de la neige, la couverture nivale, la couverture de glace, la température minimale sur gazon et la température de l'eau (quand il y a lieu). Pour produire les prévisions dans le Nord, les prévisionnistes utilisent des modèles informatiques, des données satellitaires et des photos prises par des satellites en orbite polaire.

← Stations habitées du réseau météorologique public de surface du SMC pour le nord du Canada.

RÉSEAU D'OBSERVATION MÉTÉOROLOGIQUE EN SURFACE POUR L'AVIATION

En vertu d'un contrat avec NAV CANADA, le SMC fournit un appui direct aux observations météorologiques pour l'aviation, ce qui comprend l'installation, l'étalonnage et l'entretien de l'équipement météorologique, et l'appui à l'infrastructure de transmission des observations météorologiques.

Les données pour l'aviation comprennent des observations régulières de la vitesse et de la direction du vent, de la température de l'air et du point de rosée, de la visibilité, de la nébulosité, du type et de la hauteur de la base, des conditions météorologiques présentes, y compris les conditions de givrage et de congélation, du calage altimétrique et de la pression au niveau moyen de la mer et, à des sites particuliers, de la portée visuelle de piste. Ces données sont essentielles pour produire les prévisions pour l'aviation et les breffages.



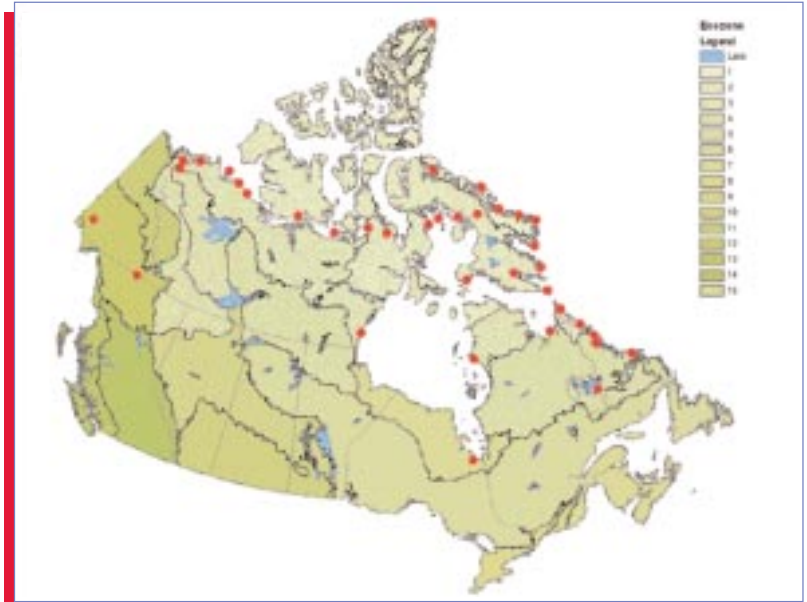
→ Stations automatisées du réseau météorologique public de surface pour le nord du Canada.

Stations météorologiques automatiques

En vertu d'un contrat avec NAV CANADA, le SMC possède et exploite des stations météorologiques automatiques (AWOS) dans le nord du Canada. Ces stations recueillent des données qui sont essentielles pour produire les prévisions pour l'aviation. Les systèmes automatiques du Nord sont rentables et pratiques en raison des conditions environnementales rigoureuses, et de la rareté relative des installations et du personnel dans le Nord. Aux stations avec personnel, les données des AWOS aident l'observateur à évaluer et à signaler les observations météorologiques du moment, et fournissent des observations quand il n'y a pas de personnel.

Une AWOS mesure la vitesse du vent, la température de l'air et du point de rosée, la visibilité, l'occurrence de précipitations, la nébulosité, le type et la hauteur de la base des nuages, les conditions météorologiques présentes, y compris les conditions de givrage et de congélation, le calage altimétrique et la pression au niveau moyen de la mer. En plus de ses AWOS pleine capacité, le SMC possède et exploite deux LWIS (stations météorologiques à information limitée) pour les besoins de l'aviation. Ces stations ne fournissent que la vitesse du vent, la température, le point de rosée et la pression (calage altimétrique).

Le Centre météorologique canadien (CMC) du SMC, à Dorval (Québec), formate toutes les données pour l'aviation selon les normes nationales et internationales. Le CMC diffuse ces données mondialement à l'intention des pilotes, des spécialistes d'information de vol, des présentateurs météo pour l'aviation et des prévisionnistes pour l'aviation.



Stations automatiques d'observation météorologique du SMC pour le nord du Canada.



Instruments météorologiques à l'observatoire de l'Extrême-Arctique d'Eureka, NU

Site du SMC d'essai sous conditions météorologiques de surface dans l'Arctique

La Direction générale de l'observation atmosphérique et des relevés hydrométriques (DGOARH) est en train d'établir une installation nationale d'essai à Iqaluit (Nunavut). L'objectif principal de cette installation sera d'évaluer la performance d'instruments et de systèmes de météorologie de surface et d'algorithmes de traitement connexes dans des conditions arctiques « rigoureuses ». L'évaluation de la performance est cruciale pour obtenir une gestion efficace des réseaux météorologiques terrestres d'observation et de surveillance : réseaux météorologiques publics, réseaux d'observation météorologique en surface pour l'aviation, Réseau climatologique de référence canadien et Système mondial d'observation du climat.



Instruments météorologiques du SMC utilisés dans le rude environnement du Nord canadien.

L'Organisation météorologique mondiale recommande d'évaluer les instruments et les systèmes dans des conditions représentatives de leur environnement opérationnel, et durant tout leur cycle de vie afin de garantir la qualité des données fournies aux collectivités utilisatrices. Les évaluations effectuées à cette installation d'essai contribueront à améliorer le contrôle de la qualité des données météorologiques et d'obtenir une gestion plus efficace des coûts durant le cycle de vie (p. ex., par le choix d'instruments ayant des taux de défaillance faibles dans des environnements arctiques). L'installation offrira également au personnel la possibilité de tester les nouvelles technologies avant de les déployer dans le réseau, ce qui minimisera ou éliminera l'introduction d'un biais dans les ensembles de données actuels.

Dans l'ensemble, cette installation d'essai créera des conditions qui permettront au SMC d'utiliser efficacement les technologies de surveillance dans ses programmes et les services qu'il offre dans le Nord. Cela aura pour effet d'améliorer les services offerts aux collectivités nordiques et améliorera la capacité de prévoir avec précision la variabilité du climat et le changement climatique. La collectivité météorologique internationale aura également accès au site d'essai d'Iqaluit. Le National Weather Service (NWS) des États-Unis et le National Centre for Climate Data se sont montrés véritablement intéressés à utiliser l'installation pour tester leurs technologies de surveillance.

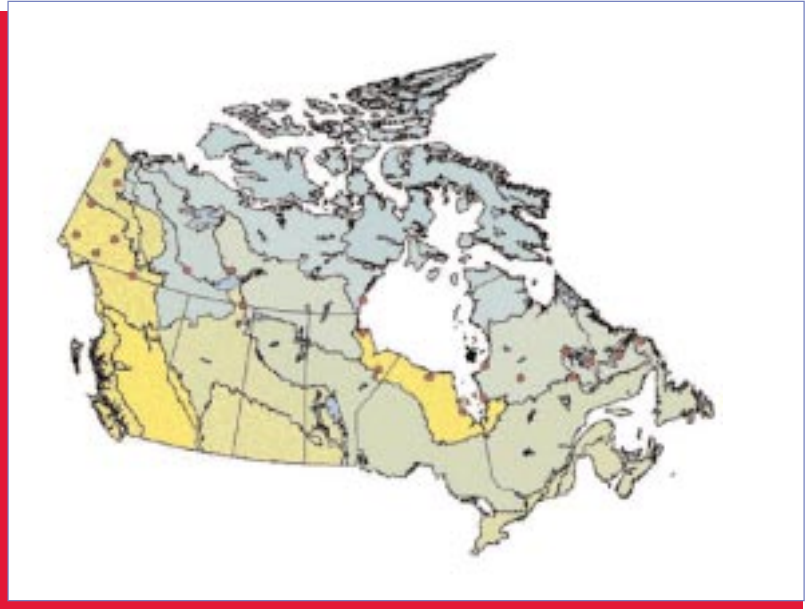
Le premier projet de coopération commencera en janvier 2005; le NWS prévoit tester à ce moment ses anémomètres insensibles à la glace.

RÉSEAU CANADIEN DE DÉTECTION DE LA Foudre

Les données sur la foudre sont d'importance critique pour une vaste gamme d'opérations sensibles aux fluctuations du courant de secteur ou aux impacts directs de la foudre. Elles sont particulièrement importantes pour la gestion des forêts, notamment en ce qui concerne les feux de forêt. Le SMC exploite 23 stations de détection de la foudre dans le nord du Canada. Le Réseau canadien de détection de la foudre (RCDF) fournit des données pour les prévisions météorologiques, la recherche sur le temps violent et les opérations de l'aviation. Ses clients sont entre autres les compagnies d'électricité, les responsables de la conservation, les grands planificateurs d'infrastructures, l'industrie des communications et les hôtes d'événements publics en plein air.

Dans le Nord, le RCDF dessert une moins grande partie du paysage comparativement aux latitudes plus au sud. Le réseau couvre adéquatement la plupart du Territoire du Yukon, du Labrador et de la moitié sud de la vallée du Mackenzie. Toutefois, la moitié nord boisée de la vallée du Mackenzie, les toundras de Kitikmeot (côte de la baie d'Hudson) et le nord du Québec ne sont pas couverts. Il y a risque occasionnel de foudre et d'orage dans ces régions.

Le RCDF détecte et signale les décharges électriques nuage-nuage ainsi que les décharges nuage-sol. Les éclairs sont détectés et signalés en temps réel, et les données sont archivées. Les données sont transmises par satellite au centre de contrôle où elles sont traitées pour déterminer le lieu et l'intensité des éclairs. Cette information est transmise aux Centres de prévision des tempêtes d'Environnement Canada. Il s'écoule environ de 30 à 40 secondes entre la détection des éclairs par les capteurs jusqu'à l'affichage sur l'écran du poste de travail du prévisionniste.



Stations du réseau canadien de détection des éclairs du SMC pour le nord du Canada.



Site du Réseau canadien de détection des éclairs. On voit le capteur IMPACT et l'antenne parabolique servant à détecter les éclairs.

RÉSEAUX DE SURVEILLANCE MARITIME

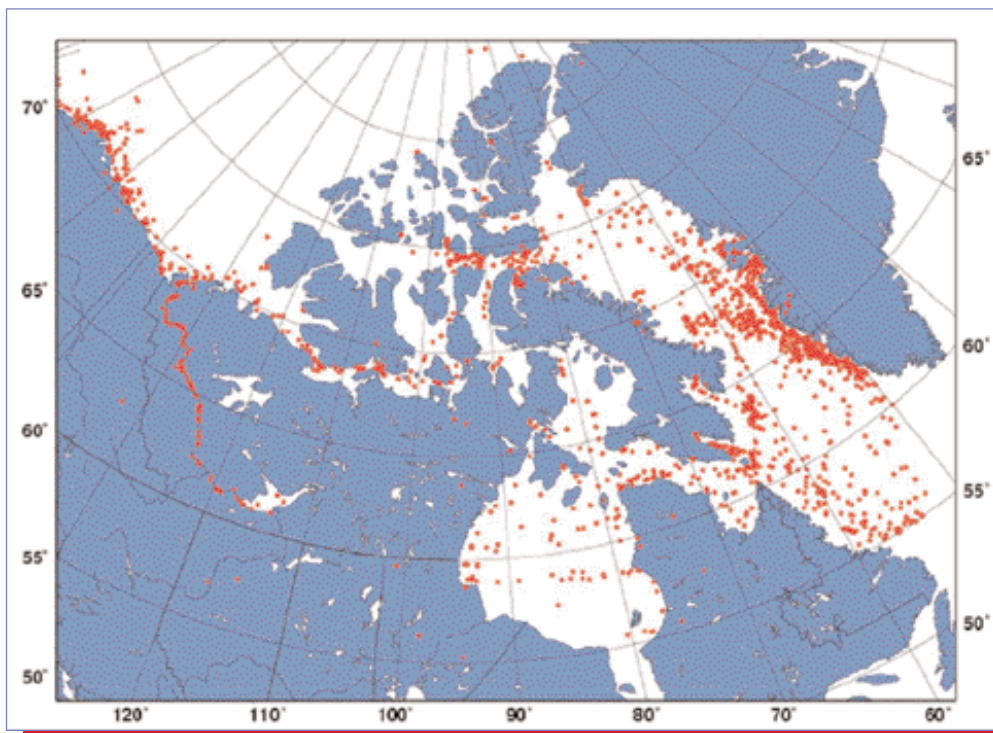
Navires d'observation bénévole et navires d'observation automatique bénévole

Les Régions du SMC participent au programme de bouées du Système d'acquisition de données océaniques (SADO), au programme des navires d'observation bénévole (VOS) et au programme des navires d'observation automatique bénévole (AVOS). Ces programmes fournissent des observations maritimes essentielles concernant le Grand lac des Esclaves, le Mackenzie, la mer de Beaufort et les eaux arctiques comme la baie de Baffin et la baie d'Hudson.

Les observations météorologiques des VOS contribuent à la sécurité maritime et à l'efficacité des opérations maritimes. Elles sont également essentielles comme données d'entrée pour les modèles de prévision météorologique numérique, les prévisions météorologiques opérationnelles et l'élaboration de bases de données historiques. Elles fournissent également des connaissances sur les climats de l'océan et les liens entre les océans et les régimes climatiques planétaire et régionaux.

Les observations des VOS comprennent les conditions météorologiques présentes et passées, la direction et la vitesse du vent, la nébulosité, le type des nuages, la hauteur de la base des nuages, la visibilité, la température, l'humidité, la pression atmosphérique, le cap et la vitesse du navire, la température de la mer, la direction de déplacement des vagues, la période des vagues, la hauteur des vagues, et la présence de glaces de mer et/ou de givre sur la superstructure du navire, s'il y a lieu.

Les (A)VOS du SMC sont choisis parmi les navires de la Garde côtière canadienne (GCC) et ceux de Northern Transportation Co Ltd. (NTCL). Dans la Région des Prairies et du Nord, le SMC utilise trois navires de la Garde côtière et quatre remorqueurs de NATCL pour recueillir ces données.



Tous les rapports des navires d'observation bénévole pour l'année 2000.

Programme de bouées SADO d'Environnement Canada pour le Nord

Le Système d'acquisition de données océaniques (SADO) d'Environnement Canada est en importance le deuxième programme de bouées national au monde. Il comporte 46 bouées automatiques ancrées (dont trois se trouvent dans l'Arctique) et jusqu'à 20 bouées dérivantes.

Avec l'aide de la Garde côtière canadienne, le SMC installe chaque année deux bouées sur le Grand lac des Esclaves, pour toute la saison d'eaux libres. Le SMC a également une bouée au large de Churchill durant la saison d'eaux libres pour la navigation.

Les bouées mesurent généralement la vitesse du vent, la direction du vent, la vitesse maximale du vent, la pression atmosphérique, la température de l'air, la température de surface de la mer, la période des vagues océaniques, la hauteur significative des vagues, la hauteur maximale des vagues et le spectre non directionnel des vagues, les fonctions de service et des diagnostics de capteurs. Elles transmettent des données horaires par l'intermédiaire du GOES (Geostationary Operational Environmental Satellite) et/ou du système Argos. Les données sont affichées sur le système de transmission mondial.

Bouées sur glace de collecte de données dans le bassin de l'Arctique

Le SMC contribue à la collecte de données météorologiques sur le bassin de l'Arctique en participant à l'International Arctic Buoy Programme (IABP). Annuellement, le SMC fournit une bouée à l'exercice de déploiement international White Trident. En tout, l'exercice White Trident largue sept bouées sur la glace du bassin de l'Arctique. Ces bouées sont fournies par les gouvernements qui ont des intérêts nordiques (c.-à-d. Canada, États-Unis, Allemagne, Norvège, etc.). Dans une opération de déploiement printanière annuelle dirigée à partir d'Eureka, le SMC (avec l'aide de l'Étude du plateau continental polaire) déploie également une ou deux bouées de collecte de données pour les participants américains à l'IABP en faisant atterrir un Twin Otter sur la glace.

Le SMC déploie des bouées de collecte de données dans le bassin de l'Arctique pour appuyer d'autres institutions comme l'Institut des sciences de la mer. De plus, il extrait, traite et diffuse mondialement ces données. Les données standard recueillies par une bouée comprennent la position ainsi que la température et la pression atmosphériques.



Bouées sur glace de collecte de données du SCG

Le Service canadien des glaces (SCG) déploie régulièrement au moins une bouée dans le nord de la baie Baffin sur un floe pluri-annuel. Le dernier brise-glace à quitter l'Arctique canadien pour la saison déploie généralement cette bouée, qui fournit des données de position et, dans certains cas, de pression.

Le SCG aide souvent les activités de recherche dans le Nord. Par exemple, il a fourni plusieurs bouées de collecte de données de position à la CASES (Canadian Arctic Shelf Exchange Study) pour la période de la débâcle, au début de l'été 2004. Cette information a été utilisée pour le déploiement du golfe d'Amundsen afin de valider un algorithme de détermination du mouvement des glaces en cours d'élaboration par l'université du Manitoba et le Service canadien des glaces.

←
Bouée dérivante CES Zeno mouillée par l'US National Ice Service le 23 mars 2000.

Glace

La glace de mer joue un rôle crucial dans le mode de vie traditionnel des collectivités côtières de l'Arctique. Elle est également un obstacle important et un danger pour la navigation maritime. Dans les activités nordiques, il est essentiel de disposer d'une information à jour sur la glace de mer afin de pouvoir utiliser celle-ci de façon sûre pour la chasse, les transports, le tourisme et les activités récréatives. Le Service canadien des glaces (SCG) du SMC est présent dans le Nord canadien depuis plus de quarante ans. Son mandat est de surveiller et de signaler, toute l'année, les conditions glacielles dans les eaux côtières canadiennes. Le SCG utilise des satellites et ses aéronefs pour surveiller les glaces sur une base régulière.

NAVIGATION DANS L'ARCTIQUE

Des moyens de transport maritime efficaces et sûrs sont très importants pour la viabilité et le développement des collectivités nordiques. Étant donné que la glace de mer est un danger important pour la navigation, l'information sur son état et sa distribution est d'importance cruciale pour les opérations maritimes dans l'Arctique. La DSMG (ou le SCG, si tel est notre



choix) fournit un service d'information sur les glaces au public et aux collectivités maritimes pour garantir une utilisation sûre et durable des voies navigables de l'Arctique. De plus, grâce à une entente avec la Garde côtière canadienne (MPO), le SCG fournit une information additionnelle sur les glaces pour les opérations des brise-glace et le routage détaillé des navires dans les glaces. Ce service intégré fournit des cartes des glaces, des avertissements de conditions glacielles dangereuses, des prévisions sur 30 jours des conditions des glaces, et des prévisions saisonnières de débâcle et de prise de la glace.

←
*Brise-glace de la Garde côtière canadienne dans le Nord canadien
– avec l'aimable autorisation de la Garde côtière canadienne*

ACQUISITION DE DONNÉES SUR LES GLACES

Le Service canadien des glaces recueille annuellement de vastes quantités de données sur les glaces et les icebergs, qui proviennent surtout de sources éloignées (satellites, avions de reconnaissance et navires). Les données de télédétection sont au cœur des données utilisées pour générer les produits quotidiens d'information sur les glaces. Les données SAR de RADARSAT sont les principales données de télédétection utilisées dans l'analyse et la préparation des cartes des glaces et d'autres produits d'information sur les glaces. Le SCG fait annuellement l'acquisition d'environ 4 000 scènes RADARSAT. Autres données et informations : données météorologiques (température, vent, etc.), informations océanographiques (courants, données bathymétriques, etc.), champs de modèles numériques des glaces (déplacements/trajectoires, concentrations, courants/ température océaniques, vents et température de l'air, etc.), données climatologiques et cartes antérieures des glaces.



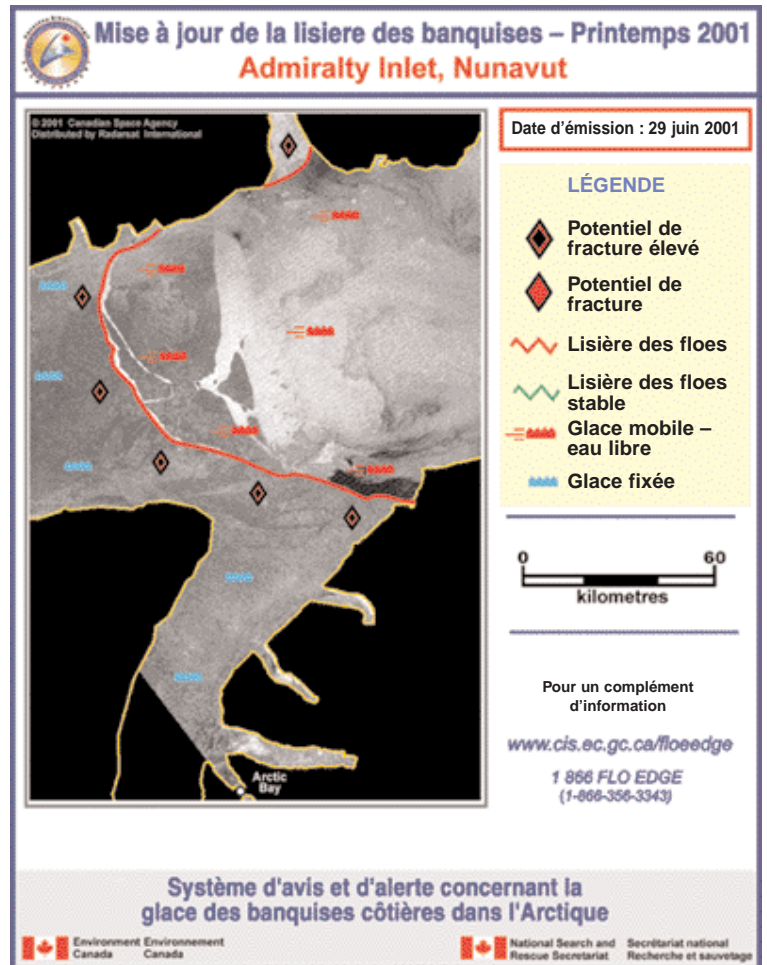
AVIS SUR LA LISIÈRE DES FLOES

Dans de nombreuses collectivités de l'Arctique, la destination printanière la plus populaire est la lisière des floes, point de rencontre de la banquise côtière et de l'océan. Les animaux sauvages marins de l'Arctique convergent vers la lisière des floes au printemps, ce qui attire les touristes, les chasseurs et les campeurs de week-end. Au printemps, les conditions météorologiques et glacielles font que la lisière des floes est l'un des endroits les plus dangereux du paysage glacé. Des gens se sont retrouvés à la dérive sur des blocs de glace qui se sont inopinément détachés, ce qui exige fréquemment des opérations de recherche et de sauvetage dangereuses et onéreuses.

Le Service canadien des glaces (SCG) du MSC, avec l'appui du Secrétariat national de recherche et de sauvetage, a élaboré un prototype d'avis sur la lisière des floes qui fournit quotidiennement en ligne une information sur les glaces à deux collectivités du Nunavut,

celles d'Arctic Bay et de Pond Inlet. Ces deux collectivités utilisent activement la lisière des floes au printemps.

À l'aide de modèles des glaces et d'images satellitaires, le SCG fournit toute l'année sur l'Internet des informations personnalisées pour les activités sur la lisière des floes. Grâce au SCG, les habitants du Nord ont accès en ligne à des images satellitaires et des informations à jour sur la résistance des glaces, la température, les marées et les vents. Combinée au savoir traditionnel, cette information donne aux collectivités un plus grand sentiment de sécurité et minimise leurs risques.



Spécimen d'élément de mise à jour de bordure de floe diffusé aux collectivités du Nord qui utilisent beaucoup les bordures de floes des glaces de printemps.

PRODUITS SUR LES GLACES DE MER ET ARCHIVES DE DONNÉES CLIMATOLOGIQUES

Dans les mois d'été, le Service canadien des glaces produit quotidiennement des bulletins et des cartes sur les conditions glacielles dangereuses pour l'Arctique canadien, y compris la baie d'Hudson. Des cartes des glaces régionales sont produites sur une base hebdomadaire durant l'été et mensuelle durant l'hiver. Cette information est disponible au site Web du SCG à l'adresse <http://ice-glaces.ec.gc.ca>. Également, le SCG transmet automatiquement des données à divers clients par courriel, fax et FTP. D'avril 2002 à mars 2003, le SCG a transmis automatiquement plus de 1,3 million de produits sur les glaces et produits connexes.

Le SCG archive les données historiques sur les glaces de mer pour l'industrie et les chercheurs canadiens. L'un des principaux buts de ces archives est de documenter les études sur les conditions glacielles passées, présentes et futures du Nord canadien. Le SCG produit également diverses publications, dont un « Atlas annuel de l'Arctique » et un « Atlas climatique des glaces de mer – Eaux du Nord canadien – 1971-2000 », établis à partir de sa base de données de cartes numériques.

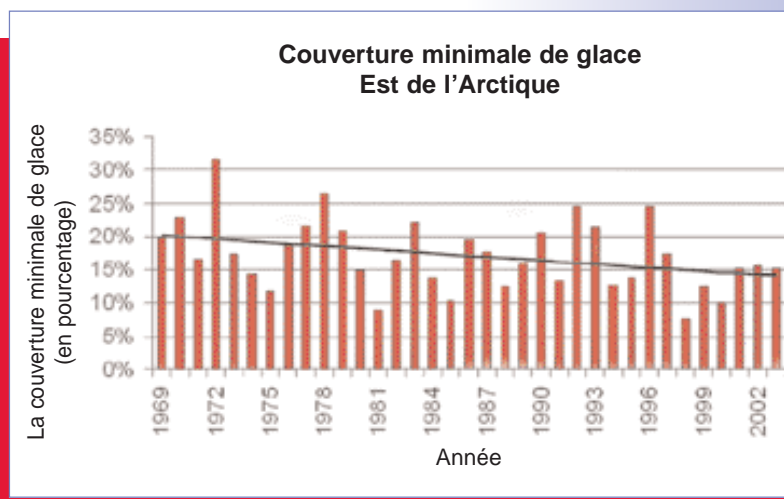


Tableau établi par le Service canadien des glaces du SMC et indiquant la couverture minimale de glace (en pourcentage) pour l'Arctique oriental pour 1969-2003.



Eau

RELEVÉS HYDROLOGIQUES

La Division des relevés hydrologiques (DRH) exploite un réseau de 94 stations hydrométriques couvrant le Yukon, les Territoires du Nord-Ouest et le Nunavut. L'objectif de la Division est d'améliorer la disponibilité et la diffusion des données hydrologiques et de garantir l'efficacité et l'efficacé des systèmes de surveillance hydrologique, afin de permettre de prendre des décisions éclairées dans des domaines touchant la sécurité de la vie et de la propriété, l'efficacité de l'économie et la protection de la qualité de l'environnement. L'information sur les débits est utilisée à l'appui des transports sur les cours d'eau et permet de réagir avec efficacité en cas d'inondation.

Un technicien de la Division des relevés hydrométriques du SMC au travail dans les Territoires du Nord-Ouest.

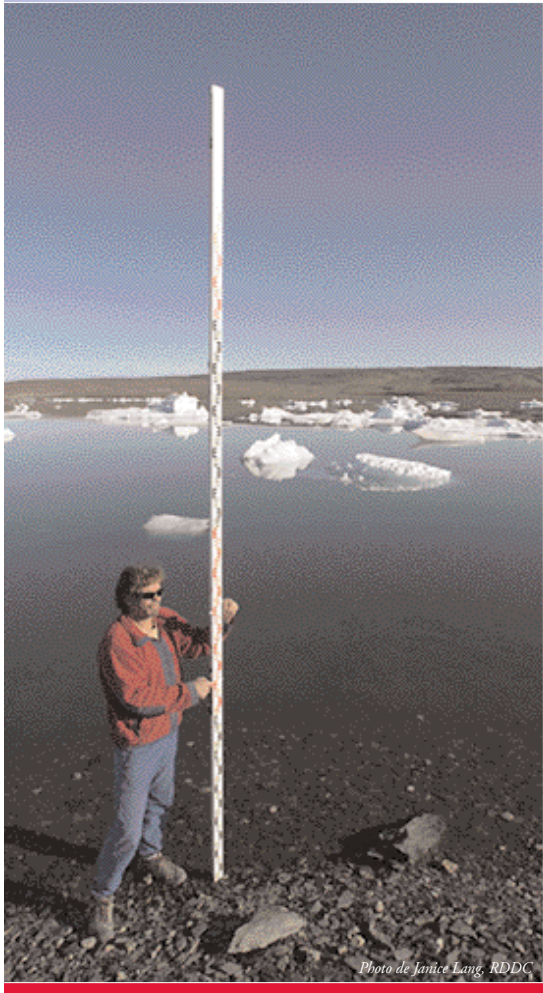


Photo de Janice Lang, RDDC

Dans le Nord canadien, la DRH travaille en partenariat avec les territoires, d'autres ministères et organismes gouvernementaux, et le secteur privé. Dix-sept pour cent des stations hydrométriques nordiques aident le ministère des Affaires indiennes et du Nord canadien (MAINC), et un autre groupe de 17 % des stations répond aux besoins des autres ministères et du secteur privé. Le reste, c'est-à-dire 66 % du réseau, doit répondre aux besoins scientifiques et stratégiques d'Environnement Canada sur les plans régional, national et international. La DRH exploite des stations hydrométriques nordiques dans les cinq Régions, qui couvrent notamment le Territoire du Yukon, les Territoires du Nord-Ouest, le Nunavut, le nord de l'Ontario, le nord du Québec et le Labrador.

Les données recueillies aux sites hydrométriques sont les débits et les niveaux de l'eau, la qualité de l'eau, la température de l'eau, les données utilisées dans les études sur les transports de sédiments, les données météorologiques des systèmes automatiques à information limitée, des échantillons d'isotopes, et l'épaisseur de la neige et de la glace. L'information transmise au réseau est importante pour nous aider à connaître le débit d'eau douce déversé dans la mer, ce qui est crucial pour comprendre les changements actuels et futurs des conditions de la glace de mer arctique.

À l'heure actuelle, le réseau hydrométrique exploité dans les Territoires du Nord-Ouest et au Nunavut a surtout pour but de surveiller le changement climatique, une grande priorité nationale. Ce réseau fait partie du Réseau hydrométrique de référence national à long terme, de l'étude GEWEX (Expérience mondiale sur les cycles de l'énergie et de l'eau) sur le Mackenzie (MAGS), et de l'Étude du système climatique de l'Arctique (ACSYS).

← Les niveaux des marées dans l'Arctique sont régulièrement surveillés.

Les données recueillies aux sites hydrométriques fournissent des informations précieuses pour les études sur les impacts du changement climatique sur :

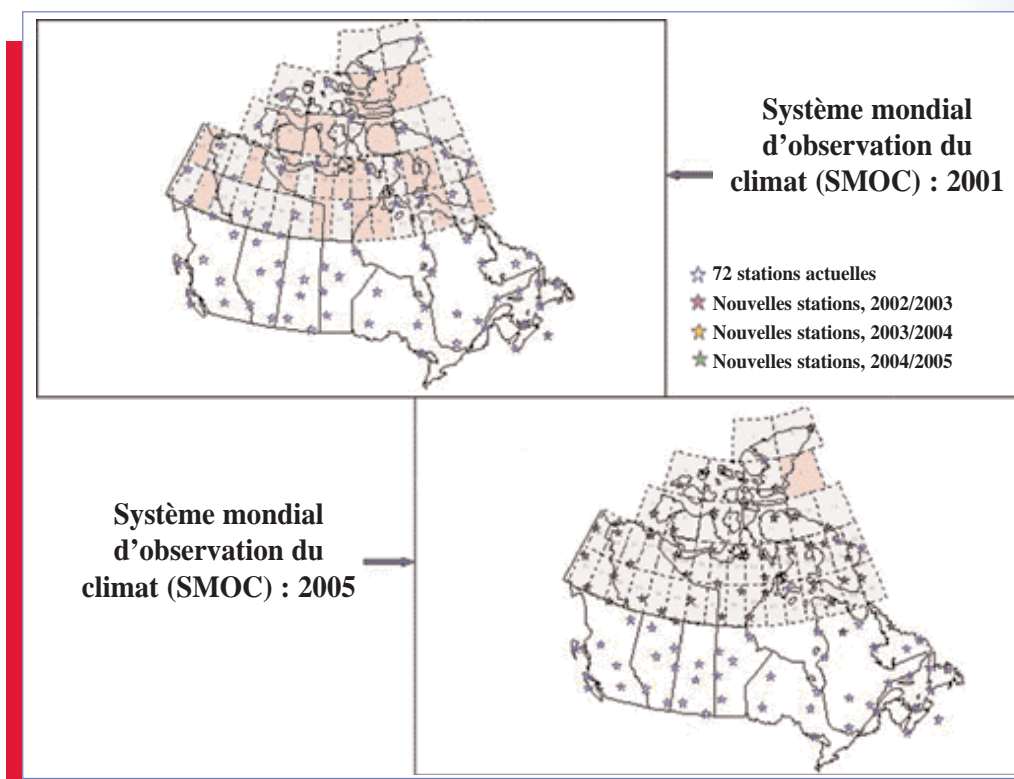
- l'hydrologie nordique
- les écosystèmes nordiques
- la gestion des eaux internationales/transfrontalières
- la gestion des pêches
- les prévisions et les avertissements concernant les inondations
- la gestion des périmètres d'inondation
- la production d'hydroélectricité
- l'approvisionnement en eau
- la pollution
- la navigation
- les loisirs

Climat

RÉSEAU DE SURFACE DU SYSTÈME MONDIAL D'OBSERVATION DU CLIMAT (GSN)

L'Organisation météorologique mondiale (OMM) a établi un programme international coopératif de surveillance du climat appelé Système mondial d'observation du climat (SMOC). L'objectif de ce programme est d'établir des stations d'observation du climat sur une grille planétaire de mailles de 5 degrés sur 5 degrés. Le Service météorologique du Canada s'est engagé devant l'OMM à établir dans tout le pays un système d'observation du climat à long terme ayant cette couverture spatiale. Grâce à un apport financier important du Fonds d'action pour le changement climatique (FACC), le SMC construira d'ici 2006 des stations là où il n'existe pas encore dans cette grille.

Dans l'Arctique, la composante canadienne du GSN est constituée de 57 stations météorologiques automatiques (AWOS), stations du Labrador et du Québec incluses. Au cours des prochaines années, il y aura 47 stations rénovées, nouvelles ou modernisées dans tout le Nord. Pour la plupart, ces stations du GSN forment un sous-ensemble du Réseau canadien des stations climatologiques de référence. Le SMC utilise certaines des données des stations de référence pour déterminer les tendances climatiques.



Le SMC modernise son réseau de surface du Système mondial d'observation du climat, qui passera de ses 57 stations actuelles à 140 stations d'ici à 2006. Les stations se situeront dans un quadrillage mondial formé d'éléments de cinq degrés sur cinq.



RECHERCHE

La quatrième Année polaire internationale (2007–2008)

L'Année polaire internationale (API) 2007-2008 est un effort intensif, coordonné à l'échelle internationale, de recherche scientifique interdisciplinaire et d'observations concentrées sur les régions polaires du globe.

La période d'observation officielle de l'API ira de mars 2007 à mars 2009. On se concentrera surtout sur les grandes latitudes terrestres, mais les études dans toute région pertinente pour la compréhension des processus ou des phénomènes polaires seront encouragées. Le Canada a créé un comité directeur national canadien pour l'API afin de stimuler et de coordonner la contribution canadienne à l'API. Le Secrétariat national de l'API se trouve à l'université de l'Alberta. Un groupe de travail ministériel fédéral coordonne les activités du ministère et est coprésidé par le SMC, lequel coordonnera également la participation d'Environnement Canada aux initiatives concernant l'API. Un expert canadien du SMC sera coprésident du comité mixte de planification de l'API.

Le comité mixte de planification du Conseil international pour la séance (CIUS) a défini six thèmes de recherche pour l'API :

1. **État** : Déterminer l'état environnemental actuel des régions polaires.
2. **Changement** : Quantifier et comprendre les changements naturels environnementaux et sociaux passés et présents dans les régions polaires et améliorer les projections de changements futurs.
3. **Liens planétaires** : Faire progresser notre compréhension, à toutes les échelles des liens et des interactions entre les régions polaires et le reste de la planète, ainsi que des processus qui les contrôlent.
4. **Nouvelles frontières** : Examiner les frontières de la science dans les régions polaires.
5. **Point d'observation** : Utiliser le point d'observation unique des régions polaires pour élaborer et améliorer les observations, de l'intérieur de la Terre jusqu'au Soleil et au-delà dans le cosmos.
6. **Dimension humaine** : Étudier les processus culturels, historiques et sociaux qui déterminent la viabilité des sociétés humaines circumpolaires et identifier leurs contributions particulières à la diversité culturelle et à la citoyenneté mondiale.

L'API cherchera à exploiter les nouvelles capacités technologiques et logistiques et à faire des progrès importants dans les connaissances et la compréhension. Elle vise à laisser un héritage de systèmes d'observation nouveaux ou améliorés, d'installations et d'infrastructures, de simulateurs terrestres et de réseaux de recherche, ainsi qu'un degré sans précédent d'accès aux données et à l'information.

Le SMC est en train de préparer des projets qui contribueront à l'effort national et international et porteront sur les thèmes scientifiques et les besoins en observations. Ces initiatives répondent aux besoins scientifiques de l'API et du Canada, et s'occupent des problèmes identifiés dans l'Évaluation des impacts climatiques dans l'Arctique de 2004.

L'atmosphère

SURVEILLANCE DE L'ATMOSPHÈRE À L'OBSERVATOIRE DE L'EXTRÊME-ARCTIQUE DU SMC, À ALERT (NU)

Programme Veille de l'atmosphère du globe

Alert est le site le plus nordique du réseau de Veille de l'atmosphère du globe (VAG) de l'Organisation météorologique mondiale (OMM). Il se trouve à l'extrémité nord-est de l'île d'Ellesmere, au Nunavut, très loin des grandes régions industrielles. Alert est idéalement situé pour déterminer les concentrations naturelles représentatives des polluants atmosphériques dans l'hémisphère Nord.



Observatoire de l'Extrême-Arctique d'Alert, NU, pendant le lever de soleil polaire

À Alert, le SMC mesure les changements interannuels et à long terme de concentrations de gaz à effet de serre, de polluants atmosphériques toxiques et d'aérosols. Ces mesures sont des indicateurs des changements de la chimie de l'atmosphère planétaire liés au changement climatique, à l'appauvrissement de l'ozone stratosphérique, au smog photochimique et à la bioaccumulation de toxiques dans les écosystèmes arctiques. Les scientifiques utilisent cette information pour comprendre les processus physiques complexes qui surviennent dans l'atmosphère afin de conseiller les décideurs sur les nouveaux problèmes atmosphériques et climatologiques.

La haute qualité du programme de mesure des installations de recherche d'Alert y a attiré de nombreux chercheurs étrangers. Les recherches de pointe du SMC, jointes à la nature complémentaire des programmes de mesure internationaux à Alert, lui ont valu une réputation mondiale d'excellence en sciences.

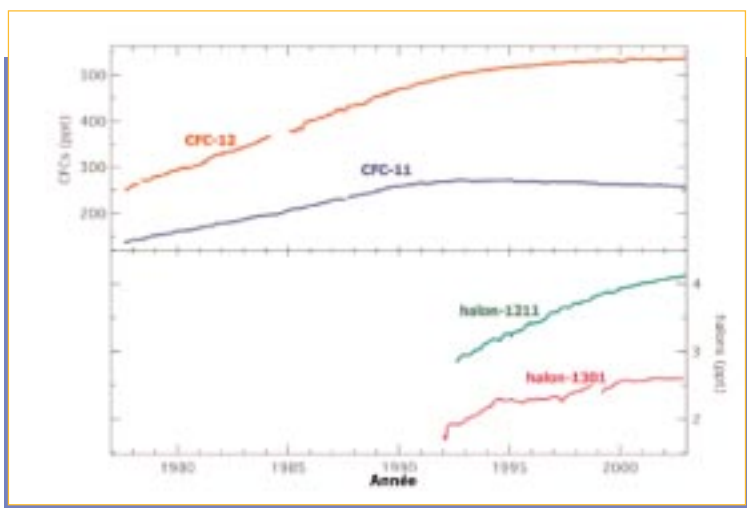
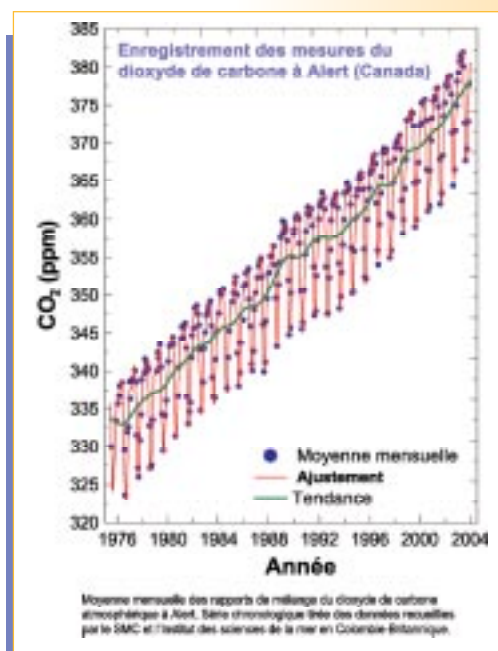
Les mesures effectuées à Alert aident également à suivre les effets de décisions stratégiques comme l'élimination graduelle des substances appauvrissant la couche d'ozone (SACO) en vertu du Protocole de Montréal, ou les progrès réalisés en vue de respecter les engagements de réduire les gaz à effet de serre contractés aux termes du Protocole de Kyoto. De nombreux centres d'archivage internationaux comme le Centre mondial de données relatives aux gaz à effet de serre (CMDG) de l'OMM, au Japon, et le Carbon Dioxide Analysis Centre du laboratoire national d'Oak Ridge, aux États-Unis, archivent les données d'Alert et les diffusent dans la communauté scientifique internationale.

Surveillance de l'atmosphère à l'observatoire de l'Extrême-Arctique du SMC, à Alert (NU)

GAZ À EFFET DE SERRE ET AUTRES GAZ TRACES				
Détermination des tendances et de la variabilité des concentrations naturelles sur la planète				
Mesure	Pays coopérants	Problèmes atmosphériques	Tendance des concentrations	Longueur des enregistrements (années)
Dioxyde de carbone (CO ₂)	Canada, États-Unis, Australie, Japon	Changement climatique	À la hausse	29
Méthane (CH ₄)	Canada, États-Unis, Allemagne, Australie	Changement climatique	À la hausse - au cours de la dernière décennie, la croissance s'est ralentie et est pratiquement nulle présentement	17
Hémioxyde d'azote (N ₂ O)	Canada, Australie, Allemagne, États-Unis	Changement climatique	À la hausse	4
Nitrate de peroxyacétyle	Canada	Smog	À la baisse jusqu'en 1997; présentement à la hausse	18
Monoxyde de carbone (CO)	Canada, États-Unis, Australie, Allemagne	Changement climatique	À la baisse	6
Ozone (O ₃) troposphérique	Canada	Changement climatique et smog	À la hausse	12
Hexafluorure de soufre (SF ₆)	Canada, États-Unis, Australie, Allemagne	Changement climatique	À la hausse	4
OZONE STRATOSPHERIQUE ET RAYONNEMENT SOLAIRE				
Étude du comportement de la couche d'ozone dans l'Arctique pour déterminer s'il y a des pertes d'ozone importantes au-dessus de la région polaire au printemps				
Ozone (O ₃) stratosphérique	Canada	Appauvrissement de la couche d'ozone	À la baisse	40
Rayonnement solaire - UVB	Canada	Appauvrissement de la couche d'ozone	À la hausse	18
POLLUANTS ATMOSPHERIQUES DANGEREUX				
Étude du transport de polluants toxiques dans l'Arctique à partir de sources régionales, et du cycle et du comportement de ces substances dans les écosystèmes arctiques				
Mercurure (Hg)	Canada	Bioaccumulation et risques pour la santé	À la hausse dans les écosystèmes arctiques	9
PCB et polluants organiques persistants (POP)	Canada	Bioaccumulation et risques pour la santé	À la baisse, sauf pour les « pesticides actuellement utilisés »	2
AÉROSOLS				
Étude des tendances des composantes anthropiques et naturelles des aérosols dans l'Arctique				
Aérosols - (composantes anthropiques comme les métaux lourds et des espèces inorganiques)	Canada	Brume arctique, changement climatique, risques pour la santé	Aucune tendance à la hausse évidente, mais très légère tendance à la baisse	24
Aérosols - (particules de carbone d'origine humaine)	Canada	Brume arctique, changement climatique, risques pour la santé	À la baisse	15
ISOTOPES				
Utilisation des signatures isotopiques des gaz traces pour identifier divers puits et sources anthropiques et naturels				
¹³ C, ¹⁴ C et ¹⁸ O dans le CO ₂	Canada, États-Unis, Australie, Allemagne	Changement climatique	S/O	6
¹³ C et ² H dans le CH ₄	États-Unis	Changement climatique	S/O	6

La première figure ci-dessous représente la tendance à la hausse de la concentration de dioxyde de carbone à Alert de 1988 à 2004. La concentration de ce gaz à effet de serre continue d'augmenter au rythme d'environ 1,5 partie par million par année. La seconde figure ci-dessous montre les tendances pour deux chlorofluorocarbures courants (CFC-12 et CFC-11 et Halon 1211 et 1301). Les concentrations de certains CFC sont à la baisse à cause des mesures prises en vertu du Protocole de Montréal pour réduire les substances appauvrissant la couche d'ozone; les concentrations restent toutefois à la hausse pour d'autres CFC.

Mesures hebdomadaires du dioxyde de carbone effectuées à Alert, NU, de 1976 à 2004



Évolution temporelle des moyennes mensuelles planétaires des principaux CFC et halons, exprimées en parties par billion (ppt), présents dans l'atmosphère, issue des données du Climate Monitoring and Diagnostics Laboratory (CMDL) de la NOAA. Les moyennes incluent les mesures d'Alert (NU), de Point Barrow (Alaska), de Niwot Ridge (Colorado), de Mauna Loa (Hawaii), des Samoa américaines, de Cape Grim (Tasmanie) et du pôle Sud.

ALERT 2000 – Expériences sur le lever de soleil polaire

Des études sur la persistance et l'historique de la présence de la « brume arctique » dans les années 1980 ont mené par hasard à la découverte de l'appauvrissement de la couche d'ozone dans l'Arctique au lever du soleil. Depuis, des scientifiques du SMC ont organisé une série d'études visant à comprendre l'activité chimique déclenchée par le « lever de soleil polaire » dans l'Arctique.

Le soleil n'apparaît pas au-dessus de l'horizon entre la fin d'octobre et la fin de février. Cela permet aux scientifiques d'étudier les processus chimiques et physiques en l'absence de rayonnement solaire, et de déterminer la différence quand le soleil commence à se montrer au-dessus de l'horizon au printemps. Alert 2000 a été le point culminant de plusieurs **expériences sur le lever de soleil polaire** menées à Alert depuis 1988. Les scientifiques du SMC ont piloté l'enquête exhaustive sur place de 2000 visant à observer le comportement chimique de la surface de la neige arctique, et à examiner l'ozone troposphérique (à la surface du globe) et la baisse de la concentration de mercure.

L'étude Alert 2000 a montré que la neige est un milieu hautement réactif, particulièrement quand elle est éclairée par le Soleil. Des réactions photochimiques importantes se produisent sur la neige accumulée; elles influent sur les concentrations des gaz traces ambiants, y compris les toxiques. La découverte que la neige accumulée est beaucoup plus chimiquement réactive qu'on le croyait a porté les scientifiques à penser qu'elle est un creuset de production de substances chimiques très réactives, ce qui pourrait avoir un impact substantiel sur le devenir des polluants transportés dans l'Arctique par l'atmosphère, y compris les



Le camp de glace du RDDC et d'Environnement Canada établi à Alert en 2002.

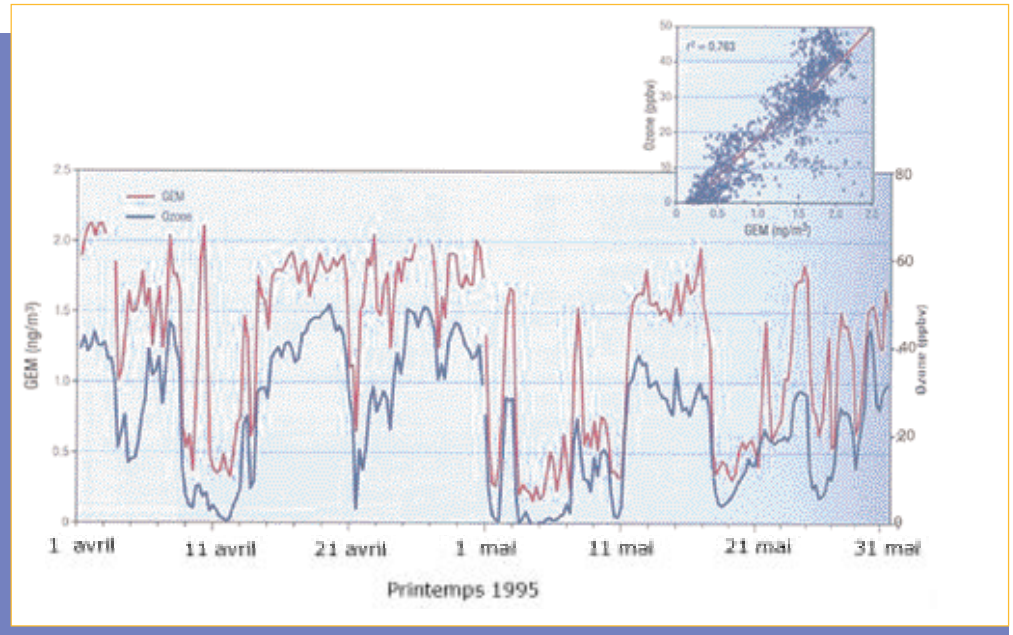
toxiques qui peuvent s'accumuler dans les écosystèmes arctiques. Avant cette campagne, le lien photochimique entre l'atmosphère et la neige était inconnu.

Durant le long hiver d'obscurité, les polluants transportés sur de grandes distances à partir de latitudes méridionales s'accumulent dans l'Arctique. Avec l'arrivée des premiers rayons de soleil au printemps, leur transformation chimique s'accélère. Les scientifiques du SMC ont découvert que, durant le lever du soleil à Alert, le rayonnement solaire déclenche des processus qui mènent à une forte destruction de l'ozone troposphérique. Bien que l'ozone soit en même temps une substance toxique et un gaz à effet de serre, il joue un rôle clé dans la production de substances chimiques qui détruisent d'autres contaminants atmosphériques présents dans l'atmosphère.

En même temps qu'ils découvraient la destruction de l'ozone troposphérique, les scientifiques du SMC découvraient à Alert que les concentrations de mercure élémentaire gazeux baissaient considérablement également après le lever du soleil polaire. Ce fut une découverte surprenante, car une telle baisse des concentrations de mercure n'avait été observée nulle part ailleurs au monde. Les événements de destruction du mercure sont fortement corrélés à la destruction de l'ozone troposphérique, et il y a un lien étroit entre les réactions chimiques en cause.

Les expériences sur le lever de soleil polaire ont étudié ces processus en détail. Les scientifiques ont établi le rôle central joué dans ces processus par les atomes très réactifs du brome. Ces atomes proviennent de la transformation photochimique du sel de mer. Les réactions entre les atomes de brome et l'ozone entraînent une multiplication des atomes de brome, ce qui accélère la destruction de l'ozone (et du mercure). Quand le mercure réagit avec le brome, il prend une forme plus « réactive » et peut entraîner la production d'une forme beaucoup plus toxique de mercure qui pourrait s'introduire dans la chaîne alimentaire et se bioaccumuler dans les espèces supérieures.

Les scientifiques du SMC continuent d'étudier ces processus chimiques et d'autres à Alert. Le but est d'en arriver à une compréhension exhaustive des processus et des interactions chimiques qui surviennent au lever de soleil polaire, et de découvrir le devenir des substances chimiques dans les régions froides.



Mesures des concentrations de mercure élémentaire gazeux (MEG) et d'ozone entre le 1^{er} avril et le 31 mai 1995 à Alert (NU)

CONTAMINANTS TOXIQUES

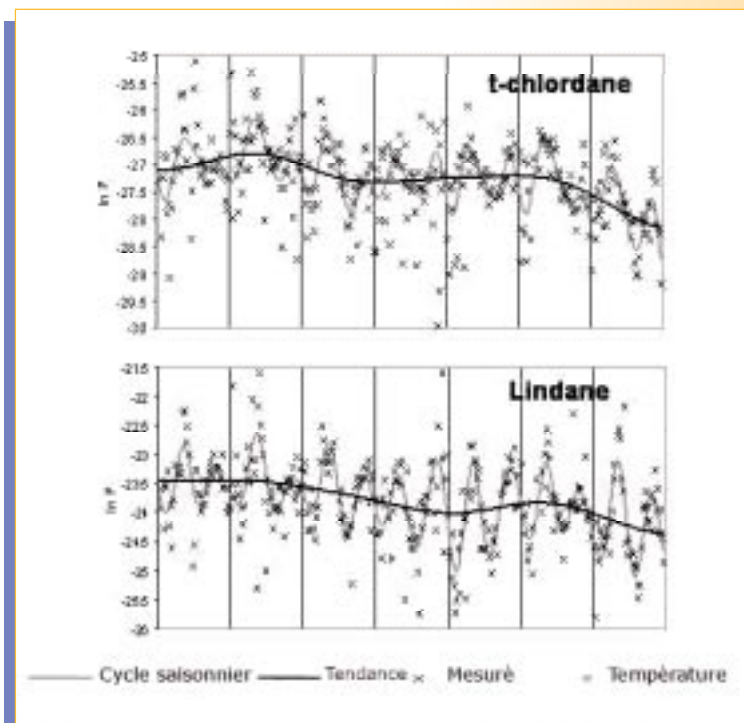
Programme de lutte contre les contaminants dans le Nord

Le Programme de lutte contre les contaminants dans le Nord (PLCN) a été créé en 1991 par le ministère des Affaires indiennes et du Nord canadien (MAINC). Pour l'élaborer, le MAINC a consulté des chercheurs, des organismes et des collectivités autochtones du Nord et divers paliers de gouvernement. Le mandat du programme est « *de travailler pour réduire et, chaque fois que cela est possible, éliminer les contaminants dans les aliments traditionnels récoltés, tout en fournissant l'information qui aidera les personnes et les collectivités à prendre des décisions éclairées concernant leur alimentation* ».

Grâce à un financement du Programme de lutte contre les contaminants dans le Nord, les scientifiques du SMC ont pu surveiller les concentrations de polluants atmosphériques persistants (POP) dans l'Arctique canadien depuis 1992. À Alert, ces mesures portent entre autres sur les pesticides actuellement utilisés et les pesticides interdits. En plus des mesures effectuées de façon continue à Alert, les scientifiques du SMC ont également mené des campagnes de mesure à court terme à cinq autres sites de l'Arctique (voir la carte). Les mesures des POP dans l'Arctique par les scientifiques du SMC aideront à déterminer si les stratégies de surveillance nationales et internationales ont entraîné des changements dans les concentrations atmosphériques et les dépôts de POP dans les écosystèmes arctiques.

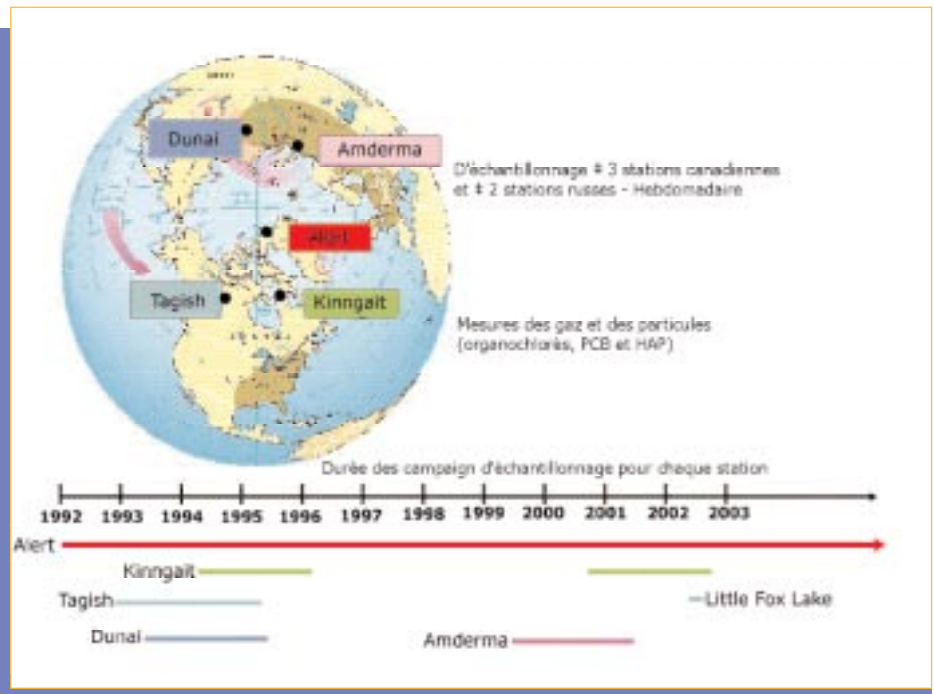
En général, les pesticides dont l'utilisation est interdite dans les pays occidentaux et industrialisés (p. ex. le chlordane) ont vu leur concentration baisser dans l'atmosphère arctique. Cette tendance est visible dans les séries de données collectées à Alert de 1993 à 1999 pour le trans-chlordane et le lindane. On a occasionnellement observé à Alert des concentrations élevées de pesticides à base de chlordane, comme l'heptachlore et le trans-/cis-chlordane, ce qui indique de nouveaux apports de ces pesticides dans l'Arctique. Les scientifiques du SMC ont conclu que les concentrations atmosphériques à Alert des pesticides actuellement utilisés (comme l'endosulfan) baissaient très lentement ou restaient relativement constantes.

Aux autres sites arctiques, les concentrations de POP dans l'atmosphère sont voisines de celles mesurées à Alert. Toutefois, les concentrations relatives des différents composés et les variations saisonnières de chacun sont différentes d'un site à l'autre, ce qui montre que les sites ont des régions-sources différentes. Par exemple, Tagish reçoit l'air transporté d'Asie au-dessus du Pacifique, alors qu'Alert reçoit l'air transporté d'Eurasie et d'Amérique du Nord. Étant donné que la période d'échantillonnage à ces autres sites était courte (jusqu'à 2 ans), on ne peut déterminer les tendances à long terme qu'à Alert.



Tendances du trans-chlordane et du lindane (γ -HCH) mesurés dans l'air à Alert (les concentrations atmosphériques sont exprimées sous la forme du logarithme naturel de la pression partielle dans l'air, P)

Étant donné que notre climat nordique change, les programmes de mesure à long terme, comme celui d'Alert, aideront les scientifiques à étudier comment les variations du climat planétaire influent sur le transport et la distribution des POP dans l'atmosphère arctique. Les scientifiques du SMC ont découvert des indices que les fluctuations climatiques influent sur les concentrations de POP. Le comportement des POP varie avec les changements de température au cours de la journée et d'une saison à l'autre. Quand la température est élevée, les POP s'évaporent dans l'atmosphère et, quand elle est basse, ils se condensent dans l'atmosphère pour se déposer sur le sol, les lacs et les forêts. Avec le temps, ces polluants s'évaporent et se condensent de façon répétée et se déplacent vers le nord à partir de leurs régions-sources.



Carte indiquant les sites et la durée de l'échantillonnage de la campagne de mesure des polluants organiques persistants dans le Haut-Arctique, du Programme de lutte contre les contaminants dans le Nord.

L'échantillonnage de l'air à Alert se poursuivra pour surveiller les changements de concentration de différents POP dans l'atmosphère arctique. La base de données sur les concentrations atmosphériques de POP du PLCN ainsi que d'autres bases de données du SMC - celle du RIDA de la région des Grands lacs - et des bases de données d'autres pays circumpolaires (PSEA) fourniront des informations vitales aux décideurs. Ces données aideront les négociateurs canadiens à préparer pour les POP des stratégies de surveillance raisonnables et pratiques, qui tiennent compte de la façon dont les contaminants se déplacent dans le Nord. Le Canada a joué un rôle d'avant-garde en définissant les problèmes de toxiques dans le Nord et cherche des solutions à l'échelle internationale.

Sources de pesticides organochlorés

Au Canada et dans d'autres pays développés, l'utilisation de nombreux pesticides organochlorés (POC) a été interdite dans les pratiques industrielles et agricoles. Le toxaphène, le dichloro-diphényl-trichloroéthane (DDT), le chlordane, la dieldrine et les hexachlorocyclohexanes (HCH - également appelés HCH techniques) sont des exemples de pesticides interdits. Il reste toutefois des traces de ces substances dans les écosystèmes - particulièrement dans les régions vulnérables comme l'Arctique canadien.

Les scientifiques du SMC étudient les sources de ces composés afin de déterminer s'ils sont transportés par l'atmosphère à partir de pays où ils sont toujours utilisés, ou s'ils sont des « fantômes du passé » qui sont recyclés dans l'atmosphère à partir de sols et d'eaux contaminés antérieurement. Le Programme de lutte contre les contaminants dans le Nord (PLCN) appuie les initiatives de recherche du SMC pour identifier les sources de POC.

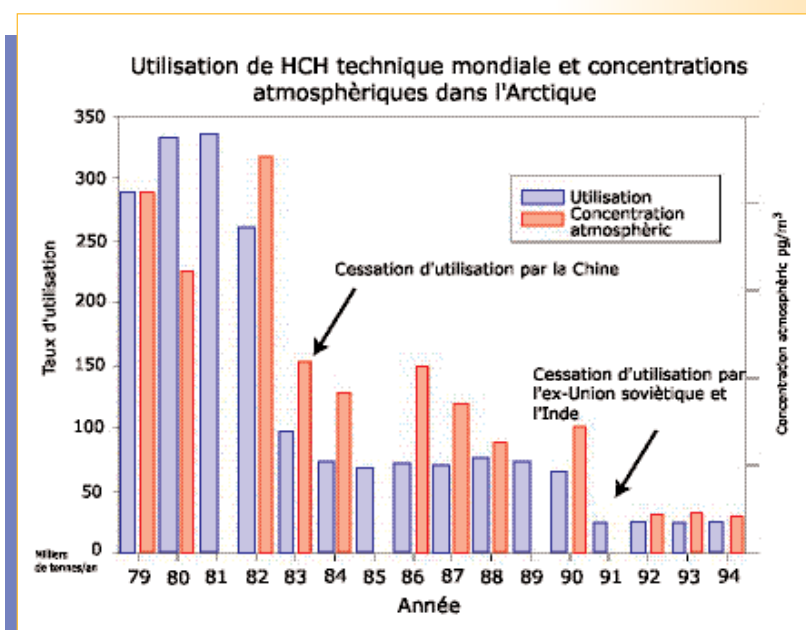
Des scientifiques du SMC ont étudié des données de concentration atmosphérique de l' α -HCH (une forme isomère de HCH technique) recueillies à différents sites nordiques entre 1979 et 1996 (par divers groupes). Ces concentrations ont été comparées à l'utilisation mondiale de HCH techniques et aux émissions d' α -HCH pour les années correspondantes. Deux baisses importantes ont été constatées dans les données. La première correspond à l'abandon des HCH techniques par la Chine (1982-1983), et la seconde, à la réduction de l'utilisation des HCH techniques par l'ex-Union Soviétique et l'Inde (1990-1992). C'est là une forte indication que le transport sur de longues distances dans l'atmosphère disperse rapidement les HCH de leurs régions-sources vers l'Arctique.

Des scientifiques du SMC ont déterminé que les propriétés physiques de ces pesticides au niveau moléculaire sont très importantes pour leurs trajets de transport. Comme de nombreuses autres substances organiques, les pesticides organochlorés peuvent avoir la même formule chimique, mais varier par leur structure moléculaire et leur forme (on dit que ce sont des isomères). À terme, ces faibles différences peuvent avoir des impacts importants sur le comportement de ces molécules dans l'atmosphère et l'eau.

Le cas de l' α -HCH et du β -HCH, deux isomères de HCH techniques, en est un bon exemple. Des scientifiques du SMC ont déterminé que le trajet de transport dominant du β -HCH est océanique. À l'opposé, le trajet dominant de l' α -HCH est atmosphérique. Une comparaison des trajets des isomères de HCH porte à croire que la plupart du β -HCH émis en Asie se dépose dans le Pacifique Nord, d'où il est transporté dans l'océan Arctique via le détroit de Béring. Cela implique que les substances solubles dans l'eau qui sont extraites efficacement de l'air par les précipitations ou les échanges de gaz entre l'air et l'eau peuvent atteindre l'Arctique, principalement sous l'effet des courants océaniques. Le β -HCH en est un exemple important. Ces résultats ont porté les scientifiques à penser que le rôle des courants océaniques dans le transport des toxiques vers l'Arctique est plus important qu'on ne l'avait prévu.

On peut également identifier la source d'un pesticide en déterminant les rapports d'énantiomères (isomères optiques - images miroirs d'une molécule) dans le contaminant. Initialement, le rapport d'énantiomères est 1:1 exactement mais, à mesure que le pesticide subit une dégradation biologique, son rapport d'énantiomères varie. Une variation du rapport signale aux scientifiques que le composé a subi une dégradation biologique partielle, et leur donne une idée de la durée du séjour du composé dans l'environnement. Par exemple, un inventaire des émissions de toxaphène aux États-Unis porte à croire que, même si ce pesticide est interdit depuis deux décennies, la volatilisation des résidus qui se trouvent dans le sol a injecté 360 tonnes de toxaphène dans l'atmosphère en 2000.

Les scientifiques du SMC continueront d'utiliser les propriétés physiques distinctives des pesticides organochlorés pour différencier les sources anciennes de pesticides des nouvelles, et déterminer les trajets de transport de ces substances chimiques dans l'Arctique canadien. Les résultats du SMC seront utilisés pour remplir les obligations du Canada aux termes du Protocole sur les POP à la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance et de la Convention de Stockholm sur les POP.

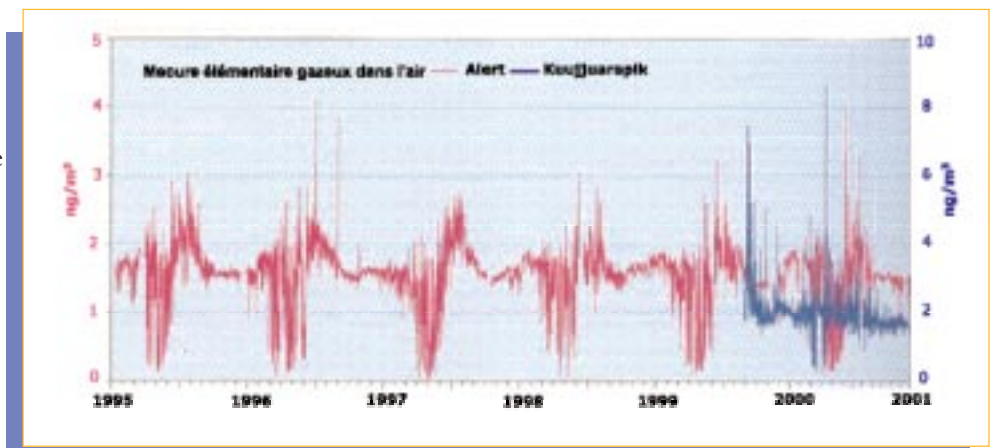


Mercure

Comme avec les autres toxiques, un certain type de mercure peut se bioaccumuler dans les tissus des animaux aquatiques et terrestres. À l'état gazeux, ce métal peut rester dans l'atmosphère de six à 24 mois, ce qui lui permet de se rendre dans les régions éloignées de l'Arctique sous l'effet de processus atmosphériques et hydrologiques. Les collectivités nordiques peuvent donc être sensibles aux activités génératrices de mercure, comme la combustion de combustibles fossiles, la fonte de métaux et l'incinération de déchets dans des régions industrielles éloignées.

Dans le cadre du Programme de lutte contre les contaminants dans le Nord (PLCN), la Direction générale des sciences de l'atmosphère et du climat ainsi que la région du Québec du SMC mesurent les concentrations de mercure à deux sites du Nord canadien. Ces mesures ont commencé à Alert (Nunavut) en 1995 et à Kuujjuarapik (Québec) en 1999.

On constate une répétition annuelle d'une forte baisse des concentrations de mercure élémentaire gazeux à Alert à la fin de février (durant le lever de soleil polaire - voir l'article de la page 25). Cette destruction du mercure dans l'air arctique au printemps a révélé aux scientifiques l'existence d'un processus chimique particulier. On a constaté une répétition semblable dans les données recueillies à Kuujjuarapik (Québec), ainsi qu'ailleurs dans l'Arctique et l'Antarctique. Ceci porte à croire que ces épisodes de destruction du mercure (EDM) se produisent sur de grandes superficies et ne sont pas limités à l'Extrême-Arctique. Les EDM sont toutefois moins fréquents et moins intenses à Kuujjuarapik qu'à Alert. Les bassins atmosphériques des deux sites sont en effet différents. Celui de Kuujjuarapik est alimenté surtout par les régions méridionales, et celui d'Alert surtout par l'Eurasie et l'Amérique du Nord.



Mesures du mercure élémentaire gazeux (MEG) à Alert (Nunavut) et Kuujjuarapik (Québec).



Photo de Janice Lang, RDDC

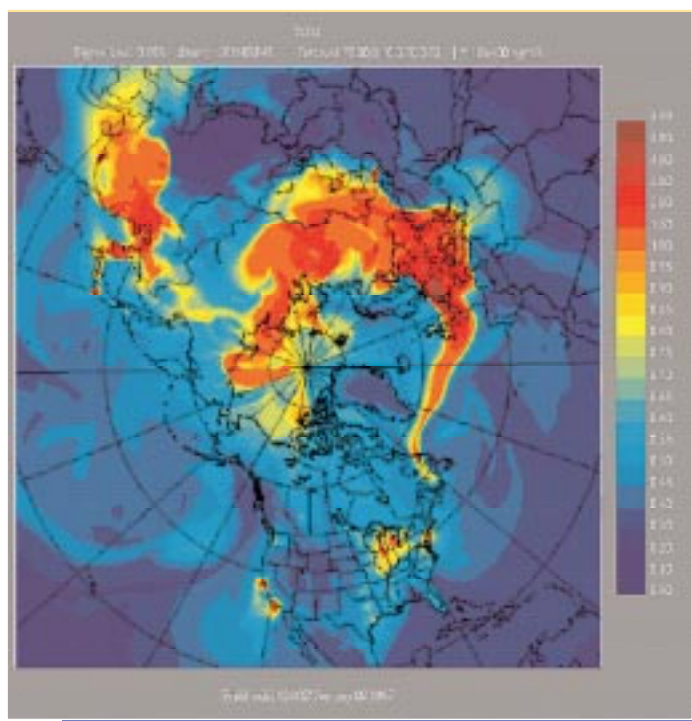
Des scientifiques de la Région du Québec du SMC ont étudié les concentrations de mercure gazeux et les processus du mercure atmosphérique à Kuujjuarapik. Le but principal de cette recherche est d'étudier le transport et les retombées du mercure atmosphérique dans le nord du Québec dans le contexte des processus d'oxydation du mercure. Les scientifiques pensent que ces processus d'oxydation sont une importante voie de contamination potentielle de l'environnement nordique.

Des scientifiques étudient les processus d'oxydation du mercure par les radicaux ozone, chlore et brome dans l'atmosphère. Ils mesurent les concentrations totales de mercure dans les précipitations, les flux surface-atmosphère, le sol, l'eau, la neige et des paysages

Échantillonnage de la neige pendant les expériences du lever de soleil polaire 2002 à Alert, pour déterminer les concentrations totales de mercure dans la neige.

caractéristiques du Nunavik. Pour fins de comparaison, des mesures semblables seront effectuées en parallèle dans différents paysages - une zone terrestre méridionale (Saint-Anicet) et la zone maritime du golfe du Saint-Laurent (Mingan). Ces opérations donneront aux scientifiques des informations précieuses sur l'étendue géographique des processus d'oxydation du mercure et les aideront à identifier les mécanismes en jeu.

Les programmes de mesure des concentrations de mercure du SMC au Nunavut et au Nunavik permettront aux scientifiques de mieux connaître comment le mercure est transféré de l'atmosphère à la chaîne alimentaire arctique. Cette information donnera aux décideurs des outils pour la surveillance et la réglementation aux échelles internationale, nationale et régionale. Des mesures annuelles continues sont nécessaires pour leur permettre d'évaluer l'efficacité des stratégies de surveillance des émissions de mercure et d'élaborer à l'intention des habitants du Nord des stratégies d'adaptation concernant la consommation d'aliments traditionnels.



Sortie du modèle MGRMLA pour le 9 janvier 1997, montrant les concentrations de mercure gazeux total (en nanogrammes/m³) dans l'air en surface dans l'hémisphère Nord. La figure donne une indication des voies de transport du mercure vers l'Arctique canadien.

Métaux lourds dans l'atmosphère

Les scientifiques du SMC sont en train d'établir le cycle de vie du mercure afin d'élaborer un modèle exhaustif qui simulera les voies de transport du mercure dans l'Arctique canadien. Le mercure a des sources anthropiques et naturelles. Le mercure anthropique vient principalement des centrales électriques alimentées au charbon, des fonderies de métaux et des incinérateurs de déchets. Les sources naturelles sont, entre autres, la météorisation du substrat et les émissions de gaz par les sols. Les scientifiques du SMC sont en train d'élaborer un inventaire exact des émissions de mercure (naturelles et anthropiques) qui sera utilisé dans le **Modèle global et régional des métaux lourds dans l'atmosphère** (MGRMLA) du SMC.

Le MGRMLA est un modèle de transport et de transformation sur la distribution planétaire du mercure. Utilisé conjointement avec le modèle global environnemental multiéchelle (GEM), il simulera les voies suivies par le mercure et d'autres métaux lourds. Le projet en est à ses débuts mais, à l'échelle mondiale, les scientifiques s'intéressent grandement au transport du mercure en raison de sa grande toxicité.

Quand les voies de transport du mercure seront connues, des stratégies efficaces de surveillance des émissions pourront être mises en place afin d'empêcher l'accumulation dangereuse de ce métal dans les écosystèmes arctiques.

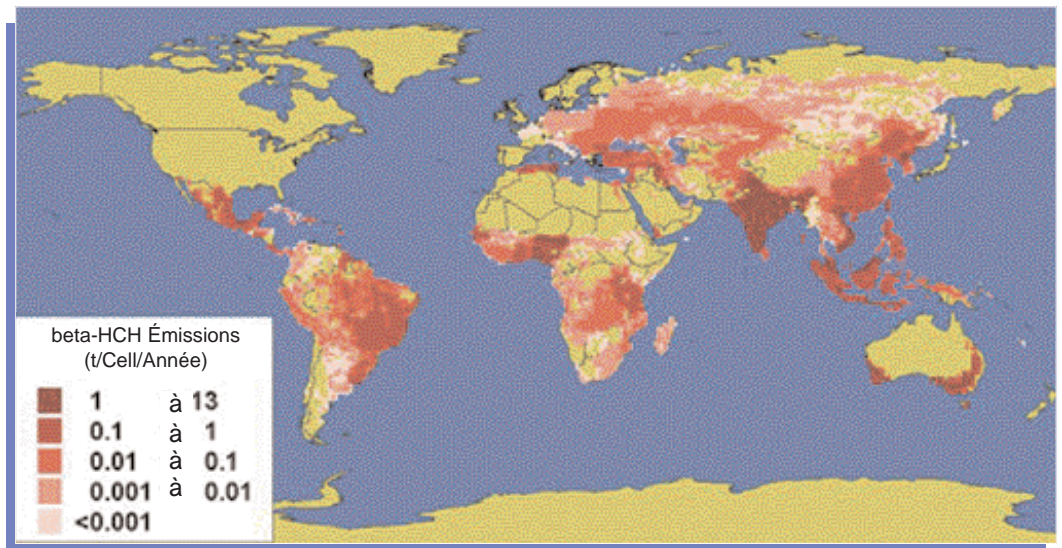
Utilisation des inventaires d'émissions de pesticide pour identifier les sources et les voies de transport des polluants

Les pesticides organochlorés (POC), comme les hexachlorocyclohexanes (HCH), le dichloro-diphényl-trichloroéthane (DDT), le toxaphène et l'endosulfan, peuvent être transportés loin de leurs régions-sources par l'atmosphère ou les océans. Dans l'Arctique, ces contaminants ont été détectés dans l'air, la neige, l'eau de mer, les ours blancs et les mammifères marins. Les sources et les voies sont connues pour certains de ces POC, mais nettement moins pour d'autres. Les scientifiques du SMC cherchent à créer des inventaires mondiaux des émissions pour tous les POC en vue d'étudier les sources et les voies de ces polluants présents dans le Nord canadien.

Le SMC a commencé à élaborer un inventaire des émissions de POC au début des années 1990. Les informations sur la production et l'utilisation mondiales des pesticides et des produits chimiques commerciaux ont été utilisées comme entrée dans le **Modèle maillé simplifié des émissions et des résidus de pesticides** du SMC pour produire des inventaires maillés des émissions mondiales de POC particuliers. Le SMC est l'un des rares organismes au monde, sinon le seul, à avoir créé un tel inventaire aux échelles régionale et mondiale.

Les résultats de ce modèle sont compilés dans une base de données accessible sur l'Internet qui a été créée par les scientifiques du SMC et est connue sous le nom de **Base de données mondiale sur les rejets de pesticides** (BDMoRP, <http://www.msc.ec.gc.ca/data/gloperd>). Grâce à cette base de données, l'inventaire est accessible à tous à l'échelle mondiale. À mesure que s'accumuleront les données, l'inventaire sera élargi pour permettre à la communauté scientifique d'examiner les processus de transport et de transformation liés aux POC. Ce partage des données sera une contribution à des réalisations internationales, comme le Programme de surveillance et d'évaluation de l'Arctique (PSEA), l'Équipe spéciale

sur les polluants organiques persistants de la Commission économique des Nations Unies pour l'Europe (CEE-ONU) et le groupe d'experts sur les inventaires d'émissions de la CEE-ONU. Ces informations sont essentielles pour élaborer des politiques mondiales sur l'utilisation des pesticides en vue de protéger la santé future des Canadiens dans le Nord et celle des écosystèmes nordiques.



Grille des émissions annuelles totales de β -HCH en 1990 (Li et al., 2003).

PROGRAMMES DE QUALITÉ DE L'AIR RÉGIONALE POUR ÉVALUER LES IMPACTS DES DÉVELOPPEMENTS ACTUELS ET FUTURES DU NORD

Le Nord passe par un boom d'exploitation minière, pétrolière et gazière. On craint que les émissions atmosphériques de ces exploitations ne nuisent à la santé des humains, des animaux sauvages et des écosystèmes en dégradant la qualité de l'air régionale et en augmentant les dépôts acides.

La plus grande partie des exploitations minières se trouve dans une région allant du centre des Territoires du Nord-Ouest à la partie ouest du Nunavut. Il y a deux mines de diamants et une mine d'or en exploitation; deux autres mines de diamant et une mine d'or font l'objet d'une évaluation environnementale réglementaire ou sont en phase de construction, et deux autres mines de diamant et d'or sont proposées pour une exploitation future. Les mines sont des sources d'azote, de soufre, d'ammoniac et de particules.

Des programmes d’exploration et d’exploitation de champs pétrolifères et gaziers sont en cours dans la vallée et le delta du Mackenzie. De petites exploitations sont en marche à Inuvik, à Norman Wells, à Fort Liard et à Cameron Hills. Le Projet gazier du Mackenzie (y compris trois champs gaziers d’attache du delta du Mackenzie et un oléoduc reliant le delta du Mackenzie à l’Alberta) subit présentement une évaluation environnementale réglementaire. Si l’oléoduc est construit, les programmes d’exploration et d’exploitation pétrolières et gazières s’amplifieront considérablement.

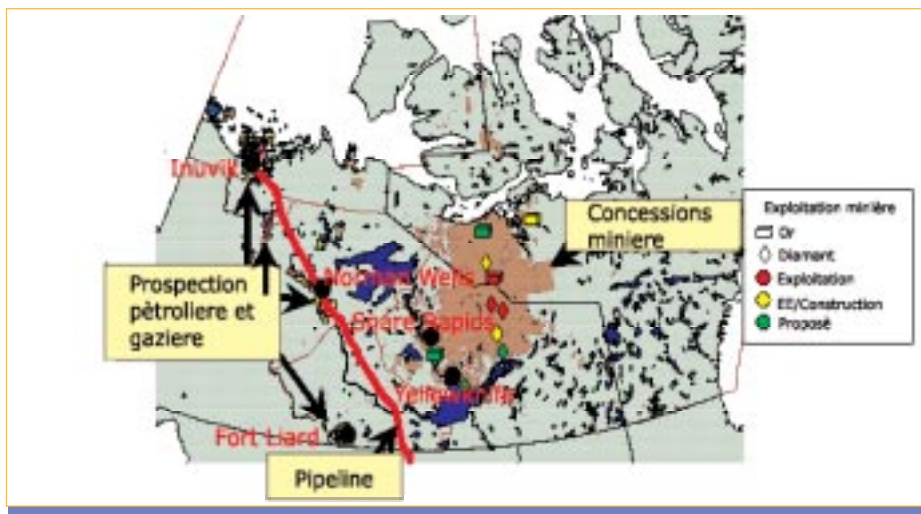
Le programme de modélisation de la qualité de l’air des régions des Prairies et du Nord a mis en œuvre le système de modélisation CMAQ (Community Multiscale Air Quality) pour étudier les impacts cumulatifs potentiels des exploitations nordiques actuelles et futures sur la qualité de l’air régionale. Sur une période de modélisation d’une durée d’un an, les scientifiques prédiront les concentrations ambiantes des principaux polluants (oxydes d’azote, dioxyde de soufre, monoxyde de carbone, particules et ammoniac), des dépôts acides et de brume.

Grâce à un financement dans le cadre du programme énergétique pour le Nord, la RPN du SMC a fourni un équipement au réseau actuel de surveillance de la qualité de l’air du gouvernement des Territoires du Nord-Ouest (GTNO). Plus précisément, la RPN a fourni des appareils d’analyse en continu des NO_x et de l’ozone à la station d’Inuvik pour tenter de déterminer les niveaux de référence de ces gaz avant l’accélération de l’exploitation des champs pétrolifères et gaziers, ce qui permettra aux scientifiques de suivre les changements et les tendances des niveaux ambiants au cours de l’opération. Le GTNO a également des sites de surveillance de la qualité de l’air à Norman Wells et à Fort Liard (voir la carte). Chaque site, y compris celui d’Inuvik, a un programme qui mesure des paramètres météorologiques et les concentrations de sulfure d’hydrogène, de dioxyde de soufre et de particules fines (PM_{2.5}).

Le Réseau de surveillance de l’air et des précipitations (RSAP) du SMC à Downsview participe à la télésurveillance des dépôts à Snare Rapids, site qui se trouve à environ 100 km au nord-ouest de Yellowknife. Ce site a fourni des informations de référence précieuses obtenues de régions où se trouvent des mines de diamant. Ces informations seront utilement comparées aux mesures effectuées dans la vallée du Mackenzie. Il existe des plans pour élargir le programme de mesure à ce site et y mesurer l’ozone troposphérique et, peut-être même les particules fines, dans le cadre du programme national de modélisation des prévisions de qualité de l’air. Le RSAP a également des sites de surveillance nordiques à Goose Bay (Labrador) et à LG4 (baie James).

Jusqu’ici, les influences planétaires sur la qualité de l’air dans le nord du Canada ont été la question dominante concernant la qualité de l’air nordique. Toutefois, à mesure que s’élargit l’exploitation des ressources du Nord, les questions locales et

régionales deviendront de plus en plus importantes pour la qualité de l’air dans le Nord. Les activités de surveillance et de modélisation de la qualité de l’air du SMC seront vitales pour garantir que l’élargissement de l’exploitation des ressources du Nord n’aura pas de répercussions nuisibles sur le bien-être des habitants du Nord et sur les écosystèmes vulnérables de l’Arctique.



← Développements pétroliers, gaziers et miniers présents et futurs dans le Nord.

ÉTUDE SUR L'OcéAN, L'ATMOSPHÈRE, LA GLACE DE MER ET LA COUVERTURE NIVALE (OASIS)

OASIS est une nouvelle initiative internationale multidisciplinaire dont le but est d'étudier les interactions entre l'océan, l'atmosphère, la glace de mer et la couverture nivale dans les régions polaires. Sa mission sera de déterminer l'importance des processus d'échange chimiques, physiques et biologiques dans les océans, l'atmosphère, la glace de mer et la couverture nivale, sur la chimie troposphérique, la cryosphère et l'environnement marin, et leurs mécanismes de réaction dans le contexte du changement climatique.

L'étude OASIS doit examiner comment ces processus influent sur la composition chimique de l'atmosphère et contrôlent l'introduction de substances chimiques toxiques dans les environnements polaires. La nature et l'étendue de la couverture de neige et de glace changent dans l'Arctique. OASIS en évaluera les mécanismes de rétroaction dans le contexte du changement climatique. Ceux-ci sont probablement dus à un changement du climat, mais auront également un impact sur le climat. De plus, OASIS examinera l'impact sur les humains et les écosystèmes de l'échange atmosphère-surface des espèces chimiques. L'étude est appuyée par de nombreux programmes internationaux dont le programme IGAC (International Global Atmospheric Chemistry), le programme AICI (Air Ice Chemical Interactions) et l'étude SOLAS (Surface Ocean Lower Atmosphere Study). Une grande partie de l'étude OASIS devrait avoir lieu durant les activités de l'Année polaire internationale 2007-09. La Direction générale des sciences atmosphériques et climatiques du SMC dirige l'initiative OASIS.

MESURES CANADIENNES SYSTÉMATIQUES DE L'OZONE STRATOSPHERIQUE ET DU RAYONNEMENT UV

La couche d'ozone est cruciale pour la santé et la sécurité de l'homme parce qu'elle bloque les rayons ultraviolets (UV) nuisibles. L'augmentation du rayonnement ultraviolet à la surface de la Terre par suite de la destruction de la couche d'ozone peut être très dommageable pour les formes sensibles de vie de l'Arctique et les personnes qui vivent dans les régions circumpolaires.

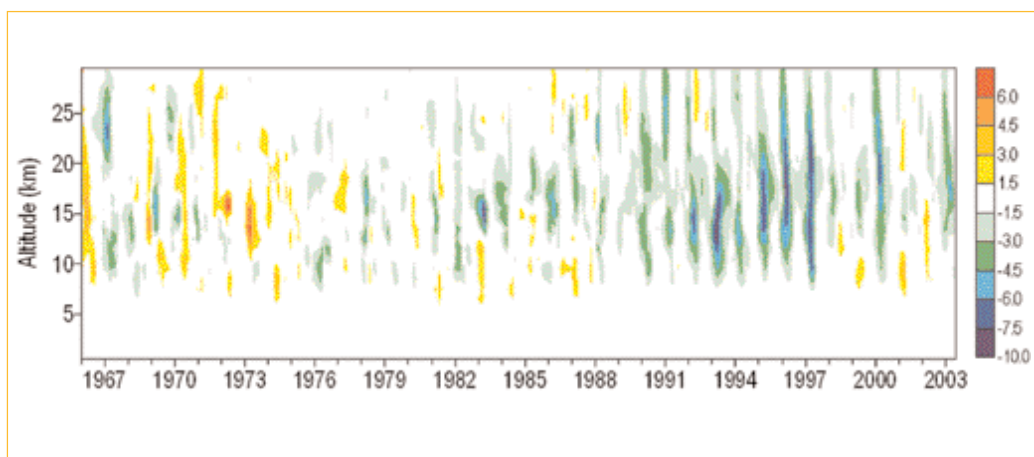
Durant les mois d'hiver dans les régions polaires, les vents stratosphériques isolent la masse d'air polaire, et il en résulte des températures très basses ainsi que la formation de nuages stratosphériques polaires. Ces nuages entretiennent des réactions chimiques qui détruisent la couche d'ozone. Des études scientifiques portent à croire qu'un refroidissement additionnel de la stratosphère dû au changement climatique accroîtra la formation de ces nuages et pourrait accélérer la destruction de la couche d'ozone.

Le SMC dispose d'un réseau de 12 stations Brewer de surveillance de l'ozone et des UV au Canada. Les scientifiques du SMC ont mis au point l'appareil Brewer, qui est devenu la norme internationale pour les mesures au sol. Présentement, plus de 160 appareils sont utilisés dans quarante pays. Les stations Brewer se trouvent dans le nord du Canada à Churchill au Manitoba, à Goose Bay au Labrador, et à Alert, Eureka et Resolute Bay au Nunavut. Les stations font une surveillance à long terme de l'ozone stratosphérique et du rayonnement ultraviolet.

Le SMC exploite également le Réseau d'ozonesondes installé dans des stations du Nord canadien. Des ozonesondes sont libérées dans l'atmosphère à chaque site du réseau; elles transmettent des mesures de la pression, de la vitesse du vent, de la température et de l'humidité quand elles s'élèvent dans la couche d'ozone. Dans le cadre de ses engagements internationaux, le SMC a participé au programme d'ozonosondage Match depuis 1991. Ce programme coordonne le lancement d'ozonesondes en Europe et au Canada pour analyser une même masse d'air à différents points de son déplacement autour du vortex polaire. En 2005, le SMC collaborera avec des services météorologiques européens durant la prochaine phase du programme Match.

L'Observatoire de l'ozone stratosphérique d'Eureka, qui se trouve sur l'île d'Ellesmere dans l'Extrême-Arctique, a été le site d'une série de mesures en février et mars 2004. Ce fut une entreprise de collaboration entre des scientifiques du SMC, de l'université de Toronto et de l'université de Waterloo. Le projet a été financé par l'Agence spatiale canadienne. L'objectif de la série de mesures a été de valider les mesures du satellite SCISAT-1 dans l'expérience sur la chimie atmosphérique. Ce satellite canadien, qui a été lancé en août 2003, est doté d'instruments du SMC pour recueillir des données qui élargiront notre compréhension de l'appauvrissement de la couche d'ozone, particulièrement au-dessus des régions arctiques.

Les données recueillies par le Réseau Brewer et le Réseau d'ozonosondes sont archivées au Centre mondial des données sur l'ozone et le rayonnement ultraviolet de Downsview (Ontario), et mises à la disposition des scientifiques à l'échelle internationale. Ces données sont essentielles aux scientifiques du SMC et de l'étranger pour surveiller les états actuel et futur de la couche d'ozone.



Distributions verticales à long terme de l'ozone sur l'Arctique canadien, de 1966 à 2000, la moyenne annuelle de 1996-1997 étant soustraite des données pour montrer les écarts à la normale des concentrations. Les traits en vert et en bleu, indiquant des concentrations d'ozone inférieures à la normale, sont visibles pour des années récentes (1993, 1995, 1996, 1997, 2000 et 2003). (Les valeurs sont en Dobsons par kilomètre.)

Climat et changement climatique

SYSTÈME MONDIAL D'OBSERVATION DU CLIMAT (SMOC)

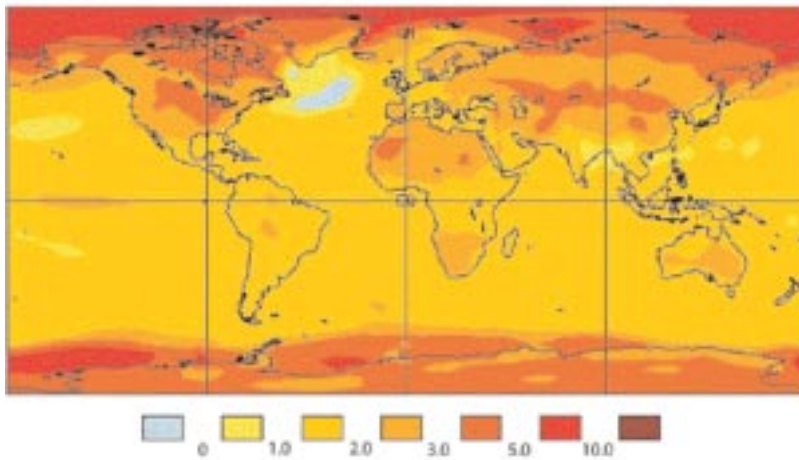
L'Arctique est particulièrement sensible aux impacts du changement climatique. Il va devenir de plus en plus important d'élaborer des stratégies d'adaptation pour les habitants du Nord à mesure que leurs modes de vie traditionnels seront remis en question, ce qui exigera une meilleure capacité de prévision de la variabilité et du changement du climat. Des observations à long terme et exhaustives du climat terrestre amèneront des améliorations dans ce domaine.

Grâce à un financement important par le Fonds d'action pour le changement climatique, le SMC a pris la direction nationale de ce programme et s'est engagé vis-à-vis l'Organisation météorologique mondiale (OMM) à fournir des données climatologiques à long terme pour tout le Canada. Le SMC recueille des données climatologiques au moyen du réseau de surface du Système mondial d'observation du climat (voir la section consacrée au SMOC à la page 21). Il s'est engagé à maintenir la durabilité et la longévité de ces sites. Ces stations sont des sources à long terme de données homogènes complètes de haute qualité sur toutes les grandes régions climatiques du Canada.

Le SMC intègre les observations de ces réseaux à des modèles du système climatique. Les résultats des modèles fourniront aux scientifiques une meilleure perception des régimes de changement climatique et seront cruciaux pour aider les collectivités du Nord à s'adapter aux conditions environnementales changeantes.

CENTRE CANADIEN DE LA MODÉLISATION ET DE L'ANALYSE CLIMATIQUE (CCmaC)

Le Centre canadien de la modélisation et de l'analyse climatique (CCmaC) élabore et applique des modèles du climat planétaire pour améliorer la compréhension du changement climatique passé et faire des projections du changement climatique futur, en incluant la région nordique du Canada. Le SMC diffuse largement les résultats des modèles au Canada et à l'étranger pour des études d'impact et d'adaptation.

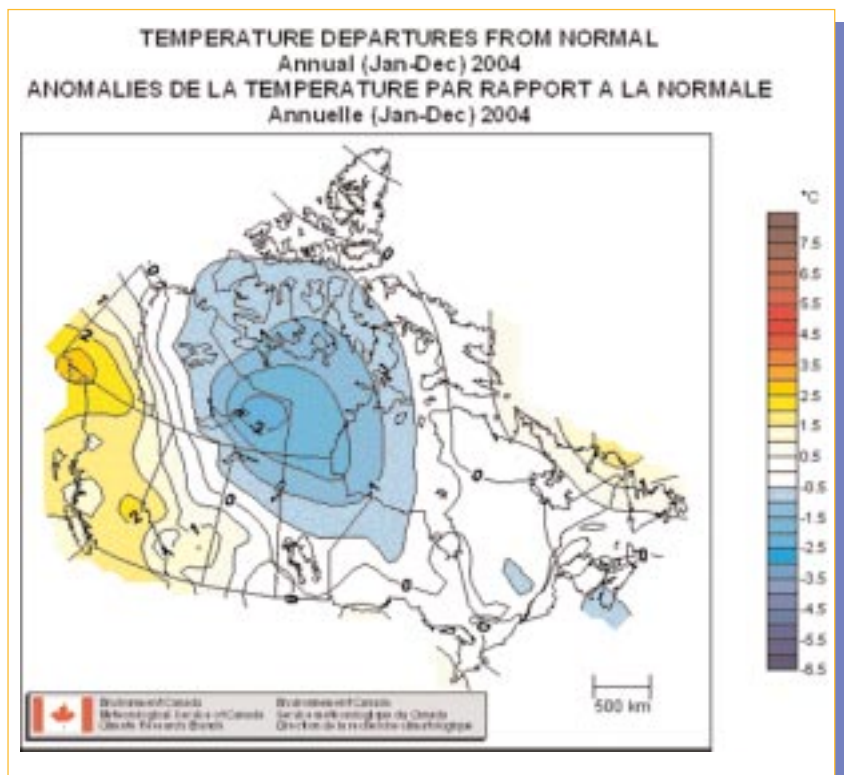


Le CCmaC œuvre également dans la recherche sur les processus de la glace de mer pour représenter ces processus dans des modèles climatologiques planétaires et régionaux, et les modèles opérationnels de prévision de glaces de mer. Les résultats de ces travaux ont été intégrés au troisième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) et à l'Évaluation des impacts climatiques dans l'Arctique (EICA) de 2004.

Réchauffement en surface projeté par le MCGG2 pour 2050, par rapport à 1980.

LE CLIMAT CANADIEN

Le problème du changement climatique retenait de plus en plus l'attention dans le monde, le Canada a la responsabilité, à l'échelle internationale, de documenter les tendances et les variations du climat dans toutes les régions du pays. En consultant via l'Internet le Bulletin des tendances et des variations climatiques (<http://www.msc-smc.ec.gc.ca/ccrm/bulletin>), les Canadiens peuvent se renseigner sur l'état actuel du climat canadien. Sur ce site Web, l'Arctique est subdivisé en quatre régions, et une information sur les tendances et les variations de la température et des précipitations est donnée pour chacune.



Les variations actuelles et futures du système climatique sont mieux comprises dans le contexte des changements historiques du climat. Le SMC a participé à des recherches qui font reculer de 1 000 à 2 000 ans l'historique du climat mondial.

Ce travail a été mené en collaboration avec un certain nombre de chercheurs utilisant des paléodonnées. Par exemple, une information sur le climat avant l'apparition des instruments a été obtenue en utilisant les données de température de 140 trous de forage au Canada, ce qui a permis aux chercheurs de reconstruire les périodes climatiques critiques des derniers siècles et montrer l'existence de périodes de refroidissement au 18^e et au 19^e siècles, et des périodes de réchauffement aux 16^e, 17^e et 20^e siècles.

Anomalies régionales des précipitations annuelles : extrêmes et ordre de la saison en cours, 1948 - 2004 (57 années)

Région	Années Extrêmes				Année 2004	
	Le mois de préc.	Anom. %	Le plus de préc.	Anom. %	Ordre *	Anom. %
Atlantique	2001	-19.8	1990	19.2	51	-9.0
Grands Lacs/Saint-Laurent	1963	-16.0	1990	19.1	24	4.0
Forêt nord-est	1997	-11.0	1979	13.2	6	7.3
Forêt nord-ouest	1998	-23.1	1973	16.5	23	-0.9
Prairies	2001	-32.4	1951	26.8	21	3.2
Montagnes du sud de la C.-B.	2001	-24.7	1996	32.2	20	3.7
Pacifique	1985	-24.6	1980	17.4	53	-17.3
Montagnes du nord de la C.-B./Yukon	1998	-35.8	1974	22.7	48	-9.2
District du Mackenzie	2004	-28.3	1974	27.6	57	-28.3
Toundra arctique	1954	-19.8	1996	25.8	32	4.2
Montagnes et fjords arctique	1948	-46.4	1953	44.2	14	15.4
Canada	1956	-7.3	1996	9.1	33	0.4

L'ordre de la valeur courante (l'anomalie de l'annuelle 2004) est obtenu à partir d'une série de données décroissantes, des plus grandes précipitations aux moindres. Veuillez noter que la valeur de 2004 est préliminaire.

2004 a été l'année la plus sèche enregistrée jusqu'ici dans le district du Mackenzie, avec 28,3 % sous la normale, soit 4,1 % plus sèche que 1995, qui vient au deuxième rang.

LE PERGÉLISOL

Le SMC a créé une série de stations météorologiques afin d'étudier le climat et le pergélisol entre le milieu des années 1980 et le début des années 1990, et d'examiner les répercussions du changement climatique sur le pergélisol. Ce travail s'effectue en collaboration avec les experts sur le pergélisol de la Commission géologique du Canada (CGC), une composante de Ressources naturelles Canada. Les experts examinent le lien entre la température du sol et l'atmosphère.

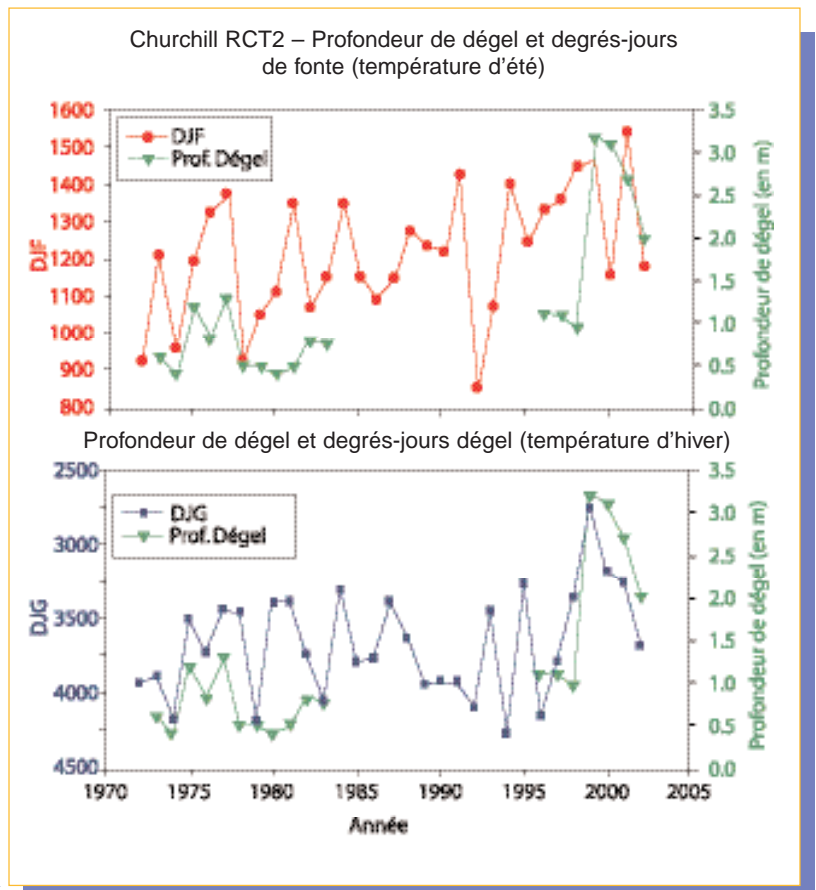
Les problèmes de construction sont la principale préoccupation des Canadiens en ce qui a trait au pergélisol. Par suite du dégel du sol, la glace présente dans le sol ne peut soutenir les routes, les pipelines ou autres structures, ce qui cause des dommages. La prévision du devenir du pergélisol ou la conception de structures qui en ralentiront la dégradation peuvent améliorer notre capacité à réagir au changement climatique. Une composante secondaire de la science du climat et du pergélisol consiste à utiliser les changements du pergélisol comme indicateurs du changement climatique. Ce projet se concentre sur la partie sud de la zone de pergélisol et examine les changements de l'état du pergélisol avec les variations climatiques interannuelles et les variations à long terme.



← Pergélisol de glace de sol.

Les cartes ci-dessous de la profondeur du dégel l'hiver et l'été dans la région de Churchill montrent la réaction du pergélisol aux variations du climat. Un grand changement a été constaté dans les profondeurs de dégel dans la région de Churchill en 1999. Les années précédentes, les profondeurs de dégel l'été et l'hiver étaient inférieures à 0,8 m la plupart des années, et ont subitement dépassé 3 m en 1999. Les degrés-jours de fonte et de gel montrent que cette forte augmentation de la profondeur de dégel a été déclenchée par les étés chauds qui ont précédé et un changement vers des hivers plus doux.

Ce réseau continuera de surveiller les changements du pergélisol comme indicateurs du changement climatique et d'appuyer l'infrastructure construite dans le Nord canadien pour garantir le bien-être socioéconomique des habitants du Nord.



Mesures de l'épaisseur de la couche de dégel en hiver et en été, à Churchill (Manitoba), pour la période 1970 – 2003.

ÉTUDE GEWEX DU MACKENZIE (MAGS)

Les réserves d'eau douce du Canada sont parmi les plus vastes du monde. Le Mackenzie est la plus vaste source nord-américaine d'apport d'eau douce dans l'océan Arctique, ce qui exerce une influence profonde sur la circulation dans les océans mondiaux et le climat à long terme.

Le bassin du Mackenzie s'étend depuis la Cordillère canadienne jusqu'au Bouclier canadien, et depuis les Prairies jusqu'à la toundra. Une forte tendance au réchauffement est constatée dans cette région. De plus, l'étude MAGS a montré que les événements de réchauffement hivernal extrême ont été plus fréquents que jamais dans le bassin du Mackenzie ces dernières années. Le changement climatique peut modifier la nature des ressources hydriques de cette région. Étant donné que les cours d'eau et les lacs du Nord sont d'importantes artères de transport, les changements du niveau de l'eau peuvent également avoir de profondes répercussions sur les activités socioéconomiques dans le bassin.

Lorsque les responsables du Programme mondial de recherches sur le climat de l'Organisation météorologique mondiale ont lancé l'Expérience mondiale sur les cycles de l'énergie et de l'eau (GEWEX) en 1988, la contribution du Canada a été d'étudier un bassin hydrographique nordique pour repousser les frontières du savoir sur les régions de climat froid.

Des chercheurs canadiens venus de plus de 30 groupes de recherche du gouvernement et du milieu universitaire ont conjugué leurs efforts pour mesurer et modéliser les cycles atmosphériques et hydrologiques du bassin du Mackenzie. Cette recherche concertée, à laquelle on a donné le nom d'étude GEWEX du Mackenzie ou MAGS, a exposé pour la première fois les cycles de l'énergie et de l'eau du bassin.

Les objectifs de MAGS sont de comprendre et de modéliser les cycles de l'eau et de l'énergie à haute latitude qui jouent un rôle dans le système climatique, et d'améliorer notre capacité d'évaluer les changements des ressources hydriques du Canada qui sont liés au climat. MAGS est une étude à long terme (1996-2005) en plusieurs phases qui a des composantes de surveillance et de modélisation. La Direction générale des sciences atmosphériques et climatiques et la région des Prairies et du Nord du SMC ont fait d'importantes contributions à l'étude, dont voici quelques résultats :

- La Direction de la recherche climatologique du SMC, en collaboration avec des scientifiques de l'INRE et de l'université de Waterloo, a élaboré un modèle couplant l'atmosphère, la surface terrestre et l'hydrologie pour des applications aux ressources hydriques et d'autres applications de recherche dans des environnements nordiques et tempérés.
- MAGS a considérablement amélioré nos connaissances de certains processus climatiques nordiques importants mais mal compris jusqu'ici, comme l'évaporation à la surface de la neige et des lacs nordiques. Des chercheurs de centres météorologiques canadiens et étrangers utilisent présentement ces connaissances, de même que les données recueillies sur le terrain par MAGS, pour améliorer les modèles de prévision climatologique et météorologique.
- Des scientifiques de la Région des Prairies et du Nord du SMC étudient les bilans énergétiques et les régimes thermiques de plusieurs lacs subarctiques du Bouclier canadien de tailles très diverses, allant de petits étangs au Grand lac des Esclaves.
- L'université McMaster et la Société d'énergie des Territoires du Nord-Ouest ont formé un partenariat et, conjointement avec MAGS, mènent des études sur le terrain qui portent sur les processus de génération d'eaux de ruissellement dans la partie subarctique du Bouclier canadien. Les scientifiques introduiront les résultats de ces études dans des modèles hydrologiques, ce qui améliorera les prévisions à court et à long terme de l'écoulement fluvial de nombreux cours d'eau du Bouclier canadien, et est important pour la production d'hydroélectricité et l'approvisionnement en eau.
- Une équipe de scientifiques de la Région des Prairies et du Nord du SMC, du Service canadien des forêts et de l'université McGill se concentre sur le rôle des orages dans



le cycle de l'eau et de l'énergie de l'écosystème boréal du bassin du Mackenzie. Les orages sont fréquents l'été et la foudre est la cause de la majorité des feux de forêt. Les résultats de cette étude, conjointement avec des scénarios de climat prévu, seront utiles pour évaluer les potentialités de feu de forêt dans la région.

Il n'y a pas de doute que MAGS sera durant de nombreuses années un élément clé dans la connaissance des impacts climatiques. Dans les années qui restent, les scientifiques de l'étude MAGS collaboreront avec les intervenants pour utiliser les connaissances acquises et élaborer des outils qui aideront à résoudre les problèmes liés aux ressources en eau et au climat dans le nord du Canada. Les méthodes et les outils de recherche élaborés par MAGS sont applicables à d'autres bassins hydrographiques au Canada et dans d'autres pays nordiques.



Scientifiques au travail sur le terrain au site météorologique de Snare River, pendant l'étude MAGS.

IMPACTS ET ADAPTATION

Étude d'impact sur le bassin du Mackenzie

En plus de vivre dans un environnement rude et isolé, les habitants du Nord sont également très vulnérables à la contamination chimique et aux effets des températures et des précipitations extrêmes associés au changement climatique. La recherche sur les impacts et l'adaptation est par conséquent essentielle à la santé et à la sécurité des collectivités nordiques du Canada.

Le SMC a participé à l'Étude d'impact sur le bassin du Mackenzie (EIBM), un programme de recherche en collaboration de six ans commencé en 1990 qui a mené à la publication en 1997 de l'Étude d'impact sur le bassin du Mackenzie. Le but de l'étude était d'examiner les impacts du changement climatique sur les terres, l'eau et les collectivités du Nord canadien. Le bassin du Mackenzie a été choisi parce que c'est une région qui devrait subir certains des plus importants impacts liés au changement climatique dans le monde, et parce que les modes de vie des résidents y sont étroitement liés aux ressources naturelles et au sol. Cette région a subi une importante élévation de température au cours des 50 dernières années.

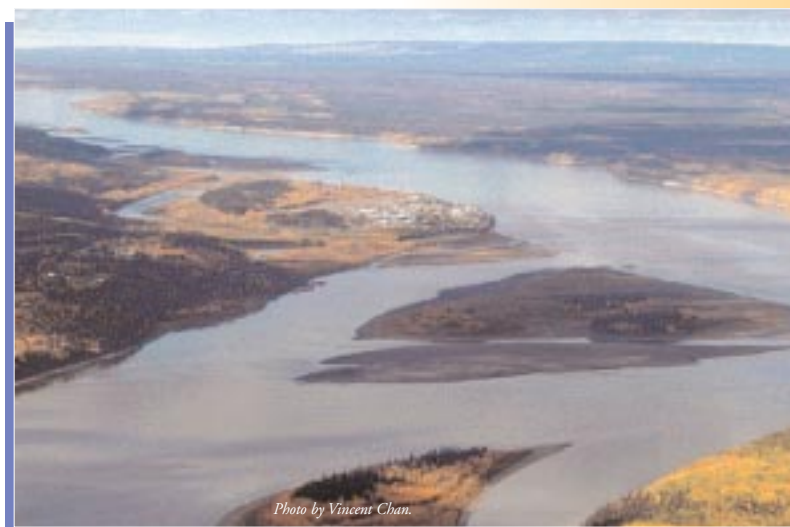
L'EIBM avait la particularité de rapprocher des scientifiques venant de nombreux horizons, et des intervenants allant de l'industrie aux organismes autochtones, à participer à une revue exhaustive des recherches. Les participants se sont concentrés sur l'importance des divers résultats des recherches pour les habitants et les collectivités du nord du Canada.

Au cours du projet, le niveau de participation s'est élevé, de même que la compréhension mutuelle entre les scientifiques, les décideurs et le public.

Les résultats de l'étude indiquent que les impacts les plus probables du changement climatique sur les terres, l'eau et les collectivités du Nord canadien seront :

- une baisse du niveau minimum des lacs
- une plus grande érosion et des glissements de terrain plus nombreux résultant du dégel du pergélisol
- une augmentation des dangers de feu de forêt et de parasites forestiers
- des dangers pour les modes de vie autochtones
- des impacts mixtes sur l'accès aux animaux sauvages
- des avantages potentiels pour l'agriculture résultant d'une plus grande période de croissance si on étend les services d'irrigation

Une évaluation intégrée des impacts du changement climatique et de l'adaptation connexe exige un partenariat à long terme entre les scientifiques et les intervenants à toutes les étapes du processus de recherche. Les résultats de l'étude ont sensibilisé les décideurs au changement climatique partout dans le monde.



Fort Simpson, ville pittoresque du bassin du Mackenzie.

Photo by Vincent Chan.

La cryosphère

SUIVI DE LA NEIGE ET DE LA GLACE

La cryosphère est la partie du système climatique qui est constituée des masses de glace et des dépôts de neige, y compris les nappes glaciaires, les calottes glaciaires et les glaciers, la glace de mer, la couverture nivale, les glaces lacustre et fluviale, et le gélisol saisonnier et le pergélisol.

La cryosphère est l'une des plus importantes caractéristiques de l'environnement physique et biologique du Canada, dont la plus grande partie subit plusieurs mois de couverture nivale chaque hiver, plus de la moitié est couverte par la zone de pergélisol, et une grande partie des eaux navigables est perturbée par les glaces. De plus, nos masses de glace terrestre forment la plus grande couverture de glace permanente de l'hémisphère nord à l'extérieur du Groenland. Dans la Cordillère nord-américaine, les glaciers sont une composante importante du système hydrologique des montagnes.

Il est nécessaire de surveiller et de comprendre la cryosphère pour étudier des questions scientifiques importantes comme la contribution des glaciers et de la nappe glaciaire à l'élévation du niveau de la mer, et obtenir une meilleure représentation des processus et rétroactions cryosphériques dans les modèles climatiques et hydrologiques. Il y a également des besoins internes permanents de surveiller la cryosphère au Canada pour la prise de décisions, et comprendre sa réaction au réchauffement et les

impacts qu'elle aura sur nos écosystèmes et notre économie. Cette dernière est particulièrement importante parce qu'une vaste gamme d'activités au Canada est sensible au changement des éléments cryosphériques (p. ex. agriculture, transports, construction, exploitations minières, exploration pétrolière en mer, loisirs).

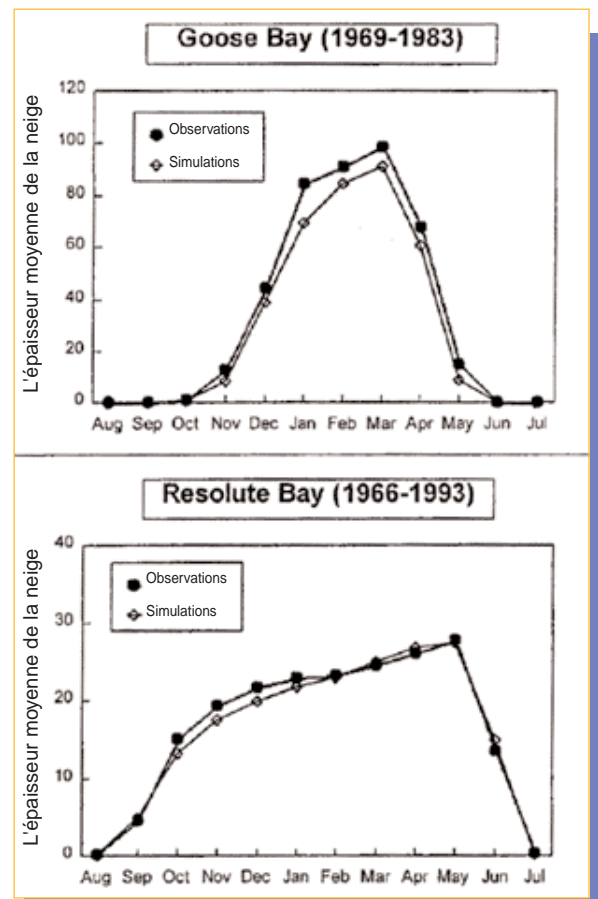


Le SMC joue un rôle important dans la surveillance de la cryosphère canadienne par des observations de la couverture nivale, de la glace de mer et de la glace lacustre, et par une représentation améliorée de la cryosphère dans les modèles de prévision météorologique et les modèles climatiques. De plus, le SMC est le chef de file du réseau CRYSYS (voir ci-dessous) qui appuie les travaux de R-D visant à surveiller et à mieux comprendre la variabilité et le changement de la cryosphère canadienne.

Mesures de terrain de la couverture de neige.

Mesures par satellite de la couverture nivale de la toundra canadienne

La profondeur et l'étendue de la couverture nivale varient considérablement et dépendent de facteurs comme la fréquence et l'intensité des chutes de neige, des conditions météorologiques entre ces événements, de la redistribution par le vent, de la topographie de la surface et de la couverture végétale. Il est onéreux et fastidieux de mesurer la couverture nivale par les méthodes classiques à cause de la grande étendue et des variations spatiales de la couverture nivale du Nord du Canada. Des estimations exactes de la couverture nivale de la toundra sont nécessaires pour les prévisions opérationnelles de poudrière élevées, pour quantifier le stockage de l'eau l'hiver et pour étudier les tendances climatologiques. Cette information est particulièrement importante avec la rapide expansion des activités d'exploration minière dans le Nord. Étant donné que les mesures quotidiennes régulières de l'épaisseur de la neige sont concentrées dans des régions sous la latitude de 55 °N, les scientifiques sont en train d'élaborer des techniques de télémessure dans le but d'améliorer la représentation spatiale des mesures de la couverture nivale aux latitudes plus élevées.



Comparison des observations et des simulations de l'épaisseur mensuelle moyenne de la neige à deux sites de zones aux climat de neige différents – Goose Bay (taïga – ouverte) et Resolute Bay (toundra); R. Brown.

Des capteurs hyperfréquence passifs satellisés ont démontré qu'ils peuvent cartographier dans toutes les conditions météorologiques l'**équivalent en eau de la neige** pour des types particuliers de couverture terrestre, bien que l'élaboration des algorithmes d'extraction doive être validée en comparant les résultats à des mesures sur le terrain.

La Direction de la recherche climatologique du SMC a récemment terminé un programme important de cartographie de la neige avec des enquêteurs venus de l'université Wilfrid Laurier. Ce programme a été mené en hélicoptère et en motoneige entre le 27 avril et le 10 mai 2004; on y a mesuré la couverture nivale et la glace lacustre à environ 225 sites au voisinage de la Station de recherche sur l'écosystème de la toundra du lac Daring, à 300 km au nord de Yellowknife. Les données de cette étude aideront les scientifiques à élaborer et à évaluer des méthodes utilisant des capteurs hyperfréquence passifs satellisés pour surveiller la couverture nivale de la toundra.

Les scientifiques du SMC ont prévu une étude de suivi pour avril 2005; celle-ci inclura l'acquisition de données de radiomètres hyperfréquence aéroportés et installés au sol. Un certain nombre d'organismes privés et publics collaborent et contribuent à ce projet, dont le Réseau canadien de l'eau, le MAINC, le gouvernement des Territoires du Nord-Ouest, l'Étude du plateau continental polaire, NWT Power et BHP Billiton.

SYSTÈME CRYOSPHERIQUE DU CANADA (CRYSYS)

CRYSYS (ou CRYosphere SYStem) est un projet de recherche scientifique interdisciplinaire, dirigé par le Canada, qui fait partie du programme d'observation de la Terre de la NASA. CRYSYS vise principalement à développer les capacités qui permettent de suivre et de comprendre les fluctuations régionales et à grande échelle des composantes cryosphériques canadiennes (glace de mer, couverture nivale, glace d'eau douce, glaciers et calottes glaciaires, gélisol et pergélisol) et à parfaire les connaissances sur le rôle de la cryosphère dans le système climatique.

Dans le cadre du projet CRYSYS, le SMC recueille et analyse des ensembles de données cryosphériques historiques importantes pour appuyer la surveillance du climat et la validation des modèles climatiques. CRYSYS est un projet de recherche concerté auquel participent plus de 30 chercheurs de 14 universités, 6 groupes de recherche du gouvernement fédéral et le secteur privé. Le SMC a hébergé et financé CRYSYS depuis 1993. L'Agence spatiale canadienne (ASC) est devenue un partenaire financier important de CRYSYS en 2000 dans le cadre de son Programme des initiatives connexes du gouvernement. Le projet CRYSYS a développé et renforcé des partenariats scientifiques entre les ministères, l'Agence spatiale canadienne et les universités. Il a également permis aux scientifiques et aux organismes canadiens de conserver un leadership, des compétences et une visibilité dans le développement d'applications de systèmes satellisés pour étudier la cryosphère et ses réactions au changement climatique.

Les principales contributions de recherche du SMC à l'étude CRYSYS sont dues à la Direction générale des sciences atmosphériques et climatiques et au Service canadien des glaces. On trouvera ci-dessous des exemples récents de contributions de recherche du SMC à l'étude CRYSYS dans les domaines de la surveillance du climat, des applications de systèmes satellisés et de l'élaboration d'ensembles de données climatiques.



Chercheurs de CRYSYS prélevant une carotte de glace à Churchill (Manitoba).

Surveillance du climat :

- études au moyen d'aéronefs ou sur le terrain dans des régions nordiques (p. ex. zones de transition entre le nord de la forêt boréale et la toundra au Manitoba et dans les Territoires du Nord-Ouest) pour vérifier les déterminations passives de l'équivalent en eau de la neige par des capteurs hyperfréquence installés à bord de satellites (collaboration avec Hydro-Manitoba et NWT Power à l'appui d'applications à l'hydroélectricité);
- exportation de plusieurs stations climatologiques à des sites de surveillance du pergélisol du Nord canadien (Norman Wells, Churchill, Iqaluit) pour évaluer les effets de la variabilité climatique sur le pergélisol.

Applications de systèmes satellisés :

- élaboration de techniques pour déterminer la vitesse de déplacement de la glace de mer dans le bassin arctique et le flux de la glace de mer dans l'Atlantique Nord au moyen de radiomètres à balayage hyperfréquence de pointe;
- élaboration de méthodes améliorées de prévision des glaces de mer saisonnières dans la baie d'Hudson à l'appui de la navigation commerciale;
- élaboration d'une documentation sur la variabilité des processus de prise et de dislocation de la glace lacustre dans les grands lacs du nord du Canada au moyen de données de détection hyperfréquence passive par satellite.

Élaboration d'ensembles de données climatiques :

- fusion d'informations obtenues par satellite et en surface sur l'équivalent en eau de la neige dans le centre de l'Amérique du Nord pour obtenir une information continue à partir de 1915;
- élaboration d'un ensemble de données maillé sur la neige de l'Amérique du Nord pour évaluer le modèle de circulation générale (MCG) du SMC en collaboration avec le Centre météorologique canadien;
- analyse et correction des inhomogénéités des cartes de glace de mer historiques.

CRYSYS fournit une information à jour et cohérente sur la cryosphère au Canada au public et aux décideurs par le truchement du Canadian Cryospheric Information Network (CCIN <http://www.ccin.ca>), qui a été créé en partenariat avec l'université de Waterloo, et du site Web « État de la cryosphère au Canada » (<http://www.socc.ca>), qui est tenu à jour par le CCIN. On trouvera d'autres informations sur CRYSYS à l'adresse <http://www.crysys.ca>.

ÉTUDE DU SYSTÈME CLIMATIQUE DE L'ARCTIQUE (ACSYS)

L'Étude du système climatique de l'Arctique (ACSYS) a été un Programme mondial de recherches sur le climat (PMRC) de dix ans, qui a commencé le 1er janvier 1994, pour étudier le rôle de l'Arctique dans le système climatique planétaire.

Bien que l'ACSYS se soit terminée officiellement en décembre 2003, un certain nombre de ses initiatives ont été transférées au programme Climat et cryosphère (CliC)



Cours d'eau du Nord canadien.

du PMRC qui a été lancé en 2000. L'ACSYS a eu 241 participants de 20 pays différents, les scientifiques du SMC jouant des rôles clés dans la recherche et dans l'organisation de l'étude.

Le but de l'ACSYS était d'élaborer et de coordonner des activités scientifiques nationales et internationales dans l'Arctique ayant les trois objectifs principaux suivants :

- comprendre les interactions entre la circulation, la couche de glace et le cycle hydrologique dans l'océan Arctique;
- lancer des programmes à long terme de recherche et de surveillance liés au climat dans l'Arctique;
- fournir une base scientifique à une représentation précise des processus arctiques dans les modèles du climat planétaire.

À titre d'organisme chef de file, le SCM a fait des contributions substantielles au groupe d'expérimentation numérique, au groupe de gestion des données et de l'information, et au groupe directeur scientifique de l'ACSYS, ainsi qu'au comité organisateur de la dernière conférence de l'ACSYS. Le SMC a également offert son expertise et son leadership aux activités scientifiques de l'ACSYS, comme le Projet de comparaison des modèles de glaces de mer (PCMGM), le projet de comparaison de modèles arctiques 2e du Projet de comparaison des schémas de comparaison de la surface terrestre, et le logiciel d'animation utilisé pour mieux comprendre la dynamique des glaces de mer et le transport des glaces dans les régions polaires. Le SMC fait également d'importantes contributions à l'International Arctic Buoy Program (IABP). La participation du SMC au PCMGM se poursuit dans le cadre du projet CliC. Pour de plus amples renseignements, visiter le site Web de l'ACSYS à <http://acsys.npolar.no>.

PROJET CLIMAT ET CRYOSPHERE (CLIC)

Le Programme mondial de recherches sur le climat (PMRC) a créé le projet Climat et cryosphère (CliC) en mars 2000. CliC est un programme de 15 ans qui s'appuie sur les initiatives de l'ACSYS (laquelle s'est terminée en 2003), mais a une portée beaucoup plus étendue.

Les recherches effectuées dans le cadre du projet CliC visent toute la cryosphère (c.-à-d. couverture nivale; glaces marine, lacustre et fluviale; glaciers et nappes glaciaires; calottes glaciaires et plates-formes de glace flottante; gélisol et pergélisol) et son lien avec le climat. Le but principal du projet CliC est d'évaluer et de quantifier les impacts de la variabilité et du changement climatique sur les composantes de la cryosphère, et de déterminer la stabilité de cette dernière.

Au cours des deux dernières décennies, les Canadiens ont vu de grands changements dans l'état de la neige, de la glace et du pergélisol au Canada. Il y a moins de neige sur le sol, la neige et la glace fondent plus tôt au printemps, l'étendue de la glace de mer arctique s'est rétrécie considérablement, les glaciers de montagne reculent rapidement, de grandes étendues de pergélisol dégèlent et d'importantes formations de glace se désintègrent. Ces changements ont non seulement des impacts importants pour le Canada (p. ex. un danger pour la quantité et la qualité de l'eau), mais influent également sur le système climatique planétaire par des liens et des réactions, comme un transfert accru d'eau douce vers l'océan Arctique.

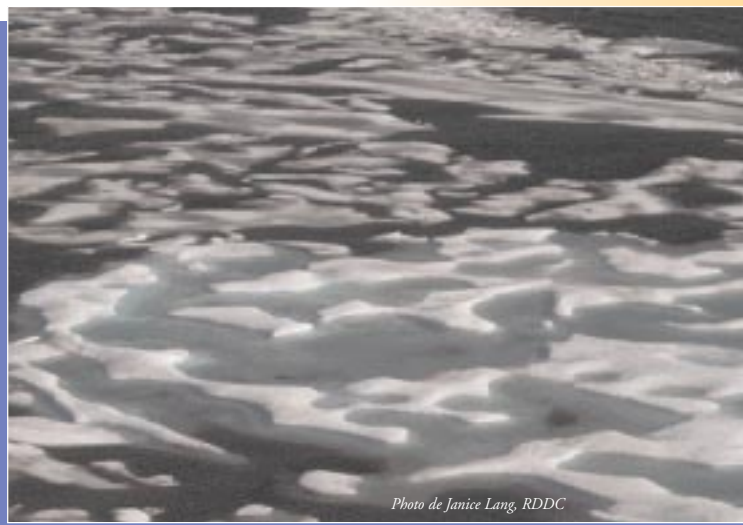


Photo de Janice Lang, RDDC

Le projet CliC mobilise la communauté des chercheurs canadiens afin qu'elle adopte une approche multidisciplinaire intégrée dans la science de la cryosphère au Canada. Cette approche est cruciale pour comprendre et modéliser ce qui se passe dans des régions comme la baie d'Hudson, où le climat est sous l'influence d'interactions complexes entre le ruissellement d'eau douce, la circulation océanique et la circulation atmosphérique. Un comité spécial CliC Canada a été créé en 2003 pour faire la promotion du projet CliC au Canada et élaborer un plan national pour l'étude. Le SMC fournit les services de secrétariat au comité et a organisé le premier atelier de CliC Canada en décembre 2003.

Le SMC joue également un important rôle de meneur dans le programme CliC international en fournissant le président du groupe directeur scientifique, ainsi que le leadership pour la Phase II du Projet de comparaison des modèles de glaces de mer, et la Phase II du Projet de comparaison des modèles de neige. Les scientifiques du SMC participeront également au projet CliC par :

- une validation des estimations obtenues par satellite de l'équivalent en eau de la neige de la toundra
- des estimations du transfert de glace et d'eau douce par l'archipel Arctique canadien
- des ensembles de données sur la neige pour la surveillance du climat et l'évaluation des modèles
- des ensembles de données sur la glace de mer pour la surveillance du climat et l'évaluation des modèles
- l'observation et la modélisation des processus sur surface froide et des flux de carbone dans la forêt boréale au supersite de recherche et de surveillance sur les écosystèmes boréaux (« BERMS ») appuyé par le SMC.

Étude de la circulation dans l'archipel canadien (CATS)

L'étude de la circulation dans l'archipel canadien (CATS) est une étude internationale de cinq ans qui groupe des scientifiques canadiens et américains dans le but de suivre simultanément pour la première fois le transfert de la glace de mer et de l'eau douce de l'océan Arctique à l'Atlantique Nord à travers les îles de l'Arctique canadien. Le transfert d'eau douce par l'océan Arctique est un processus important qui influe sur la circulation du système océanique planétaire et, par conséquent, sur le climat planétaire.

L'étude utilisera des instruments captifs sur l'océan, des données de télédétection par satellite, des analyses chimiques et une modélisation de l'atmosphère pour déterminer la quantité et l'origine de cette eau douce. Une grande partie des instruments a été installée durant l'expédition de 2003 dans le détroit de Nares (entre le nord de l'île d'Ellesmere et le Groenland) à bord du navire Healy de la garde côtière des États-Unis.

Des scientifiques du SMC sont en train d'élaborer une méthode permettant d'utiliser des données hyperfréquence obtenues par satellite pour évaluer le transport de la glace de mer. Les satellites donnent une représentation spatiale plus exacte du mouvement de la



Prélèvement d'un échantillon d'eau par un équipage de la Garde côtière canadienne à bord du Zodiac2 – avec l'aimable autorisation de la Garde côtière canadienne.

glace de mer dans les principales voies de navigation de l'archipel Arctique que les instruments captifs in situ à la surface de l'océan. Quand elle sera au point, cette approche fournira les estimations les plus fiables du transport de la glace de mer de l'océan Arctique à l'Atlantique Nord.

Cette étude est financée par la National Science Foundation (NSF) des États-Unis ainsi que par le gouvernement canadien par l'intermédiaire du SMC et du ministère des Pêches et Océans. L'information obtenue grâce à l'étude profitera aux programmes du changement climatique planétaire du Canada et des États-Unis et au programme Climat et cryosphère (CliC).

ÉTUDE SUR LA PLATE-FORME ARCTIQUE CANADIENNE (CASES)

Le réseau de l'étude sur la plate-forme arctique canadienne (CASES) regroupe plus de 70 experts en sciences polaires venant de dix universités canadiennes, quatre ministères fédéraux (Pêches et Océans, Environnement Canada, Ressources naturelles Canada et Défense nationale) et neuf pays étrangers (États-Unis, Japon, Royaume-Uni, Danemark, Russie, Pologne, Norvège, Belgique et Espagne).



Hélicoptère et brise-glace de la Garde côtière canadienne pendant une campagne d'échantillonnage CASES de l'écosystème de la plate-forme Mackenzie dans la mer de Beaufort.

L'objectif principal de l'étude est l'échantillonnage à longueur d'année de l'écosystème de la plate-forme du Mackenzie dans la mer de Beaufort. L'étude s'est déroulée en deux phases, une expédition préliminaire de cinq semaines d'août à septembre 2002 pour ancrer les instruments à des emplacements clés, qui a été suivie par l'hivernage d'un brise-glace sur la plate-forme du Mackenzie de septembre 2003 à août 2004. La Garde côtière canadienne a fourni l'expertise administrative, logistique et maritime pour exploiter les brise-glaces de recherche au cours du projet.

Afin d'aider à la préparation de la proposition initiale pour l'étude, le Service canadien des glaces (SCG) du SMC a fourni au projet CASES une information climatologique sur la glace pour la zone d'étude proposée. Le SCG a également fourni à l'équipe une information cruciale sur la faisabilité de l'hivernage d'un navire dans la zone d'étude, ainsi que l'information nécessaire pour déterminer si la condition des glaces permettrait d'établir durant l'hiver des transects dans la polynie de séparation (une ouverture non linéaire enclose dans la glace et limitée sur un côté par de la glace fixée). Le SCG a également joué un rôle critique pour déterminer l'emplacement optimal de déploiement de brise-glaces et a fourni des renseignements à l'équipe sur la dislocation printanière de la glace.

Quand l'Amundsen a quitté Québec le 13 septembre 2003, un spécialiste des glaces du SCG était à bord pour fournir des informations sur les glaces au navire à des fins opérationnelles au moyen d'images Radarsat et de cartes des glaces produites quotidiennement par le SCG. Le spécialiste est resté à bord jusqu'au 2 novembre 2003 quand le navire a été immobilisé par les glaces. Durant l'hiver, des cartes des glaces mensuelles ont été transmises au navire pour surveiller le pack en solidification.

Le SCG a également fait partie du sous-groupe des glaces de mer de CASES. Le groupe scientifique s'est concentré sur la validation des signatures hyperfréquence de la glace de mer dans la zone d'étude de CASES. Avec l'université de Calgary et l'université du Manitoba, un spécialiste technique du SCG a aidé les scientifiques de CASES à élaborer, à tester et à déployer deux diffusiomètres de surface d'avant-garde. Ces instruments ont servi à améliorer les cartes de la glace de mer avec des données RADARSAT-2. Le spécialiste technique du SCG a travaillé à bord du brise-glace.

Conjointement avec CASES, la Division scientifique de la Région des Prairies et du Nord du SMC a fourni aux chercheurs diverses données climatologiques pour la zone d'étude sur le terrain et a contribué au programme d'observation aérologique en fournissant des radiosondes et des ballons à l'expérience. La Division scientifique a également fourni des images satellitaires spécialisées pour le site et travaillé en collaboration avec l'université de l'Alberta dans une expérience sur le terrain d'une durée de six semaines.

Le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie (CRSNG) et la Fondation canadienne pour l'innovation (FCI) financent largement l'étude CASES. Les scientifiques qui participent à l'étude s'intéressent à tous les aspects de l'écosystème de la plate-forme du Mackenzie, allant du dioxyde de carbone dans l'atmosphère aux ours blancs. En particulier, CASES se concentre sur les impacts du réchauffement climatique sur les processus biologiques et physiques de l'écosystème de la plate-forme du Mackenzie.

ARCTICNET

ArcticNet est un projet des Réseaux de centres d'excellence (RCE) du Canada. Des partenaires effectueront des études d'impact régionales intégrées dans les régions marines côtières de l'Arctique canadien de 2003 à 2008. ArcticNet contribuera aux connaissances nécessaires pour formuler les politiques et les stratégies d'adaptation concernant les collectivités côtières de l'Arctique. Le réseau est centré sur un brise-glace de recherche nouvellement adapté, l'*Amundsen*, qui est une plate-forme unique pour effectuer des travaux de recherche multidisciplinaires dans l'Arctique canadien. Des chercheurs d'ArcticNet collaborent avec des équipes de recherche des États-Unis, du Japon, du Danemark, de Suède, de Norvège, de Pologne, du Royaume-Uni, d'Espagne, de Russie, du Groenland et de France.

Le SMC procure un leadership au projet ArcticNet par sa présence au sein du conseil d'administration. Le réseau a présentement plus de 20 projets organisés selon les quatre thèmes de recherche suivants :

- Impacts du changement climatique dans l'Extrême-Arctique canadien : une étude comparative le long du gradient est-ouest des conditions physiques et sociétales.
- Les aliments, l'eau et les ressources dans le gradient thermique nord-sud mouvant de l'est de l'Arctique canadien terrestre.
- Gestion du plus grand bassin hydrographique canadien dans un nouveau climat : interactions terre-océan dans la partie subarctique de la baie d'Hudson.
- Adaptation au changement dans l'Arctique canadien : transfert de connaissances, politiques et stratégies.

Météorologie et hydrologie

LABORATOIRE NATIONAL D'HYDROMÉTÉOROLOGIE ET DE L'ARCTIQUE DU SMC

Le SMC est en train de créer le Laboratoire d'hydrométéorologie de l'Arctique (LHA) à Edmonton, qui sera co-implanté avec son Centre de prévision des tempêtes pour les Prairies et l'Arctique. Ce laboratoire national se concentrera sur les sciences appliquées portant sur les événements hydrométéorologiques et les phénomènes météorologiques arctiques à fortes incidences, et transférera cette recherche appliquée à des opérations. Ce laboratoire s'occupera de ces types d'événements météorologiques à fortes incidences dans tout le pays. La co-implantation du LHA et du Centre de prévision des tempêtes offrira au personnel scientifique et opérationnel des possibilités de discuter entre eux et de demander conseil sur des questions scientifiques opérationnelles.

Laboratoire d'hydrométéorologie

Reconnaissant l'expertise en hydrologie de l'Institut national de recherche sur les eaux (INRE) de Saskatoon et de la Division des relevés hydrologiques du Canada ainsi que l'expérience en météorologie du SMC, et collaborant avec ces organismes, le LHA se concentrera sur les deux thèmes suivants :

1. Applications météorologiques d'appui à l'hydrologie
 - validation des estimations quantitatives des précipitations (EQP) obtenues par radar
 - études sur les précipitations
 - modélisation couplée
 - études sur les précipitations appréciables
2. Rétroaction des clients à l'INRP (Saskatoon) et à d'autres laboratoires nationaux du SMC
 - applications hydrologiques pour résoudre les problèmes de gestion des ressources en eau
 - opérationnalisation des recherches élaborées à l'INRP (Saskatoon), dans les universités, etc.
 - modélisation hydrologique

Laboratoire de l'Arctique

Le laboratoire de l'Arctique cherchera à obtenir une meilleure compréhension et une meilleure prévision des phénomènes météorologiques à fortes incidences qui touchent les habitants des grandes latitudes du Canada. Les thèmes de recherche identifiés par la communauté des clients comprennent entre autres :

- des études sur les blizzards et les poudreries
- la prévision des vents
- la télédétection
- la modélisation mésoéchelle

Un exemple d'une nouvelle initiative de modélisation mésoéchelle régionale au LHA est exposé ci-dessous.



Photo de Janice Lang, RDDC

MODÉLISATION MÉSOÉCHELLE DE PHÉNOMÈNES ATMOSPHÉRIQUES DANS L'ARCTIQUE

Dans de nombreuses collectivités de l'Arctique, une bonne prévision des vents est cruciale pour prévoir de nombreux autres éléments météorologiques. Par exemple, la température et la formation de brouillard sont toutes deux très sensibles à la direction du vent dans les collectivités côtières, et les poudreries et les blizzards dépendent de façon critique de la vitesse du vent. Dans le Nord, de nombreuses collectivités se trouvent dans des régions à topographie complexe, près de montagnes et de fjords profonds. Étant donné que les observations sont clairsemées dans le Nord (dans l'Arctique, les sites sont espacés par plusieurs centaines de kilomètres), l'effet de la topographie sur les vents de surface est souvent inconnu. De même, à de nombreuses stations le comportement du vent est mal compris, ou prévu incorrectement par les modèles opérationnels. Par exemple, à Resolute Bay au Nunavut, en quelques minutes on peut passer de vents du nord légers à des vents du nord-est moyens ou forts.

Les modèles mésoéchelle à haute résolution peuvent donner aux prévisionnistes une vue représentative de l'écoulement du vent à la surface et en altitude dans une région de faible étendue. Ces modèles permettent aux prévisionnistes de visualiser la configuration de l'écoulement dans des régions à topographie complexe. Le passage en machine de ces modèles à haute résolution exige cependant de nombreuses heures de traitement informatique, de sorte qu'ils ont peu d'utilité pratique et sont trop onéreux sur une base opérationnelle. Malgré cela, ils peuvent fournir des informations précieuses aux prévisionnistes dans les études de cas.

Des chercheurs du LHA, conjointement avec des chercheurs de la RPN, ont planifié des études de cas dans diverses collectivités de l'Arctique pour étudier divers régimes météorologiques. Les scientifiques utiliseront une version à haute résolution du GEM (modèle global environnemental multiéchelle des prévisions météorologiques numériques) à mailles de 2,5 km de côté. Les résultats du modèle serviront de base à des notes de formation qui montreront graphiquement les configurations de circulation créées à la surface par les régimes météorologiques et caractéristiques de surface dominants. Les prévisionnistes pourront utiliser ces connaissances conceptuelles pour reconnaître et mieux prévoir les vents sur une base opérationnelle afin de produire des avertissements météorologiques plus précis visant à protéger les résidents du Nord. L'utilisation de données satellitaires dans le Nord a également amélioré les prévisions météorologiques.



Étude des impacts des dangers météorologiques sur les collectivités locales

Des chercheurs du Laboratoire de l'Arctique de la Région des Prairies et du Nord du SMC collaboreront avec l'université McGill et d'autres directions du SMC (la Direction de la recherche météorologique et le Service canadien des glaces) dans un prochain projet ArcticNet. Ce projet vise à accroître les capacités de prévision des dangers météorologiques et connexes dans l'Arctique. L'étude évaluera les impacts de ces dangers météorologiques sur les collectivités locales et prédira comment la fréquence de ces événements dangereux changera avec le climat.

Afin de progresser dans ces questions cruciales, le projet proposé se concentrera sur les événements météorologiques extrêmes au Nunavut. Dans l'Arctique canadien, les établissements permanents se trouvent surtout dans les régions côtières qui, pour la plupart, contiennent des falaises escarpées, des collines et des montagnes. Le but du projet est de déterminer la nature générale des tempêtes d'hiver au Nunavut, et la façon dont elles dépendent de la topographie locale et des transitions terre-mer. Cette étude se concentrera sur les collectivités d'Iqaluit de l'île de Baffin et du lac Baker.

La Région des Prairies et du Nord du SMC a présenté un certain nombre de propositions de recherche pour l'API qui vient, dont un modèle de fréquence des incendies qui aidera à élargir les capacités actuelles de prévision de la foudre, et des programmes d'évaluation et de surveillance de la densité de la neige dans l'Arctique.



La petite collectivité de Cape Dorset.

Prévisions météorologiques à grand impact – Expérience sur le terrain en Arctique THORPEX

Le but de l'expérience THORPEX est d'accélérer l'amélioration de la précision des prévisions météorologiques à grand impact sur 1 à 14 jours dans les parties du monde sous l'influence des régions polaires. L'amélioration des prévisions planétaires est un avantage pour la société et l'économie à l'échelle mondiale. THORPEX est une initiative du Programme de recherches atmosphériques globales de l'Organisation météorologique mondiale.

THORPEX sera la composante météorologique des activités de l'Année polaire internationale qui s'en vient. Le projet visera des phénomènes météorologiques particuliers, comme l'impact des perturbations arctiques sur le temps en Europe, et l'effet des courants extrêmes sortant de l'océan Arctique sur le temps en Asie et en Amérique du Nord. De plus, THORPEX contribuera à améliorer l'utilisation des données sur les hautes latitudes obtenues par satellite et sur place grâce à ses divers programmes d'assimilation de données, et participera à des études régionales sur le terrain associées aux activités de l'API.

Au SMC, le meneur du projet est la Direction de la recherche météorologique de la Direction générale des sciences atmosphériques et climatiques, mais il y aura également des collaborateurs venant de la Direction générale de la prévision de l'environnement atmosphérique, de la Direction générale de l'observation atmosphérique et des relevés hydrométriques et de la Région du Pacifique et du Yukon.

Prévision des écoulements fluviaux

La surveillance des écoulements fluviaux dans le nord du Canada est clairsemée comparativement à l'étendue de la région à surveiller. Des méthodes sûres sont nécessaires pour extrapoler avec précision les écoulements fluviaux mesurés entre des bassins jaugés et des régions non jaugées. En réponse à un développement industriel en croissance, des scientifiques de la Région des Prairies et du Nord (RPN) du SMC travaillent présentement à un projet visant à prévoir les caractéristiques d'écoulement fluvial dans les bassins non jaugés de la vallée du Mackenzie. Ce projet appuie les activités continues de planification des réseaux de la Division des relevés hydrologiques du Canada du SMC, et les évaluations environnementales des aménagements actuels et proposés concernant l'industrie et les transports dans la région.

Sites Internet connexes

Services et produits météorologiques du SMC

Canada	www.weatheroffice.ec.gc.ca
Nunavut	www.weatheroffice.ec.gc.ca/forecast/canada/index_f.html?id=NU
Territoires du Nord-Ouest	www.weatheroffice.ec.gc.ca/forecast/canada/index_f.html?id=NT
Yukon	www.weatheroffice.ec.gc.ca/forecast/canada/index_f.html?id=YK
Ontario	www.weatheroffice.ec.gc.ca/forecast/canada/index_f.html?id=ON
Québec	www.meteo.ec.gc.ca/forecast/canada/index_f.html?id=QC
Labrador	www.weatheroffice.ec.gc.ca/forecast/canada/index_f.html?id=NF

Foudre – Réseau canadien de détection de la foudre
www.weatheroffice.ec.gc.ca/lightning/index_f.html

Réseaux de surveillance maritime
www.weatheroffice.ec.gc.ca/marine/index_f.html

Information sur la glace de mer – Service canadien des glaces
www.ice-glaces.ec.gc.ca

Division des relevés hydrologiques du Canada
www.climate.weatheroffice.ec.gc.ca/rel_arch/index_f.html

Archives de données et de renseignements climatiques
www.climate.weatheroffice.ec.gc.ca/Welcome_f.html

Recherche atmosphérique, climatique, des glaces et d'hydrologie

Quatrième année polaire internationale
www.dfait-maeci.gc.ca/circumpolar/int_polar_year-en.asp

▼ Recherche atmosphérique

Alert 2000 – Expérience du lever du soleil polaire
www.msc-smc.ec.gc.ca/projects/alert2000/index_f.html

Programme des contaminants du Nord
www.ainc-inac.gc.ca/ncp/index_f.html

Base de données sur les rejets mondiaux de pesticides (GloPeRD)
www.msc.ec.gc.ca/data/gloperd

▼ Climat et changement climatique

Système mondial d'observation climatique
www.wmo.ch/web/gcos/gcoshome.html

Centre canadien de modélisation et d'analyse climatiques
www.cccma.bc.ec.gc.ca

Bulletin des tendances et des variations climatiques
www.msc-smc.ec.gc.ca/ccrm/bulletin

Étude GEWEX du Mackenzie (MAGS)
www.usask.ca/geography/MAGS

Étude des répercussions sur le bassin du Mackenzie
www.msc-smc.ec.gc.ca/airg/research_projects/mack_basinstudy/sum_results_f.cfm

Réseau canadien d'information cryosphérique (CCIN)
www.ccin.ca

État de la cryosphère canadienne
www.socc.ca

CRYSIS – SYStème CRYosphérique au Canada
www.msc-smc.ec.gc.ca/crysys

Étude sur le système climatique arctique (ACSYS)
www.acsys.npolar.no

Projet du climat et de la cryosphère (CliC)
www.clic.npolar.no

ArcticNet
www.arcticnet-ulaval.ca

▼ **Météorologie et hydrologie**

Thorpex
www.wmo.int/thorpex/mission.html

▼ **Évaluation**

Évaluation des répercussions sur le climat arctique
www.acia.uaf.edu

Ozone arctique
www.msc-smc.ec.gc.ca/education/arcticozone/index_f.cfm

Changement climatique et appauvrissement de la couche d'ozone : Comprendre les liens
www.msc-smc.ec.gc.ca/saib/ozone/docs/ozone_depletion/index_f.html

Glossaire

SIGLE (ANGLAIS/ FRANÇAIS, LE CAS ÉCHÉANT)

DÉSIGNATION EN TOUTES LETTRES

ACIA	Évaluation de l'impact du changement climatique dans l'Arctique
ACSD/DGSAC	Direction générale des sciences atmosphériques et scientifiques
ACSYS	Étude des systèmes climatiques de l'Arctique
AMAP/PSEA	Programme de surveillance et d'évaluation de l'Arctique
AMDAR	Programme de retransmission des données météorologiques d'aéronefs
AMWSD/DGOARH	Direction générale de l'observation atmosphérique et des relevés hydrologiques
AR/RA	Région de l'Atlantique
ATAD	Répondeur téléphonique automatisé
AWOS	Système automatisé d'observations météorologiques
CAPMoN/RCEPA	Réseau canadien d'échantillonnage des précipitations et de l'air
CASES	Étude sur la plateforme arctique canadienne
CATS	Étude de la circulation dans l'archipel canadien
CCCma/CCmaC	Centre canadien de la modélisation et de l'analyse climatique
CCG/GCC	Garde côtière canadienne
CFI/FCI	Fondation canadienne pour l'innovation
CIS/SCG	Service canadien des glaces
CLDN/RCDF	Réseau canadien de détection de la foudre
CLIC	Projet climat et cryosphère
CMAC/CMCA	Centre météorologique canadien pour l'aviation
CMAQ	Système de modélisation sur la qualité de l'air
CMC	Centre météorologique canadien
CRYSYS	Systèmes cryosphérique au Canada
CSA/ASC	Agence spatiale canadienne
DFO/MPO	ministère des Pêches et des Océans
DND/MDN	ministère de la Défense nationale
EC	Environnement Canada
EMR/EMR	Énergie, Mines et Ressources
GAW/VAG	Veille de l'atmosphère du globe
GCM/MCG	Modèle de circulation générale – parfois appelé Modèle climatique global
GCOS/SMOC	Système mondial d'observation du climat
GEM	Mercure élémentaire gazeux
GEM	Modèle global environnemental multiéchelle
GEWEX	Expérience mondiale sur les cycles de l'énergie et de l'eau
GloPerD	Base de données mondiale sur les rejets de pesticides
GNWT	Gouvernement des Territoires du Nord-Ouest

MGRMLA	Modèle global et régional des métaux lourds dans l'atmosphère
GSC/CGC	Commission géologique du Canada
GSN/RMS	Réseau mondial de surface
HAL	Laboratoire d'hydrométéorologie et de l'Arctique
HAWS/SMEA	Station météorologique de l'Extrême-Arctique
IAND/MAIN	ministère des Affaires indiennes et du Nord
IPCC/GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
IPY/API	Année polaire internationale
LWIS	Stations météorologiques à information limitée
MAGS	Études GEWEX du Mackenzie
MBIS	Étude d'impact sur le bassin du Mackenzie
MDE	Phénomènes d'épuisement de mercure
MSC/SMC	Service météorologique du Canada
NAV CANADA	Compagnie privée sans but lucratif chargée par délégation, par le gouvernement du Canada, de fournir des services à l'aviation civile (y compris des services météorologiques) au Canada.
NCE	Réseau de centres d'excellence
NCP	Programme d'étude des contaminants du Nord
NSF	Fondation nationale des sciences (É-U.)
NWS	National Weather Service (U.S.A.)
OASIS	Initiative multidisciplinaire internationale pour l'étude des interactions Océan-Atmosphère-Glace de mer-stock nival dans les régions polaires
OCP	Pesticides organochlorés
ODAS/SADO	Système d'acquisition de données océaniques
ODS/SACO	Substances appauvrissant la couche d'ozone
OGD	Autres ministères
OR/RO	Région de l'Ontario
P&Y/PetY	Région du Pacifique et du Yukon
PCSP	Plateau continental polaire
PNR/RPN	Région des Prairies et du Nord
POPs/POP	Polluants organiques persistants
QR/RQ	Région du Québec
RHBN	Réseau hydrométrique de référence
SGPERM	Modèle maillé simplifié des émissions et des résidus de pesticides
SPC	Centre de prévision des tempêtes
SWE	Équivalent en eau de la neige
UTC	Constante du temps universel
UV	Ultraviolet
VOS	Programme des navires bénévoles
WCRP/PMRC	Programme mondial de recherches sur le climat
WDCGG/CMDGS	Centre mondial de données relatives aux gaz à effet de serre -- OMM
WMO/OMM	Organisation météorologique mondiale
WSD	Division des relevés hydrologiques