

Au-delà du point de rupture?

Pourquoi le Canada doit avoir une solide infrastructure de recherche gouvernementale pour faire face aux menaces environnementales comme le changement climatique, la pollution atmosphérique et les temps violents

AU-DELÀ DU POINT DE RUPTURE?



**POURQUOI LE CANADA DOIT AVOIR UNE SOLIDE INFRASTRUCTURE
DE RECHERCHE GOUVERNEMENTALE POUR FAIRE FACE AUX MENACES
ENVIRONNEMENTALES COMME LE CHANGEMENT CLIMATIQUE, LA
POLLUTION ATMOSPHERIQUE ET LES TEMPS VIOLENTS**

« Le rôle du gouvernement est de représenter l'avenir dans le temps présent. »

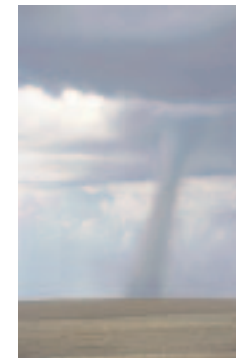
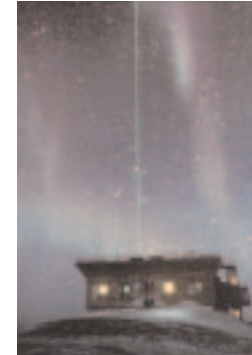


Lester Thurow

Massachusetts Institute of Technology

TABLE DES MATIÈRES

| | |
|---|----|
| Lettre ouverte aux Canadiens et à leurs représentants élus | 4 |
| Les sciences de l'atmosphère et le gouvernement | 6 |
| La solution universitaire – et pourquoi elle est insuffisante | 13 |
| Les partenariats de recherche – l'union fait la force | 18 |
| Tirer parti d'une base d'excellence | 22 |
| Annexe I Quelle est la qualité des sciences de l'atmosphère au Canada? | 24 |
| Annexe II DIAL : L'échec d'une réussite | 26 |
| Les signataires | 29 |
| Remerciements | 34 |



LETTRE OUVERTE AUX CANADIENS ET À LEURS REPRÉSENTANTS ÉLUS

La recherche atmosphérique n'est pas un sujet de conversation courante entre Canadiens, mais elle est néanmoins d'une importance vitale pour nous tous. Elle est capitale parce qu'elle est le fondement même de notre capacité de fournir des prévisions météorologiques et des renseignements sur le climat fiables, ainsi que de notre capacité d'intervenir face aux questions environnementales urgentes. Sans recherche continue dans le domaine des sciences atmosphériques et climatiques, notre capacité d'améliorer les prévisions météorologiques et de donner des avertissements de plus en plus rapides en cas de tornades, de blizzards et d'autres phénomènes dangereux sera limitée, tout comme notre capacité d'élaborer des politiques et des programmes en vue de minimiser les répercussions des changements climatiques, des pluies acides, de l'appauvrissement de la couche d'ozone, du smog et d'autres problèmes environnementaux.

Au fil des ans, les Canadiens ont acquis des compétences techniques dans le domaine des sciences atmosphériques, dont l'excellence est reconnue à l'échelle mondiale. Une grande partie de ces compétences se trouve au sein du gouvernement, surtout du Service météorologique du Canada (SMC), organisation dont les programmes de recherche ont été décrits par des experts internationaux comme « représentatifs de ce que le milieu scientifique international a de mieux d'offrir ». Les universités constituent une autre source majeure de connaissances spécialisées au pays et une large proportion des réalisations en sciences atmosphériques au Canada résulte d'une étroite collaboration entre les scientifiques du SMC et leurs homologues universitaires.

Par suite de coupures budgétaires, toutefois, la capacité du SMC de soutenir le rythme de la recherche de pointe se détériore. Après avoir atteint un sommet au cours de la première moitié des

années 1990, le financement de la recherche gouvernementale en sciences atmosphériques et climatiques a diminué de façon constante. En 2002, le manque de fonds a contraint le SMC à fermer l'une de ses installations de recherche les plus importantes, l'observatoire d'Eureka dans l'Extrême-Arctique. Des fonds temporaires fournis par un consortium universitaire ont permis de remettre l'observatoire en service en 2004, mais l'avenir à long terme de ces installations vitales demeure incertain. De plus, des coupures à d'importants réseaux de collecte de données, déjà restreints par rapport aux normes internationales, se profilent à l'horizon. Confrontés à un milieu de recherche de plus en plus décourageant, des scientifiques compétents quittent le Service pour profiter de possibilités de recherches plus intéressantes ailleurs et il devient de plus en plus difficile de trouver des recrues pour les remplacer. Selon des examinateurs internationaux qui ont vérifié le programme de recherche du SMC en 2001, « même si le budget de recherche [sur le climat] était doublé sur une période, par exemple, de cinq ans, il serait tout de même considéré, sur le plan international, comme un engagement relativement faible à l'égard des intérêts déclarés pour la compréhension du climat et les services connexes ».

Tandis que la détérioration de la capacité de recherche du SMC se poursuit, on craint que le rôle du SMC en recherche ne finisse par être complètement éliminé et que le leadership et l'excellence dont a fait preuve le SMC par le passé ne puissent plus être à la disposition du milieu scientifique canadien.

Ces coupures budgétaires peuvent avoir été faites parce que l'on a cru qu'il n'était pas nécessaire pour le gouvernement de participer activement à la recherche et que toute réduction de la recherche par les organismes gouvernementaux serait compensée

simplement par un accroissement du soutien à la recherche dans les universités. Bien que nous nous réjouissons de certaines des récentes augmentations du financement de la recherche universitaire, nous devons souligner que le SMC joue un rôle vital et essentiel dans le milieu de la recherche et des sciences atmosphériques au Canada. Aucune autre organisation ne pourrait facilement assumer ce rôle. De fait, le SMC est le fer de lance de presque toute la recherche atmosphérique et climatique à long terme d'importance au pays, fournissant les nombreuses ressources, l'engagement à long terme et le soutien administratif et technique que seule une grande organisation gouvernementale peut offrir.

Les universités ne peuvent fournir une grande partie de ces ressources, ni garantir l'engagement soutenu nécessaire pour des programmes de recherche à long terme du genre requis pour étudier des questions telles que les changements climatiques et le smog. Par conséquent, de nombreux scientifiques universitaires dépendent fortement du soutien et de la collaboration du SMC pour poursuivre leurs objectifs de recherche. Sans la participation du SMC, des recherches très importantes dans des domaines où le Canada est actuellement un chef de file devraient être abandonnées ou maintenues à un niveau de complexité bien inférieur.

En outre, les universités ne peuvent, à elles seules, fournir tout l'éventail des conseils scientifiques dont le gouvernement a besoin. Leurs recherches, à juste titre, sont orientées en fonction des intérêts des différents scientifiques et non pas des besoins de la politique gouvernementale. Ces intérêts et les besoins du gouvernement ne coïncident pas toujours, surtout dans le cas de problèmes arrivés à maturité comme les pluies acides ou la protection de la couche d'ozone. Mais le gouvernement continue d'avoir besoin d'avis scientifiques s'appuyant sur la

recherche pour mettre à jour ses règlements, négocier des traités internationaux et prendre un bon nombre d'autres mesures nécessaires pour gérer ces questions efficacement. On ne peut compter que sur un organisme gouvernemental comme le SMC pour fournir des conseils tout à fait à jour quand c'est nécessaire.

En 2001, le gouvernement fédéral a annoncé son intention de faire du Canada l'un des cinq plus importants pays du monde sur le plan de la recherche et du développement d'ici 2010. Dans le domaine des sciences atmosphériques et climatiques, cependant, le Canada a atteint cet objectif il y a plus d'une décennie. Or, il n'aurait pu le faire sans l'existence du SMC dont l'effectif de près de 300 chercheurs représente près de la moitié de la recherche atmosphérique et climatique effectuée au Canada. Par conséquent, il ne pourra

maintenir sa place de chef de file sans la présence continue d'un important groupe de recherche au sein du SMC.

Il ne fait aucun doute dans notre esprit que si la détérioration de la capacité scientifique du SMC se poursuit à long terme, il en résultera une grave diminution de la qualité et de la quantité de travaux effectués dans le domaine des sciences atmosphériques au Canada. Le gouvernement sera moins en mesure d'élaborer des politiques et des services fondés sur des résultats scientifiques valables, les scientifiques universitaires auront moins de possibilités de participer à des projets de recherche importants à long terme et le public canadien sera moins bien servi par son gouvernement et par les universités.

En tant que citoyens, nous voulons que notre gouvernement dispose des meilleures connaissances

spécialisées possibles pour améliorer la qualité des services atmosphériques et se pencher sur des enjeux environnementaux complexes comme les changements climatiques. En tant que membres du milieu des sciences atmosphériques du Canada, nous voulons pouvoir fournir un niveau de compétence qui corresponde aux plus hautes normes internationales. Cela ne peut être possible, par contre, que si le gouvernement fédéral fournit le financement stable et à long terme requis pour maintenir une organisation de recherche de pointe de grande qualité au sein du SMC.


Le groupe de recherche du Service météorologique du Canada est l'un des atouts scientifiques les plus importants du pays. On ne devrait pas permettre qu'un sous-financement continu l'entraîne graduellement vers une efficacité négligeable.

Terry Bidleman 
Service météorologique du Canada

James Drummond 
Université de Toronto


Thomas McElroy 
Service météorologique du Canada


David Wardle 
Service météorologique du Canada

George Boer 
Service météorolo

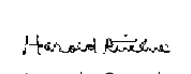
George Isaac 
Service météorologique du Canada

Norman McFarlane 
Service météorologique du Canada

Andrew Weaver 
Université de Victoria

Jan Bottenheim 
Service météorologique du Canada

James Kerr 
Service météorologique du Canada (à la retraite)

Harold Ritchie 
Service météorologique du Canada

Francis Zwiers 
Service météorologique du Canada

Jean Côté 
Service météorologique du Canada

Charles Lin 
Université McGill

Ted Shepherd 
Université de Toronto

Jacques Derome 
Université McGill

John McConnell 
Université York

Ronald Stewart 
Université McGill

Miriam Diamond 
Université de Toronto

Gordon McBean 
University of Western Ontario

Peter Taylor 
Université York



LES SCIENCES ATMOSPHÉRIQUES ET LE GOUVERNEMENT

Le gouvernement est le plus grand consommateur d'information en sciences atmosphériques de la société, parce que les gouvernements ont d'importantes obligations en matière de sécurité et de santé du public, de développement économique, de communications et de protection de l'environnement – tous ces domaines subissent d'une façon ou d'une autre les répercussions des événements météorologiques et des conditions climatiques. Par conséquent, les gouvernements ont dû mettre en place tout un arsenal de services de prévisions et de communications pour aider les citoyens à tenir compte des changements courants du temps et à survivre à ses phénomènes extrêmes dangereux. À mesure que la société a pris conscience des répercussions des activités humaines sur l'environnement, les gouvernements ont dû élaborer des politiques et mettre en place des mesures de contrôle permettant de faire face aux problèmes importants que sont la pollution atmosphérique et les changements climatiques.

L'information dont le gouvernement a besoin pour remplir ces obligations prend diverses formes, que ce soit les observations atmosphériques qui doivent lui être transmises de façon continue de toutes les régions du pays pour servir de base aux prévisions météorologiques et aux analyses climatiques ou les connaissances des processus atmosphériques. Ces dernières sont nécessaires pour mettre au point des moyens plus fiables de prédire des phénomènes météorologiques violents comme les tornades ou les tempêtes, par exemple, ou pour aider à la compréhension des phénomènes tels que les pluies acides, les changements climatiques ou l'appauvrissement de la couche d'ozone, afin de développer des politiques et stratégies permettant de leur faire face.

Pour s'assurer que cette information soit disponible, les gouvernements ont toujours eu des établissements internes regroupant des spécialistes en sciences atmosphériques. Le Canada ne fait pas exception et c'est le Service météorologique du Canada, une subdivision d'Environnement Canada, qui est sa source de connaissances spécialisées dans ce domaine. Le SMC fournit les services météorologiques essentiels, mais il répond aussi à d'autres besoins du gouvernement en faisant l'évaluation détaillée de certaines questions à l'intention des décideurs, par exemple, ou en donnant des conseils et des renseignements généraux aux ministres, en élaborant des règlements, en répondant aux questions des députés, des médias et du public et en apportant un soutien pour les négociations intergouvernementales.

Cependant, acquérir toutes les connaissances nécessaires pour fournir des services météorologiques de pointe et élaborer des réponses à des questions mystérieuses comme la pollution atmosphérique et les changements climatiques demande aussi une bonne capacité de

« Il est impératif que le gouvernement du Canada dispose d'une fonction publique forte et respectueuse des valeurs morales afin de fournir des travaux scientifiques pour le bien collectif. Cela est essentiel pour protéger la santé des Canadiens et l'environnement. »

*Miriam Diamond
Université de Toronto*

**... l'inflation continue
d'éroder la capacité du SMC de
respecter ses engagements de
recherche actuels et d'en
prendre d'autres à l'avenir.**

recherche. L'amélioration de l'exactitude et de la portée des prévisions météorologiques, par exemple, exige une meilleure connaissance des processus atmosphériques, des techniques de modélisation informatique poussées, des technologies de pointe comme le radar météorologique Doppler, des instruments de satellite et des superordinateurs puissants, ainsi que des techniques mathématiques complexes, comme l'assimilation des données, qui améliorent la simulation de l'évolution des

systèmes météorologiques. Les progrès dans tous ces domaines exigent des recherches fondamentales et appliquées poussées avant de pouvoir être mis en pratique.

En ce qui concerne les questions environnementales, la recherche est nécessaire pour que l'on puisse anticiper les nouveaux problèmes, en déterminer les causes, évaluer la gravité et l'étendue des répercussions actuelles et éventuelles et prendre des mesures pour lutter contre ces problèmes. Même après que des mesures de contrôle aient été mises en œuvre, comme dans le cas des pluies acides et de l'appauvrissement de la couche d'ozone, la recherche continue, appuyée par une surveillance à long terme, demeure essentielle pour évaluer l'efficacité des mesures de contrôle existantes et déterminer les besoins de mesures supplémentaires.

Puisque les questions atmosphériques traversent souvent les frontières politiques, la science joue aussi un rôle important dans les négociations en vue de la conclusion des ententes bilatérales ou multilatérales nécessaires pour gérer ces questions. Afin d'être crédibles, les positions de négociations nationales doivent être solidement appuyées par des travaux scientifiques de pointe faisant autorité. Or, ce genre de travaux ne peut être réalisé que par des scientifiques qui sont des chercheurs actifs et spécialisés dans les domaines en question et qui connaissent aussi très bien les questions stratégiques au gouvernement.

Pour faire face à toutes ces obligations, le SMC dispose d'une organisation de recherche relativement imposante qui comprend des scientifiques de différentes spécialités et sous-spécialités et des installations dans toutes les régions du pays. Il possède aussi des ressources techniques et des infrastructures importantes, comme des réseaux de surveillance, des

Une batterie d'instruments mesure le rayonnement solaire à l'Observatoire du lac Bratt, en Saskatchewan. Les réseaux d'observation qui recueillent des données sur les conditions atmosphériques et la quantité d'eau dans toutes les parties du pays sont des outils essentiels à la préparation des prévisions et des bulletins quotidiens. À long terme, ils sont aussi des compléments importants de la recherche atmosphérique et climatique et de la gestion de questions connexes. De plus, ils sont des outils indispensables à la détection des changements de tendances et ils fournissent le fondement scientifique nécessaire à l'amélioration des ententes internationales et des règlements nationaux de lutte contre la pollution de l'environnement. Seul le gouvernement, cependant, est en mesure d'offrir la continuité et l'engagement nécessaires au maintien de ces réseaux à long terme.



Le SMC : ses réalisations...

RAPPORTS ET PRÉVISIONS

Le SMC recueille et analyse des données atmosphériques en vue de fournir :

- des prévisions météorologiques publiques
- des prévisions pour l'aviation
- des prévisions météorologiques destinées à la navigation maritime
- des avertissements d'événements violents, tels que les orages, les tornades, et les ouragans
- des avertissements de conditions de glaces dangereuses
- des prévisions de l'indice UV
- des prévisions de smog
- des prévisions des glaces et des houles destinées au transport océanique et en eaux intérieures
- des services spéciaux pour aider les services de défense et d'intervention d'urgence à faire face à des situations telles que les feux de forêt, les déversements de produits chimiques, les accidents nucléaires, les inondations, les actes de terrorisme et les opérations militaires outre-mer
- des rapports sur la quantité d'eau dans les lacs et les cours d'eau



PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA SANTÉ

Le SMC recueille des données et fournit des analyses et des évaluations afin d'aider la société à intervenir en cas de menaces pour l'environnement et pour la santé qui touchent l'atmosphère, soit :

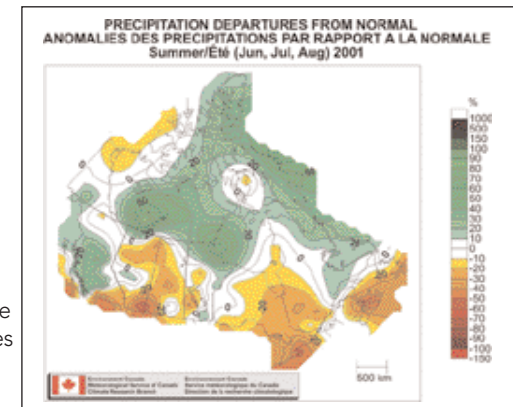
- les changements climatiques
- le smog
- l'appauvrissement de la couche d'ozone
- les pluies acides
- les substances toxiques transportées par l'atmosphère



SERVICES CLIMATIQUES

Le SMC verse les données météorologiques aux archives et prépare des analyses du climat qui peuvent être utilisées pour un large éventail d'applications, notamment :

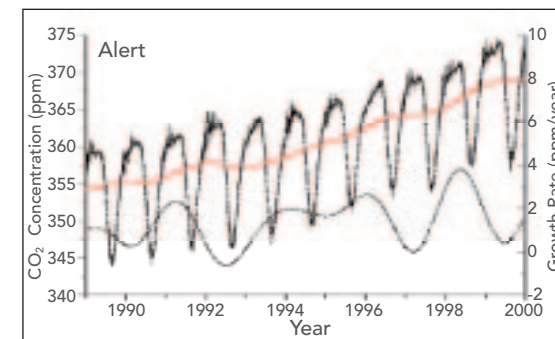
- la planification agricole
- l'élaboration des codes du bâtiment et des normes relatives aux matériaux
- la détermination des stress imposés par le climat que doivent pouvoir supporter les ponts, les barrages, les plates-formes pétrolières en mer et d'autres structures
- l'estimation des risques en assurance liés au climat
- la gestion des ressources en eau
- l'amélioration de la sécurité et de l'efficacité des transports
- l'accroissement de la résilience aux dangers météorologiques
- l'étude des problèmes de santé liés au climat



RECHERCHE

Le SMC recueille des données et fait des recherches fondamentales et appliquées liées aux domaines suivants :

- prévisions météorologiques
- changements climatiques
- impacts du climat et adaptation
- qualité de l'air (y compris le smog, les polluants dangereux, l'ozone stratosphérique, les pluies acides et les gaz à effet de serre)

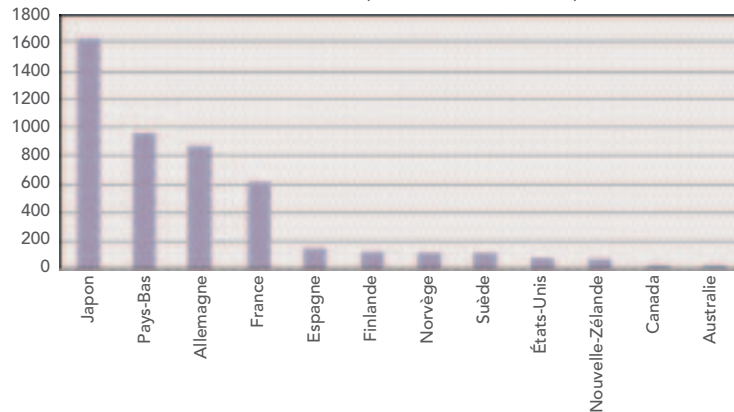


...et ce qu'il en fait

Le SMC fournit ces services avec un budget d'environ 190 millions de dollars par année et un effectif de quelque 1 800 employés. De ce nombre, environ 300 participent à la recherche ou à des activités connexes.

Comme le climat et le temps varient beaucoup d'une localité à l'autre, les données atmosphériques doivent être recueillies à différents endroits afin de donner un tableau précis des conditions dans toutes les parties du pays. Un pays comme le Canada, qui a un vaste territoire et une population limitée, doit donc investir plus d'argent par habitant pour diriger des services météorologiques et climatiques efficaces qu'un autre comme le Royaume-Uni, qui a un territoire limité, mais une vaste population, ou même les États-Unis, qui ont un territoire étendu mais aussi une large population. Comparativement à d'autres pays industrialisés, le Canada

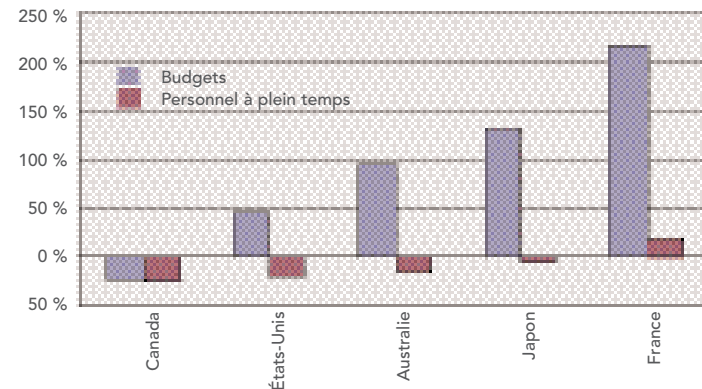
Comparaison des dépenses nationales en météorologie par kilomètre carré (en dollars américains)



dépense autant par habitant que la France, densément peuplée, et considérablement moins que des pays un peu moins peuplés comme l'Australie, la Finlande et la Norvège. Si l'on compare les dépenses au kilomètre carré, l'investissement du Canada dans ses services météorologiques et climatiques est l'un des plus bas au monde.

Au cours des vingt dernières années, plusieurs pays industrialisés ont substantiellement accru l'investissement dans leurs services météorologiques nationaux, reconnaissant la contribution stratégique que font des services météorologiques et climatiques de haute qualité à la santé et à la sécurité nationales, à la productivité économique et à la compétitivité, ainsi qu'à la viabilité de l'environnement. Le Canada, par contre, dépense maintenant environ 20 % de moins qu'au milieu des années 1980.

Changements dans les budgets et le personnel (1983–1996/1997)



LES SCIENCES AU GOUVERNEMENT : quelles en sont les retombées?

« Notre analyse montre que les activités de R-D sur l'appauvrissement de la couche d'ozone réalisées par le SEA [maintenant le SMC] entre 1975 et 1997 permettront d'éviter plus de 57 000 cancers, 30 000 cas de cataractes et 625 décès...

Pour chaque dollar consacré à la recherche, les Canadiens ont reçu les avantages quantifiables suivants :

- 7,90 \$ en prestations de maladie,
- 3,03 \$ en avantages pour l'environnement,
- 1,94 \$ en retombées économiques.

En outre, il y a eu un grand nombre d'avantages non quantifiables (largement positifs), notamment l'augmentation de la capacité scientifique au Canada, des avantages dans d'autres pays, des effets sur le climat et d'autres encore. »

Marbeck Resource Consultants
Measuring the Impacts of
Environment Canada's R & D (Mai 1998).

Un navire de ravitaillement quitte une plate-forme pétrolière dans une mer houleuse. Les sciences atmosphériques et climatiques contribuent de multiples façons à la sécurité des activités d'exploitation pétrolière en mer. Les bulletins et les prévisions des conditions météorologiques et des glaces permettent de donner des avertissements en cas de danger imminent, tandis que les données climatiques sur les conditions du vent et des vagues à long terme aident les ingénieurs à concevoir des structures qui peuvent supporter les rigueurs d'un environnement marin difficile.

laboratoires, des superordinateurs, des ballons de recherche en haute altitude et l'accès à des avions de recherche munis d'instruments nécessaires pour faire des mesures atmosphériques détaillées. Une telle concentration d'actifs en sciences atmosphériques est unique au Canada et, par conséquent, le SMC a souvent été un partenaire essentiel de projets de recherche à grande échelle et la seule organisation capable d'entreprendre de tels projets par elle-même. Jusqu'à récemment, le SMC était la seule organisation du Canada bénéficiant de la continuité, du mandat et de la stabilité financière indispensables pour effectuer le genre de recherche à long terme nécessaire pour éliminer l'incertitude dans certains domaines comme les changements climatiques et l'appauvrissement de la couche d'ozone ou pour évaluer l'efficacité de programmes de surveillance comme ceux des pluies acides.

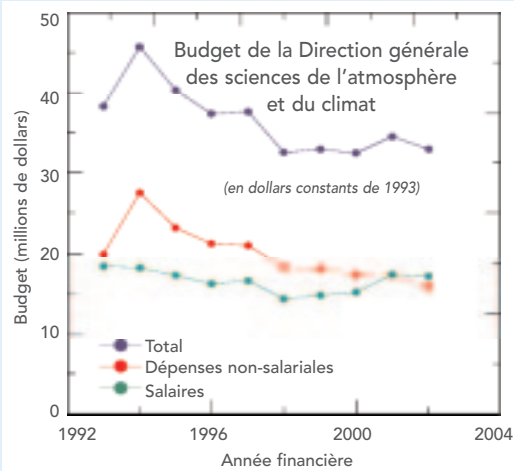
Le grand avantage d'une telle organisation du point de vue du public est qu'elle est vouée à combler les besoins en sciences atmosphériques du gouvernement et à effectuer des recherches dans l'intérêt du public. Depuis le milieu des années 1990, toutefois, des restrictions budgétaires ont rendu très difficile l'accomplissement efficace de ces rôles par le SMC. Entre 1994 et 1998, son budget de recherche a été resserré de près de 30 % (en dollars constants). Bien qu'il n'y ait pas eu de restrictions de la même ampleur dans les budgets subséquents, il n'y a pas eu de hausse importante non plus, et l'inflation continue d'éroder la capacité du SMC de remplir ses engagements de recherche actuels et d'en prendre d'autres dans l'avenir.

De fait, le SMC a déjà dû annuler des programmes et fermer des installations qui contribuaient à d'importants aspects de la recherche. Lorsqu'il a fermé ses portes en 2002, par exemple, l'observatoire d'Eureka était l'une des meilleures sources mondiales d'information sur



l'appauvrissement de la couche d'ozone dans l'Arctique et sur les effets des changements climatiques sur le rétablissement de la couche d'ozone. Grâce aux efforts énergiques d'un groupe de chercheurs universitaires, il a été possible de trouver des fonds pour remettre les installations d'Eureka en service, tout au moins temporairement, mais près de trois années de données importantes ont été perdues et l'avenir à long terme des installations demeure incertain, même s'il subsiste d'importantes préoccupations à propos de l'appauvrissement de la couche d'ozone et d'autres menaces pour l'environnement arctique. Le SMC poursuit un certain nombre de programmes de recherche poussés avec des budgets qui sont remarquablement restreints pour les résultats obtenus, mais sa capacité de le faire devient de plus en plus précaire alors que des membres importants du personnel de recherche prennent leur retraite ou profitent de possibilités offertes en dehors du pays et que l'embauche de remplaçants devient de plus en plus difficile.

TENDANCES DES BUDGETS ET DU PERSONNEL

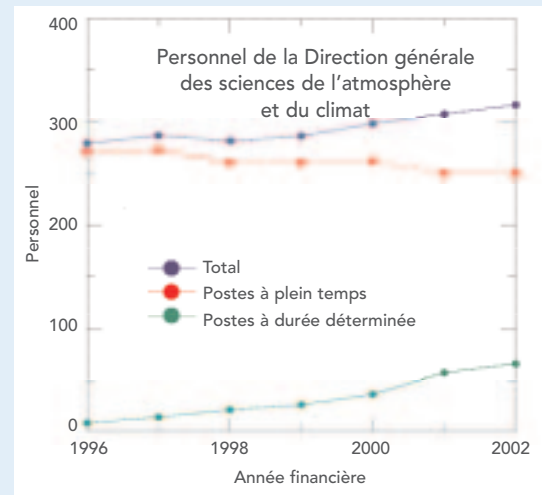


Le soutien des programmes de recherche du SMC sur le climat et l'atmosphère, mesuré en fonction des dépenses non-salariales, a atteint un sommet vers le milieu des années 1990, grâce à une infusion ponctuelle de fonds du Plan vert, maintenant disparu. Depuis, le soutien financier à la recherche est revenu à ses niveaux antérieurs – soit de 19 à 20 millions de dollars par année depuis 1998 – mais à cause de l'inflation, ces sommes permettent de financer bien moins de recherches qu'au début des années 1990. En dollars constants de 1993, les fonds de recherche étaient en réalité inférieurs de 20,6 % en 2002 à ce qu'ils étaient en 1993, et de 42,5 % à l'année de pointe de 1994. Au cours des cinq années financières de 1998 à 2002, le soutien des activités de recherche du SMC a baissé de 13,6 % en valeur constante.

Les dépenses au chapitre des salaires, comparativement, ont augmenté depuis 1998, mais cet accroissement résulte de hausses de salaires périodiques et d'une augmentation du nombre d'employés nommés pour une période déterminée. Le nombre d'employés à temps plein, toutefois, a diminué, ce qui signifie que l'on recrute moins de scientifiques de carrière à temps plein

pour remplacer la génération actuelle de chercheurs. Ainsi, la capacité du SMC de maintenir le niveau d'activités de recherche actuel et d'entreprendre des travaux dans de nouveaux champs d'étude diminue.

Comparativement à d'autres secteurs de dépenses, le budget de recherche du SMC est remarquablement restreint. À 38 millions de dollars, un seul chasseur CF-18 et son équipement de bord coûte environ deux fois plus que le budget de recherche annuel actuel du SMC. Et pourtant, le SMC doit soutenir la surveillance et la recherche de pointe dans une multitude de différents domaines de préoccupation publique, y compris les prévisions météorologiques, les changements climatiques, les pluies acides, l'appauvrissement de l'ozone stratosphérique, le smog et les polluants atmosphériques toxiques.



Maintenant, en 2004, le SMC pourrait faire face à d'autres coupures à quelques-uns de ses réseaux de collecte de données les plus importants, notamment le réseau Brewer qui sert à surveiller la couche d'ozone et à mesurer le rayonnement ultraviolet incident, le réseau aérologique qui procure des données pour les prévisions météorologiques et le réseau de stations climatiques qui fournit de l'information sur la température et les précipitations pour la détermination des normes climatiques et le suivi des changements climatiques. Leur portée étant réduite, ces réseaux seront moins en mesure d'indiquer la variabilité et le niveau de détails locaux et, par le fait même, deviendront moins efficaces.



Les phénomènes météorologiques dangereux peuvent avoir de graves conséquences personnelles et économiques. La tempête de verglas qui a frappé l'Ontario, le Québec et une partie des Maritimes en 1998, par exemple, a causé 28 morts et des dommages évalués à plus de 5 milliards de dollars. Plus de 600 000 personnes au Québec et dans l'est de l'Ontario ont dû quitter leur foyer. Les recherches continues permettent de déterminer les causes de tels événements et les probabilités qu'ils se reproduisent dans l'avenir, et elles contribuent à l'établissement de meilleures méthodes de prévision et d'adaptation à leurs conséquences.

COÛT DES CATASTROPHES MÉTÉOROLOGIQUES¹

Ouragan Juan, Nouvelle-Écosse, 2003 : 200 M\$²

Feux de forêt en C.-B., 2003 : 750 M\$³

Sécheresse dans les Prairies, 2001–2002 : 3 G\$⁴

Tempête de verglas, 1998 : 5 G\$

Inondation au Saguenay, 1996 : 1,2 G\$

Inondation de la rivière Rouge, 1997 : 400 M\$

Tempête de grêle de Calgary, 1991 : 400 M\$

Tornado d'Edmonton, 1987 : 300 M\$

¹ À moins d'indication particulière, comprend les coûts directs (p. ex., prestations d'assurance, pertes non assurées et aide sociale, frais de nettoyage) et coûts indirects (p. ex., pertes résultant de la fermeture de commerces).

² Pertes de biens assurés et non assurés seulement.

³ Coûts de lutte contre le feu et pertes assurées seulement.

⁴ Pertes agricoles seulement.

LA SOLUTION UNIVERSITAIRE – ET POURQUOI ELLE EST INSUFFISANTE

L'érosion continue de la capacité de recherche du SMC est habituellement justifiée, explicitement ou implicitement, par l'hypothèse voulant que le gouvernement fédéral n'ait plus besoin de maintenir une capacité de recherche indépendante en sciences atmosphériques. Une grande partie des compétences spécialisées nécessaires existent dans les universités et, en les orientant vers les besoins du gouvernement par diverses ententes de financement à court terme, le gouvernement fédéral peut en tirer doublement parti en réduisant ses frais de fonctionnement directs tout en renforçant la capacité de recherche des universités. Dans la pratique, cependant, cette idée n'est véritablement efficace ni pour le gouvernement, ni pour les universités.

Pour le gouvernement, le principal désavantage est que de telles ententes seront inévitablement moins adaptées à ses besoins. En effet, la recherche universitaire ne dispose ni de la culture, ni de la structure appropriée pour fournir le genre de services que requiert le gouvernement. Répondre aux besoins d'information du gouvernement se situe tout simplement au bas de l'échelle des priorités de la plupart des universités. Leurs priorités sont plutôt fixées par les tendances [des priorités de recherche] du milieu international de la recherche universitaire.

De plus, l'orientation de la recherche universitaire dépend en grande partie des intérêts et des connaissances spécialisées des différents chercheurs plutôt que d'un engagement institutionnel continu à l'égard de priorités de recherche particulières. Quand des chercheurs de pointe quittent un établissement, leurs programmes de recherche les suivent. Ainsi, la recherche universitaire ne peut assurer la continuité dont le gouvernement a besoin pour bon nombre de ses activités.

La recherche universitaire, dans une grande proportion, se fait à petite échelle – habituellement un professeur et quelques étudiants de deuxième ou troisième cycle – et les projets sont généralement entrepris à court terme, soit quelques années tout au plus. En outre, les départements de sciences atmosphériques des universités sont trop petits pour s'équiper de superordinateurs, de ballons de recherche en haute altitude et d'autres infrastructures et équipements coûteux nécessaires à un bon nombre des activités de recherche axées sur des problèmes particuliers. Par conséquent, les universités ne sont pas très bien pourvues pour réaliser des projets à grande échelle auxquels participeraient de nombreux chercheurs pendant plusieurs années, comme en a souvent besoin le gouvernement. La gestion des réseaux de



« Bien que certains travaux de recherche puissent être réalisés aussi bien dans les laboratoires du gouvernement que dans les universités, de nombreuses activités nécessitent obligatoirement une stabilité à long terme ou des infrastructures qu'il est difficile d'obtenir et de maintenir dans un contexte universitaire. Les étudiants diplômés, comme les subventions de recherche, ont une durée d'environ quatre ans. »

*Peter Taylor
Université York*

collecte de données qui s'étend sur de grandes régions géographiques et qui doit se faire sur de longues périodes, par exemple, est une tâche que les universités ne sont pas en mesure ou ne sont pas intéressées à accomplir. Pourtant, ces réseaux, qui recueillent des données sur la température de surface et les précipitations, la quantité et le débit d'eau, les conditions de la haute atmosphère, le rayonnement solaire et toute une gamme d'autres variables, doivent être maintenus, car ils constituent une source d'information brute essentielle pour les prévisions et la recherche.

Pour donner un exemple, mentionnons qu'à l'heure actuelle, les contributions substantielles du Canada à la recherche internationale sur les changements climatiques ne seraient pas possibles sans une composante gouvernementale. Certains chercheurs universitaires peuvent bien sûr contribuer à des aspects importants du comportement du climat, et le font d'ailleurs, mais ils n'ont pas les ressources pour produire les modèles informatiques de pointe qui sont au cœur même de la recherche sur les changements climatiques. Ces modèles, qui simulent l'interaction des nombreux éléments qui composent le système climatique mondial et qui influent sur lui, sont essentiels pour évaluer notre compréhension actuelle des changements climatiques et déterminer les besoins de recherche futurs. Leur complexité est telle qu'il en existe moins de vingt actuellement et tous, ce qui a une importance marquante, sont le résultat de centres de recherches affiliés à des gouvernements.

Avec le temps, un apport de fonds gouvernementaux destinés aux priorités de recherche gouvernementales pourrait améliorer la capacité des universités de faire des recherches à long terme

Des scientifiques universitaires, comme Eville Gorham de l'université Dalhousie et Harold Harvey de l'université de Toronto, ont joué un rôle important dans la détermination de la menace des pluies acides dans les lacs canadiens au cours des années cinquante et soixante. Tandis que les pluies acides se transformaient en un problème environnemental important au cours des années 1970, les scientifiques du gouvernement ont participé de plus en plus à améliorer la compréhension du problème et à acquérir les connaissances nécessaires pour mettre au point des mesures efficaces en vue de les éliminer. Bien que l'on ait fait beaucoup de progrès dans le domaine de la gestion des pluies acides, elles demeurent un problème grave et il faut continuer les recherches et la surveillance afin d'assurer la protection des écosystèmes sensibles.



Sans le SMC pour fournir l'ossature des grands projets de recherche, la recherche universitaire au Canada serait beaucoup plus limitée.

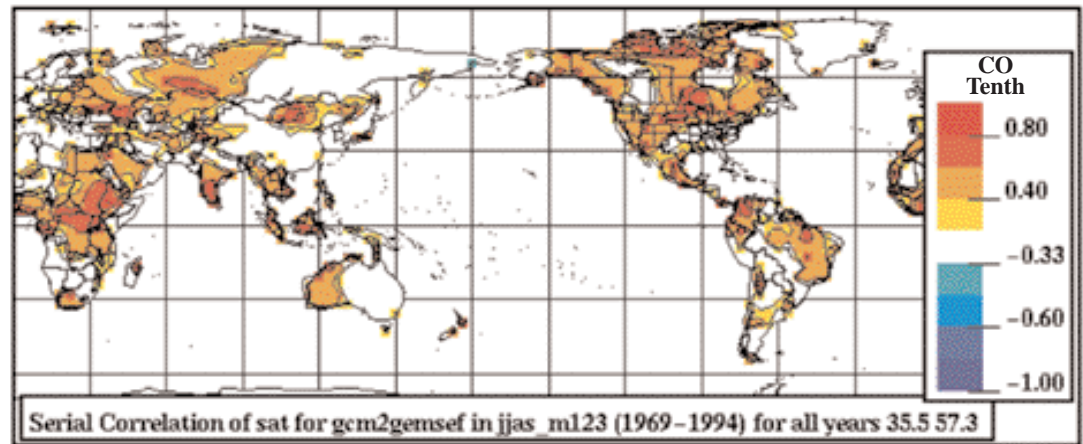
et à grande échelle, mais pas suffisamment pour remplacer un ministère déjà voué à cette fin. Les universités auront toujours d'autres priorités que celle d'être un service de recherche du gouvernement.

Sans capacité de recherche propre, les conseils du SMC à l'intention des décideurs et la gestion des recherches n'auraient pas la fiabilité que peut apporter un personnel de chercheurs de pointe. Même s'il est certain qu'il y aura toujours des spécialistes scientifiques sur place, ceux-ci ne seraient pas des scientifiques qui

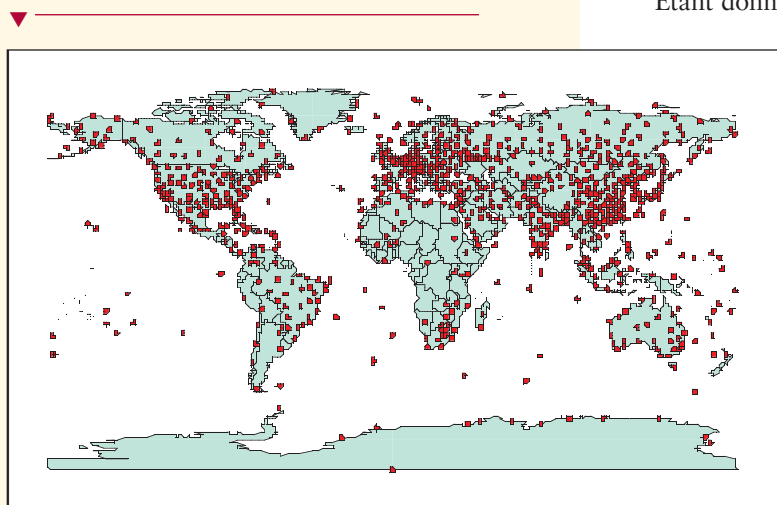
participent activement aux recherches. Ils seraient des personnes qui remplissent d'autres tâches opérationnelles, comme les prévisions atmosphériques, ou des spécialistes de certains domaines qui se tiennent au courant des progrès scientifiques, fournissent de l'information de base aux décideurs et prennent des décisions de financement qui orienteront les recherches universitaires vers les besoins gouvernementaux. Il ne fait aucun doute que ces spécialistes seraient bien informés, mais ils ne pourraient néanmoins fournir de l'information aussi détaillée et fiable, par exemple, sur le rôle des nuages dans les changements climatiques, que les scientifiques qui ont véritablement participé à la recherche sur les propriétés et le comportement des nuages. Compte tenu du délai de trois à cinq ans qui existe entre le début d'un projet de recherche et la publication de ses résultats, l'information dont disposeraient les spécialistes de certains domaines seraient inévitablement moins à jour que celle dont disposent les chercheurs. De plus, comme les scientifiques qui ne sont pas directement spécialisés dans un domaine de recherche n'ont pas les mêmes connaissances de pointe que ceux qui le sont, ils seraient moins efficaces à déterminer les besoins de recherche et à établir des programmes de recherche qui répondent aux besoins du gouvernement.

Étrangement, la réduction de la capacité de recherche du SMC en vue d'accroître celle des universités aurait aussi des désavantages pour les universités et pour le milieu des

Tous les étés ne se ressemblent pas. Les fluctuations des conditions saisonnières moyennes, d'une année à l'autre, peuvent avoir d'importantes conséquences économiques, surtout dans un domaine, comme l'agriculture, qui dépend de conditions climatiques prévisibles. Le SMC collabore avec une équipe de chercheurs universitaires en vue de comprendre les raisons des variations saisonnières et de pouvoir mettre au point de meilleures méthodes de prévision. Les couleurs de la carte montrent à quel point les prévisions de l'équipe correspondent aux températures observées pendant l'été dans différentes parties du monde, pour la période de 1969 à 1994. Tandis que les correspondances sont généralement bonnes, la recherche dans le domaine des prévisions saisonnières en est encore aux premiers stades et on s'attend à des progrès dans l'avenir.



Stations d'observation de la haute atmosphère dans le monde. Les données sur la haute atmosphère, obtenues au moyen de ballons, sont importantes pour les prévisions et les recherches. Le réseau de haute atmosphère du Canada, par rapport à la superficie de son territoire et comparativement à ceux d'autres pays industrialisés, est extrêmement restreint. Tandis que la Grande-Bretagne compte six stations d'observation de la haute atmosphère pour une superficie limitée, le Canada n'en a que sept pour tout l'Arctique. Les réseaux du Canada pour la collecte de données sur le climat et le rayonnement UV sont aussi loin d'être optimaux si l'on en juge par les normes internationales. Toute autre diminution ne fera que rendre ces stations encore moins efficaces à des fins scientifiques.



sciences atmosphériques en général au Canada. En effet, la participation des universités à des projets de recherche à grande échelle dépend en grande partie du soutien du SMC. Cela veut dire non seulement l'accès à du matériel technique coûteux, mais aussi un soutien technique compétent, un soutien administratif, une expertise scientifique et la stabilité institutionnelle et financière nécessaire pour mener à bien des projets de longue durée. L'expertise du SMC en modélisation du climat et en prévisions météorologiques numériques, par exemple, appuie un large éventail de recherches poussées dans les universités du pays. Sans le soutien fondamental du SMC à ces grands projets de recherche coopératifs, la portée de la recherche universitaire au Canada serait bien plus limitée.

Même si les grands actifs techniques étaient transférés à certaines universités, ces dernières – ou plus précisément leur département de sciences atmosphériques – trouveraient extrêmement difficile d'assumer le coût de l'entretien et de l'amélioration d'installations techniques coûteuses dans l'avenir sans le soutien substantiel du gouvernement. En permettant à ces ressources de se détériorer ou de devenir désuètes, cependant, la capacité du milieu canadien des sciences atmosphériques serait bientôt limitée et réduirait la qualité de la recherche effectuée dans notre pays.

Il est aussi important pour les universités que le SMC maintienne une capacité de recherche continue parce que les chercheurs du SMC ont souvent des échanges conjoints avec les facultés universitaires et, ce faisant, aident à renforcer les programmes universitaires en sciences atmosphériques. De plus, les services de recherche du SMC sont d'importants employeurs d'étudiants diplômés qui ont des compétences poussées en sciences atmosphériques au Canada. Étant donné qu'il n'existe pas de cheminement de carrière à long terme pour les chercheurs qui

n'ont pas de poste permanent au sein des universités, ces dernières ne peuvent elles-mêmes absorber les diplômés qu'elles produisent, pas plus qu'elles ne le pourraient même avec un rôle de recherche élargi au nom du gouvernement. Ces diplômés, toutefois, représentent une ressource intellectuelle de valeur qu'il faut garder au pays si nous voulons pouvoir relever les défis atmosphériques de l'avenir. Tant qu'il conserve cette importante capacité de recherche, le SMC peut fournir à bon nombre de ces scientifiques des carrières appropriées qui leur permettront de mettre en application et d'améliorer leurs talents et les prépareront à relever ces défis au nom du public canadien. Sans ces possibilités, un bon nombre de nos jeunes scientifiques parmi les plus talentueux n'auront d'autre choix que de participer à l'exode des cerveaux vers le Sud et ailleurs.

En faisant des universités des entrepreneurs en recherche pour le gouvernement, on pourrait nuire à certaines des forces des sciences universitaires. Contrairement à la recherche gouvernementale, qui est dictée par les besoins des politiques, la recherche universitaire repose en grande partie sur la curiosité. C'est d'ailleurs l'une de ses forces, puisque les chercheurs universitaires sont libres de poursuivre des intérêts qui n'ont rien à voir avec les priorités gouvernementales. Cette liberté est l'une des raisons pour lesquelles les avertissements rapides de problèmes imminents, comme les pluies acides, l'appauvrissement de la couche d'ozone stratosphérique et les changements climatiques, sont généralement venus de chercheurs universitaires. Prendre un engagement important à répondre aux besoins d'information du gouvernement limiterait toutefois cette liberté; par conséquent, c'est une idée qui n'aura pas beaucoup d'attrait pour de nombreux universitaires. La collaboration entre le gouvernement et les scientifiques universitaires peut être considérablement avantageuse, mais la science y perd si la recherche universitaire est indûment restreinte par les programmes gouvernementaux.

POURQUOI LE GOUVERNEMENT A-T-IL BESOIN DE SA PROPRE CAPACITÉ DE RECHERCHE ALORS QU'IL EXISTE DES SPÉCIALISTES SEMBLABLES DANS LES UNIVERSITÉS?

« Le contexte gouvernemental se prête mieux aux grands projets de recherche sur des questions d'envergure nationale ou mondiale et à long terme. Tous les pays industrialisés reconnaissent ce principe et le mettent en pratique. Les questions scientifiques qui nécessitent des travaux à long terme, étalés sur des décennies, exigent des engagements à long terme qu'il est difficile de maintenir au-delà de la durée d'une subvention de recherche ou de la présence d'un chercheur particulier dans une université. Une question nationale ou mondiale à grande échelle exige une planification et une coordination à l'échelle nationale ou internationale qui sont mieux appropriées à un établissement gouvernemental. »

Jim Kerr
Service météorologique du Canada

« Les universités ne sont pas en mesure de fournir des fonds stables, à long terme, pour appuyer des chercheurs de carrière. Sans ces derniers, les projets de recherche à grande échelle sur plusieurs années ne peuvent être réalisés. »

Jim Drummond
Université de Toronto

« Pour que les opérations soient à jour avec des nouvelles technologies, il est essentiel que le gouvernement compte parmi son personnel des chercheurs hautement qualifiés qui suivent les recherches de pointe réalisées dans le monde entier. La base de connaissances rapidement croissante ne peut être interprétée par des spécialistes des politiques ou par des scientifiques qui se contentent de lire les résultats publiés. »

George Isaac
Service météorologique du Canada

« Un des avantages importants de la recherche interne des organismes gouvernementaux comme le SMC est qu'elle peut être utilisée directement pour répondre aux exigences opérationnelles et pour mettre au point de nouveaux outils opérationnels à utiliser pour les observations et les prédictions. »

Peter Taylor
Université York

« Il faut faire beaucoup de recherche fondamentale pour pouvoir arriver à prédire les tornades et d'autres événements violents. Cela n'est possible toutefois que si le SMC est là tout d'abord pour présenter ces problèmes au milieu universitaire et pour assurer le suivi technique nécessaire pour appliquer la recherche. »

Pierre Gauthier
Service météorologique du Canada

« La recherche atmosphérique au Canada repose sur deux piliers : le SMC et les universités. Elle ne sera pas plus efficace si l'on en rallonge un et qu'on enlève l'autre. »

Thomas McElroy
Service météorologique du Canada



LES PARTENARIATS DE RECHERCHE – L'UNION FAIT LA FORCE

Bien que les universités ne puissent, à elles seules, soutenir le fardeau des besoins de recherche du gouvernement, elles constituent néanmoins une source considérable de connaissances spécialisées qui peuvent être très utiles au gouvernement. Conscient de cette situation, le SMC a commencé, durant les années 1990, à faire participer les universités en tant que partenaires principaux à divers projets de recherche importants. La collaboration qui en a résulté entre les scientifiques du gouvernement et des universités a été très productive, et presque toute l'activité de recherche à grande échelle en sciences atmosphériques est maintenant organisée autour des partenariats SMC-universités.

Ces partenariats ont été efficaces parce qu'ils capitalisent sur les points forts des deux partenaires, compensent pour leurs faiblesses et utilisent de manière efficace toutes les ressources de recherche disponibles au pays. En particulier, ils permettent de mettre l'importante infrastructure et la continuité à long terme que seul le gouvernement peut apporter à la disposition du milieu entier des sciences atmosphériques pour réaliser des projets d'intérêt public. Au cours de la dernière décennie, ces partenariats ont aidé à renforcer le statut du Canada comme l'un des principaux centres mondiaux de recherche en sciences atmosphériques, avec les États-Unis, le Royaume-Uni, l'Allemagne et le Japon.

Les partenariats université-gouvernement prennent diverses formes. Quelques-uns supposent une collaboration à plein temps entre les chercheurs du SMC et leurs homologues des universités, le personnel du SMC se trouvant lui-même sur les campus universitaires. Le Centre canadien de modélisation et d'analyse du climat (CCMaC) à l'université de Victoria a recours à ce mode de travail, tout comme le Groupe de recherche sur les impacts et l'adaptation (GRIA) du SMC qui a des chercheurs aux universités de la Colombie-Britannique, de Waterloo, de Toronto, York, et du Nouveau-Brunswick. La plupart de ces collaborations, toutefois, sont axées sur des projets, tels que les sondages par ballon en haute altitude dans le cadre de l'Évaluation des tendances des mouvements de l'azote dans la moyenne atmosphère (MANTRA). Les partenariats de cette nature peuvent lier le SMC avec quelques chercheurs d'une seule université ou avec un grand nombre de chercheurs de plusieurs universités et d'autres organismes gouvernementaux.

Tout plan visant à améliorer la manière dont le gouvernement fédéral soutient la recherche atmosphérique devrait tenir compte de la nécessité de ces partenariats. Il devrait aussi reconnaître que le gouvernement est la pierre angulaire de ces ententes, parce qu'il fournit les installations, les programmes de surveillance à long terme, les données archivées, le soutien technique et

« Nos recherches sur les variations climatiques supposent, par nécessité, l'utilisation d'infrastructures tellement importantes qu'elles auraient été impensables dans un contexte purement universitaire. Je suis heureux de l'occasion que m'ont donnée mes collègues du SMC de collaborer avec eux et de partager leurs ressources. Cela a eu une influence profonde sur l'orientation de ma recherche au cours des dernières années. Sans l'effectif scientifique important et les ressources informatiques du Service météorologique, ces travaux de recherche sur les prévisions saisonnières n'auraient pu être réalisés à ce jour au Canada. »

*Jacques Derome
Université McGill*

**On doute de plus en plus
de la capacité du
SMC de soutenir
ces partenariats.**

administratif et une bonne part de la recherche spécialisée qui les rend viables et productives. En abolissant ces ressources, on retire aux universités les mesures d'incitation à collaborer à des projets gouvernementaux ou le cadre qui puisse rendre cette collaboration efficace.

Bien qu'il soit essentiel, pour le succès de tels partenariats, que le gouvernement y joue un rôle actif, il n'est pas obligatoire que le partenaire gouvernemental soit un organisme interne comme le SMC. Ainsi, il pourrait être un établissement indépendant de recherche

atmosphérique ou un laboratoire national indépendant du gouvernement, mais recevant de ce dernier un financement stable, à long terme. Il n'est pas certain toutefois que de telles dispositions puissent offrir des avantages importants, car on trouve peu d'exemples d'organisations semblables qui ait du succès au Canada.

Ce qui est clair, cependant, c'est que quelle que soit la composante gouvernementale, elle doit elle-même demeurer une entité de recherche viable si l'on veut que ces partenariats soient maintenus. Pour obtenir la collaboration des scientifiques universitaires dans un domaine de recherche donné, le gouvernement doit avoir une capacité interne crédible dans le même domaine, aussi bien en ressources techniques qu'en participation de chercheurs spécialisés. La même logique s'applique aux collaborations avec des chercheurs d'autres pays dont les connaissances spécialisées sont susceptibles de bénéficier aux travaux effectués au Canada.

On doute de plus en plus, cependant, de la capacité du SMC de maintenir ces partenariats, sans parler d'en créer de nouveaux. Le comité indépendant d'examen d'experts internationaux qui a évalué les programmes de recherche et développement du SMC en 2001 soulignait l'excellence générale des travaux accomplis. « Dans plusieurs domaines, indiquait-il, les composantes du programme de recherche et développement du SMC sont de niveau international, représentatives de ce que le milieu scientifique mondial a de mieux à offrir. » Mais il observait aussi que les ressources du SMC étaient déjà utilisées à fond pour les engagements de recherche actuels et que le

Un important projet de recherche nécessite la contribution de nombreuses personnes et un apport substantiel de ressources. Les 14 scientifiques, les 2 pilotes, les 3 étudiants et les 8 techniciens qui se trouvent devant le laboratoire « volant » du Conseil national de recherches ne forment qu'une partie de l'équipe canadienne qui a pris part, récemment, à une étude internationale sur les nuages dans l'Arctique. Les recherches sur les nuages peuvent apporter de nombreux avantages, allant de l'amélioration de la protection des avions contre les dangers du givrage jusqu'à l'amélioration de la précision des prévisions météorologiques et de la fiabilité des projections de changements futurs du climat.



« Au cours des dix dernières années, j'ai dirigé l'effort canadien visant à élaborer, à valider et à exploiter un modèle climatique régional (CRCM). Bien que cette entreprise ait été un effort principalement universitaire, la collaboration avec les laboratoires du gouvernement fédéral a été d'une grande valeur. La mise au point d'un modèle opérationnel, par opposition à celle de prototypes ou à l'exploitation de modèles existants, est un processus long et ardu qui ne relève pas de la tradition de recherche universitaire. La collaboration des scientifiques du gouvernement et l'accès à leurs infrastructures ont été des éléments essentiels du succès du CRCM. »

René Laprise
Université du Québec à Montréal

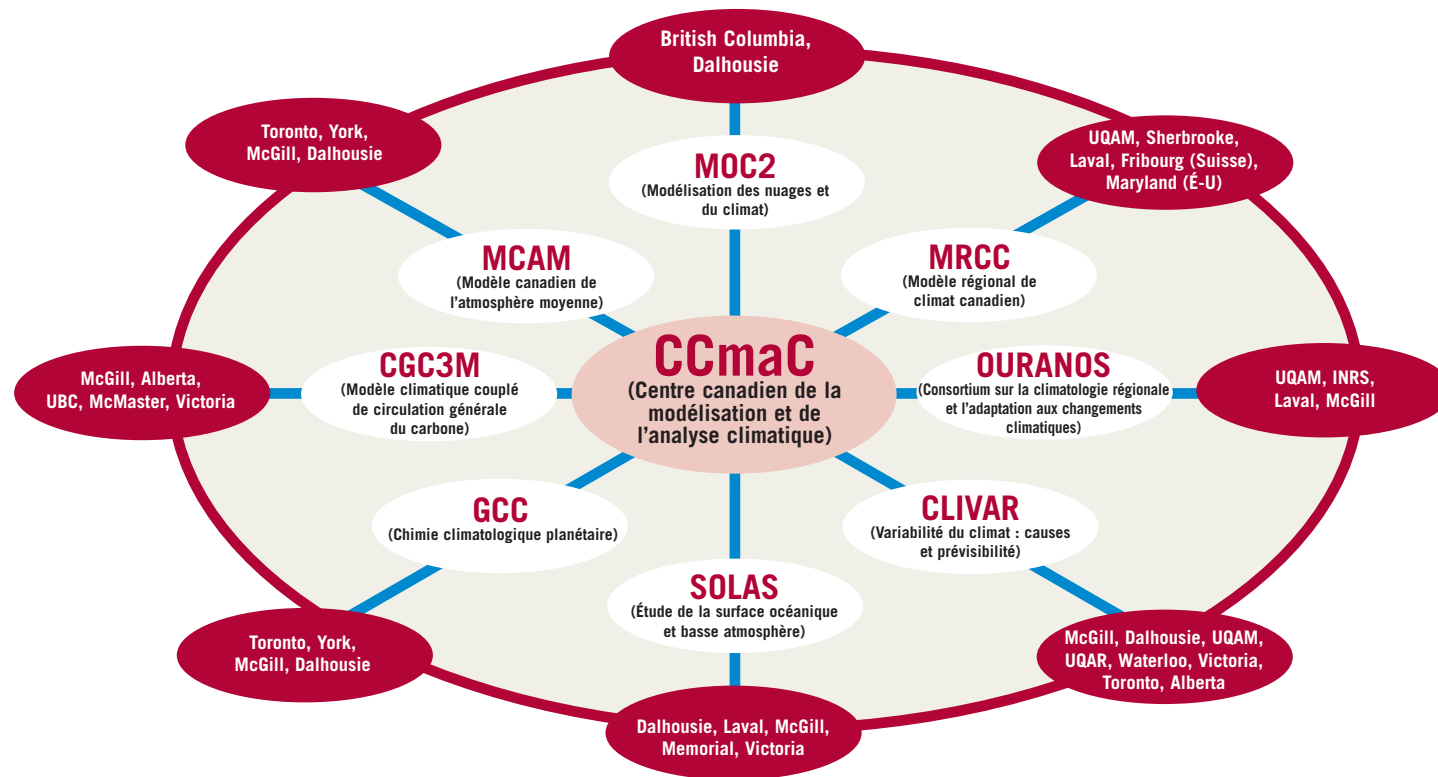
personnel de recherche dans de nombreux domaines était remarquablement limité pour les résultats obtenus. De nombreux chercheurs de pointe s'apprêtent à prendre leur retraite et il n'y a pas suffisamment de jeunes scientifiques en préparation pour les remplacer. De plus, les activités de recherche dépendent de plus en plus de financement provisoire, ce qui rend d'autant plus difficile le maintien de la collecte de données et des recherches stables et à long terme nécessaires pour comprendre de nombreux processus et tendances atmosphériques. La recherche pure est une activité incertaine et les chercheurs produisent leurs meilleurs résultats quand ils ne sont pas préoccupés par leur avenir à long terme.

Si la capacité du SMC d'attirer des partenaires universitaires diminue, il en sera de même de la capacité du gouvernement fédéral de faire participer les universités à des recherches qui sont directement liées à ses besoins stratégiques. Pour être un partenaire efficace des universités canadiennes et d'organismes d'autres pays, le SMC doit disposer d'un financement stable à un degré qui lui permettra de maintenir le niveau élevé de ses propres capacités de recherche. Comme en concluait le comité d'examen indépendant dans son rapport, le transfert de la recherche fondamentale au milieu universitaire n'élimine pas la nécessité de maintenir un effectif scientifique solide au sein du SMC.

Des bénévoles transportant des appareils de prélèvement d'air portatifs dans leur sac à dos mesurent les niveaux de pollution atmosphérique à laquelle sont exposés les piétons dans les rues du centre-ville de Toronto. En comparant les données sur la pollution atmosphérique avec les enregistrements effectués au cours des activités des bénévoles et leurs réactions physiologiques, les chercheurs obtiennent une meilleure compréhension des effets des polluants communs sur le corps humain. Cette étude continue réunit les talents et les ressources de chercheurs du SMC, de Santé Canada et des universités de Toronto et du Michigan.



LA RECHERCHE AU SMC : Un noyau de collaboration



Les ressources variées et l'expertise scientifique du SMC sont au cœur de plusieurs projets de recherche importants engageant la participation des universités canadiennes. Par exemple, au Centre canadien de la modélisation et de l'analyse climatique du SMC, basé à l'Université de Victoria, les chercheurs universitaires et autres ont accès à des modèles climatologiques planétaires des plus avancés au monde, ainsi qu'aux projections détaillées sur les changements climatiques que l'on en tire. De ce fait, le CCmaC est la pierre angulaire essentielle d'un vaste réseau de recherche.

Ce diagramme offre une vue instantanée des projets de recherches principaux du CCmaC et des universités participantes pour l'année 2003. Plusieurs de ces projets impliquaient également d'autres ministères gouvernementaux. De plus, par le biais de son site Web, le centre offre accès à plus de 2800 années de données sorties de ses modèles climatiques. Depuis 1998, plus de 14 000 ensembles de données ont été téléchargés.



TIRER PARTI D'UNE BASE D'EXCELLENCE

« Nous devons voir à hisser le Canada au rang des cinq pays les plus avancés au chapitre de la recherche-développement, et ce, d'ici 2010....De son côté, le gouvernement compte à tout le moins doubler d'ici 2010 les sommes qu'il consacre déjà à la recherche-développement. Ces nouveaux investissements permettront :

- de nous maintenir sur la voie de l'excellence en renforçant la capacité de nos universités, de nos laboratoires et organismes gouvernementaux en matière de recherche;
- d'accélérer notre capacité de mettre en marché nos dernières découvertes et d'offrir ainsi de nouveaux produits et de nouveaux services;
- de poursuivre, dans les domaines des sciences et de la technologie, une stratégie globale favorisant une collaboration accrue à la recherche internationale aux frontières du savoir. »

*Discours du Trône
Le 30 janvier 2001*

Les besoins croissants de données en sciences atmosphériques découlent de la nécessité toujours plus grande d'information scientifique en général du gouvernement. Selon un article publié dans *Nature*, en janvier 2000, les références à l'information scientifique au cours des débats parlementaires britanniques se sont multipliées par six au cours des années 1990. Non seulement la tendance est-elle la même ici, mais le gouvernement canadien attache en plus une importance plus grande au rôle des sciences dans l'établissement des politiques. Les rapports ASEG, VEST et ESTFP, récemment publiés par Industrie Canada, font tous allusion à la nécessité de créer une meilleure interface entre les sciences et les politiques et d'élaborer la meilleure base scientifique et technologique possible au pays.

À l'ouverture de la 37^e législature, le 30 janvier 2001, le gouvernement fédéral s'est fixé pour objectif de faire du Canada l'un des cinq pays les plus importants du monde en matière de rendement de R-D, d'ici 2010. Nous avons, en fait, déjà atteint ce but dans le domaine des sciences atmosphériques, mais il faut prendre garde de ne pas saper les forces qui nous ont permis de le faire. En réalité, nous devons plutôt les renforcer et en tirer parti ou risquer la détérioration rapide de nos connaissances de pointe dans ce domaine et de tous les avantages qui en découlent.

Quels sont ces points forts? Premièrement, le haut niveau de connaissances techniques au sein du SMC et dans les universités. Deuxièmement, une interaction productive entre eux, qui se veut davantage synergique qu'antagoniste. Le gouvernement, surtout par l'entremise du SMC, fournit la base institutionnelle (et ainsi la continuité et les ressources importantes) qui rend possible les complexes activités de recherche à long terme. Les universités élargissent le bassin de capital intellectuel et étendent la portée des idées et des connaissances techniques qui pourraient, à l'avenir, avoir une certaine pertinence pour les politiques.

Il est pressant que le gouvernement fédéral prenne des mesures décisives pour rétablir le financement de la recherche au SMC et le porter à un niveau qui lui permettra de satisfaire aux nombreuses exigences qui lui sont imposées. Les nouvelles ententes en recherche atmosphérique devraient continuer d'être basées sur une démarche mixte qui associe une forte composante gouvernementale avec les ressources dont disposent les universités et d'autres secteurs. Une telle démarche fournira le moyen le plus efficace et le plus flexible de capitaliser sur les avantages de chaque source de connaissances techniques, tout en minimisant ses désavantages.

**Il est pressant que
le gouvernement fédéral
rétablisse le financement
de la recherche
au SMC.**

Une base institutionnelle et son infrastructure sont essentielles à la survie et à la croissance d'un milieu des sciences atmosphériques fort au Canada. Cette base est actuellement assurée par le SMC, quoiqu'elle puisse aussi être établie par d'autres structures. D'une façon ou d'une autre, cependant, l'établissement de base doit être maintenu par le gouvernement fédéral en raison de son coût, de la nécessité d'assurer une continuité à long terme et d'avoir un mécanisme qui puisse apporter un soutien étroit à la prise de décisions au gouvernement.

Le gouvernement aura un bien meilleur accès aux connaissances spécialisées en sciences

atmosphériques et pourra utiliser la recherche beaucoup plus efficacement dans l'intérêt du public s'il est lui-même un partenaire de cette recherche.

Envisageons de nouveaux moyens pour le gouvernement d'obtenir de l'information de meilleure qualité en plus grande quantité et à moindre coût. Trouvons des moyens d'améliorer le capital intellectuel qui se trouve dans nos universités ainsi que dans le secteur privé et dans les organisations non gouvernementales. Ce faisant, assurons-nous de ne pas détruire les mécanismes qui nous ont si bien servis dans le passé et qui sont essentiels à notre succès pour l'avenir.

Un climatologue du SMC, David Phillips, reçoit l'insigne de l'Ordre du Canada des mains de la gouverneure générale du Canada, Adrienne Clarkson. Cette nomination, qui n'est habituellement pas accordée à des fonctionnaires en poste, vise à reconnaître la contribution unique de Phillips en tant que commentateur des événements météorologiques et des questions climatiques. Elle dénote aussi l'importance que les Canadiens accordent à la compréhension des répercussions du temps et du climat sur leur vie.



« Le recrutement de la Direction de la recherche climatologique (DRC) du SMC est remarquablement limité par rapport à l'efficacité actuelle et à la valeur reconnue de la DRC, dans le cadre du programme de services et de recherches sur le climat. Le Groupe est convaincu que même en doublant le budget de recherche de la DRC, par exemple sur une période de cinq ans, il serait tout de même considéré, à l'échelle internationale, comme un engagement relativement faible envers ses intérêts déclarés à l'égard de la compréhension du climat et des services climatiques. »

Examen indépendant du Programme de recherche et développement du Service météorologique du Canada

« Le Consortium canadien pour la recherche recommande au gouvernement du Canada de renouveler son engagement envers le soutien des sciences gouvernementales et des installations nationales qui permettent au Canada de réaliser des recherches de pointe et ouvrent la porte à la collaboration internationale. »

*Consortium canadien pour la recherche
Mémoire présenté au Comité permanent
des finances de la Chambre des communes,
septembre 2002*



ANNEXE I

QUELLE EST LA QUALITÉ DES SCIENCES DE L'ATMOSPHÈRE AU CANADA?

En bref, « très bonne ». Les Canadiens comptent parmi les collaborateurs les plus importants en sciences atmosphériques au niveau international. Par exemple, le Canada est l'un des quelques pays qui participent à l'élaboration des modèles du climat mondial, ces programmes élaborés produits au moyen de superordinateurs qui simulent le comportement de l'atmosphère et des océans et leurs interactions avec d'autres parties du système terrestre. Au fil des ans, les modèles canadiens se sont classés parmi les meilleurs au monde, situation qui a été reconnue récemment quand les États-Unis ont choisi le modèle canadien actuel comme l'un des deux à utiliser pour leur évaluation nationale des répercussions du climat.

Le Canada se place aussi au premier rang, avec les États-Unis, le Royaume-Uni, le Japon et l'Union européenne, pour l'établissement de modèles et de techniques de prévisions météorologiques numériques (PMN). Bien que les chercheurs canadiens aient moins de ressources à leur disposition, l'exactitude de leurs PMN est comparable à celles d'autres centres internationaux.

Le spectrophotomètre Brewer de mesure de l'ozone est une autre réalisation canadienne importante. Mis au point par un groupe de scientifiques d'abord installés à l'université de Toronto et, ensuite, au Service de l'environnement atmosphérique (maintenant le Service météorologique du Canada), le spectrophotomètre Brewer est actuellement l'instrument standard d'observation au sol de l'ozone stratosphérique. Environ 180 instruments Brewer sont maintenant utilisés dans quelque 45 pays du monde.

Les scientifiques du SMC ont aussi établi le premier indice UV du monde pour informer le public des niveaux de rayonnement ultraviolet nuisibles à la surface de la terre. L'indice canadien a été adopté comme étalon international par l'Organisation mondiale de la santé et l'Organisation météorologique mondiale et est utilisé par de nombreux autres pays du monde.

Les questions liées à l'Arctique constituent une préoccupation canadienne particulière, et une grande partie des connaissances concernant le transport atmosphérique du mercure, des pesticides et d'autres substances toxiques persistantes vers l'environnement arctique du sud résultent des travaux des scientifiques canadiens.

Le nombre d'articles publiés dans des revues scientifiques de tête est souvent considéré comme un point de repère de la productivité scientifique. Sur ce plan, le milieu des sciences atmosphérique canadien se défend très bien. Au cours des vingt dernières années, le Canada s'est maintenu parmi

« ...dans plusieurs domaines, les composantes du programme de recherche et développement du SMC sont de qualité mondiale. »

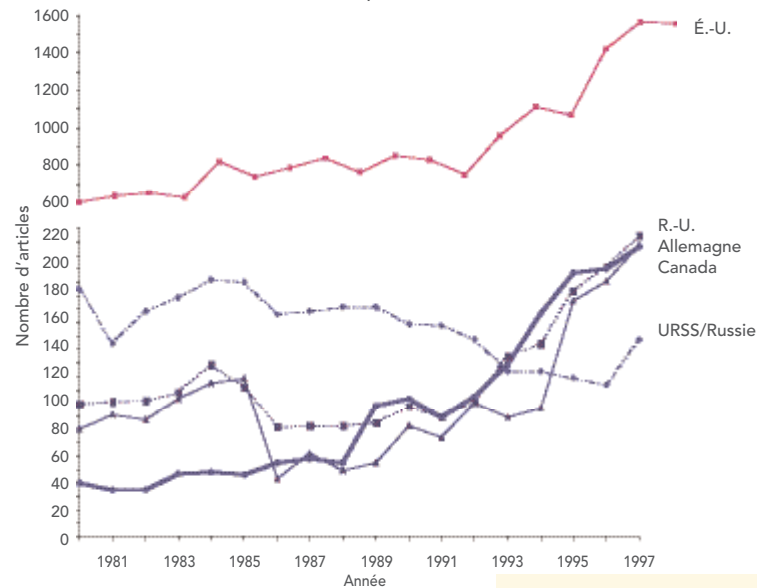
les cinq plus grands producteurs d'articles en sciences atmosphériques, avec les États-Unis, le Royaume-Uni, l'Allemagne et la Russie. Au début des années 1990, notre production n'était surpassée que par celle des États-Unis.

Dans le cadre d'un récent examen des programmes de recherche du SMC, une équipe internationale d'experts scientifiques concluait que, dans plusieurs domaines, les composantes du programme de recherche et développement du SMC sont de qualité mondiale et que, dans certains cas, ces composantes sont les chefs de file à l'échelle mondiale. Il comportait cependant

une observation de mauvais augure, précisant que les récentes coupures de ressources du SMC avaient laissé à l'organisation un programme très étendu, alors qu'est grandement limitée la masse critique de ressources requises pour qu'il demeure un intervenant valable et vivant du milieu scientifique.

Le Canada, en tant que pays, a peut-être une population relativement restreinte, mais en sciences atmosphériques, les Canadiens ont une grande portée et leur influence est excessivement grande. Nos connaissances spécialisées reconnues à l'échelle internationale constituent une base solide sur laquelle peuvent s'appuyer nos succès futurs. C'est aussi un atout à soutenir et non à négliger.

Les cinq pays les plus avancés en météorologie et en sciences atmosphériques (nombre d'articles)





ANNEXE II

DIAL : L'ÉCHEC D'UNE RÉUSSITE

La brève existence des opérations d'Environnement Canada liées au DIAL et leur rôle dans ce qui a abouti à la disparition de l'observatoire d'Eureka illustrent bien les promesses que peuvent représenter les partenariats gouvernement-université et les périls d'une dépendance excessive à l'égard des universités pour les besoins de recherche critiques.

Le DIAL est le lidar à absorption différentielle – un instrument qui a recours à deux faisceaux laser pour mesurer les concentrations de divers constituants de l'atmosphère à différentes altitudes au-dessus de la terre. Grâce au DIAL, les chercheurs au sol peuvent prendre des mesures qui nécessitaient antérieurement l'utilisation de sondes transportées par des ballons.

La technologie du DIAL a soulevé l'intérêt du Service de l'environnement atmosphérique (comme s'appelait alors le SMC) au milieu des années 1980. Les chercheurs du SEA venaient de confirmer que l'appauvrissement de la couche d'ozone se produisait au-dessus du Canada et il devenait de plus en plus important de combler les lacunes des réseaux de surveillance de l'ozone. Une de ces lacunes se situait dans la région de Toronto, où l'on ne disposait pas d'information à propos de la distribution verticale de l'ozone depuis la fin des années 1960, lorsqu'un programme régulier de vols d'ozonosondes avait été abandonné en raison de préoccupations relatives à la sécurité aérienne.

La technologie du DIAL, qui venait d'être mise au point, offrait alors un moyen d'obtenir de nouveau de l'information sur le profil de l'ozone pour la région. Par conséquent, le SEA a formé un partenariat avec une équipe dirigée par le professeur Al Carswell de l'université York, afin d'établir une capacité d'utilisation du DIAL à Toronto. Participaient aussi à ce partenariat un organisme du gouvernement ontarien, l'Institut de science terrestre et spatiale (maintenant CRESTech, le Centre for Research in Earth and Space Technology) et un partenaire de l'industrie, OPTTECH Inc.

En 1991, le gouvernement canadien a considérablement augmenté sa capacité de surveiller les paramètres atmosphériques cruciaux liés à l'appauvrissement de la couche d'ozone en finançant la construction de l'observatoire d'Eureka dans l'île d'Ellesmere, dans l'Extrême-Arctique. Le DIAL pour l'ozone était l'une des principales composantes des instruments du nouvel observatoire, de même que le spectrophotomètre Brewer de mesure de l'ozone, mis au point par le SEA, et d'autres contributions de haute technologie du Japon et des États-Unis. Non seulement l'observatoire d'Eureka contribuait à combler les besoins de recherche du Canada, mais il est aussi devenu un lien important du Réseau de détection des changements stratosphériques, réseau mondial établi sous les

auspices de l'Organisation météorologique mondiale pour fournir des données de référence et des normes mondiales visant à assurer l'exactitude et la compatibilité des systèmes d'observation au sol et par satellite.

Le DIAL de Toronto et celui d'Eureka ont été utilisés avec grand succès par les organismes fondateurs jusqu'en 1999, lorsque le professeur Carswell a pris sa retraite du département de physique de l'université York. À ce moment, le projet a commencé à se détériorer. D'abord, le département a décidé que les travaux de M. Carswell ne correspondaient plus à ses priorités. Ce n'était pas réellement de la physique, concluait-il, mais plutôt des sciences atmosphériques et il préférait les remplacer par des travaux dans un domaine différent. Les étudiants diplômés de Carswell ont maintenu leur collaboration à la recherche, mais la participation de l'université a pour ainsi dire pris fin. Ensuite, CRESTech a décidé que le projet était essentiellement d'intérêt fédéral et ne devrait pas être appuyé par des fonds du gouvernement de l'Ontario.

Il va sans dire que le programme DIAL a perdu de son impulsion, pour cesser complètement au bout de trois ans. Privé d'une de ses principales capacités d'observation, Eureka en a aussi été touché. Face à une répartition trop large de ses ressources décroissantes entre de trop nombreuses priorités, le SMC a commencé à chercher à réduire ses coûts. Eureka est devenu un projet sacrificiable. Ainsi, après avoir été l'un des joyaux de la recherche canadienne sur l'ozone, l'observatoire a été désaffecté à l'été 2002.

La fermeture d'Eureka a eu une incidence non seulement sur la recherche canadienne, mais aussi sur d'importants projets internationaux. Les données fournies par les ozonosondes d'Eureka avaient été utilisées dans le cadre du projet international MATCH, fournissant ce que de nombreux chercheurs considèrent comme les meilleures preuves tangibles de l'appauvrissement chimique de la couche d'ozone dans l'Arctique. La survie des activités du DIAL de l'ozone à Eureka aurait permis d'assurer un apport continu de données semblables qui auraient grandement amélioré le rendement du programme MATCH.

Les leçons à tirer de cette expérience sont nombreuses. La plus importante et la plus évidente est le grand succès que peuvent avoir les partenariats entre le gouvernement et les universités à fournir des possibilités de recherche innovatrices et à donner la chance à des chercheurs hautement qualifiés d'apprendre dans le cadre de la poursuite d'objectifs de recherche d'importance nationale.

Les autres leçons ne sont pas aussi positives, tout au moins du point de vue gouvernemental. L'une d'entre elles est que les objectifs des universités en matière de recherche ne sont pas dictés par les besoins du gouvernement ni par ceux du public

Un faisceau Lidar pénètre la nuit arctique au-dessus d'Eureka.



MISE À JOUR 2004

Au printemps 2004, un groupe de chercheurs universitaires a réussi à réunir suffisamment d'appuis financiers de divers organismes subventionnaires des universités pour remettre Eureka en service pendant une période de trois à cinq ans. Bien que ce soutien permette la reprise de certaines activités de recherche très importantes, rien ne garantit qu'il y aura d'autres fonds à l'échéance des subventions. Ainsi, la sécurité des recherches et de la collecte de données à long terme à Eureka n'est pas garantie – et pourtant ce sont là les travaux qui aideront le plus les scientifiques à répondre aux questions fondamentales à propos de la réduction de l'ozone, les changements climatiques, et d'autres questions importantes touchant l'atmosphère de l'Arctique. Seul un financement stable du gouvernement pourra assurer le maintien de ces activités sur une période indéfinie.

Entre-temps, la National Science Foundation des États-Unis a accordé près de 4 millions de dollars à des chercheurs américains pour l'établissement d'une station de recherche en sciences atmosphériques près du pôle Nord, en territoire canadien. Ces recherches se déroulent à quelques centaines de kilomètres d'une autre station de recherche canadienne, celle d'Alert dans l'île d'Ellesmere, où les restrictions financières proposées menacent encore davantage les activités de recherche du SMC.

canadien. Si le gouvernement n'a pas les moyens d'influer sur les intérêts de recherche de ses partenaires universitaires, il se tournera logiquement vers ses propres priorités. Celles-ci peuvent être tout à fait justifiables sur le plan universitaire, mais on ne peut s'attendre à ce qu'elles s'orientent pour autant vers des objectifs nationaux.

Une autre leçon importante est que les universités ne sont pas conçues pour soutenir des recherches à long terme. Leur préoccupation est d'abord la recherche dictée par l'intérêt, menée dans un esprit de concurrence en respectant les plus hautes normes internationales de rendement, et les nouveaux membres du corps professoral doivent essentiellement commencer leurs propres programmes de recherche à partir de zéro. Une telle orientation n'offre que peu de soutien à la poursuite du genre d'activités à long terme nécessaires pour suivre et étudier des problèmes continuels comme la pollution environnementale.

L'exemple du DIAL de l'ozone montre bien les nombreuses caractéristiques (bonnes et mauvaises) de la collaboration intersectorielle. L'étroite interaction entre l'université York et OPTECH, qui a favorisé une transposition rapide et presque sans heurt des idées de recherche à partir des laboratoires de l'université vers le secteur industriel, était presque unique dans le contexte université–secteur privé. Par ailleurs, l'étroite interaction entre le gouvernement et les laboratoires universitaires a favorisé des objectifs de suivi et d'expérience ainsi que des activités éducatives.

Toutefois, quand le vent a tourné sur le front de la recherche universitaire et industrielle, le gouvernement s'est trouvé dépourvu de l'infrastructure et du personnel nécessaires pour maintenir la surveillance d'éléments essentiels de l'environnement. Dans ce cas, les répercussions ont été particulièrement graves parce que le SMC n'avait ni les ressources financières, ni le personnel spécialisé pour combler le fossé laissé par le départ de son partenaire universitaire.



LES SIGNATAIRES

TERRY BIDLEMAN est chercheur principal au Service météorologique du Canada et professeur adjoint au départements de chimie et de génie chimique et chimie appliquée de l'université de Toronto. Spécialiste des polluants organiques persistants dans l'atmosphère, Le D^f Bidleman a élaboré plusieurs méthodes pour mesurer la présence des BPC et des pesticides organochlorés dans l'atmosphère et leur échange entre divers milieux comme l'eau, le sol et les particules en suspension dans l'air. Il a également effectué les premières mesures des concentrations de ces composés dans l'atmosphère de l'Arctique canadien. Il participe au Programme de lutte contre les contaminants dans le Nord du ministère des Affaires indiennes et du Nord canadien et a été rédacteur adjoint du chapitre sur l'environnement physique du Rapport d'évaluation des contaminants dans l'Arctique canadien de 2003. Il a fait partie des comités de rédaction des revues *Chemosphere* et *Estuaries* et a été coréceptiendaire en 1999 de l'American Chemical Society Award for Creative Advances in Environmental Science and Technology. D'après le Science Citation Index, le D^f Bidleman a fait partie des 250 auteurs d'articles sur les sciences de l'environnement les plus fréquemment cités en 2003.

GEORGE BOER est chercheur principal au Service météorologique du Canada et professeur adjoint à l'université de Victoria. Autrefois chef du Centre canadien de la modélisation et de l'analyse climatique (CCmaC) et de son prédécesseur, la Division de modélisation numérique du Centre climatologique canadien, il est un des pionniers de la modélisation et de l'analyse modernes du climat au Canada. Il fait présentement partie du CCmaC à Victoria, où il continue de travailler sur la modélisation du climat, les diagnostics climatiques et la prévision du climat. Le D^f Boer a publié de nombreux articles ainsi que deux livres en collaboration; il est l'auteur de plusieurs chapitres de livres et a été auteur principal de plusieurs chapitres des deuxième et troisième rapports d'évaluation publiés par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). Il est présentement membre de plusieurs comités et groupes de travail de plusieurs organismes scientifiques nationaux et internationaux, dont le Programme mondial de recherche sur le climat, l'Asian Pacific Climate Network, le Seasonal to Interannual Model Intercomparison Project et le GIEC. Il est titulaire du prix Jim Bruce pour ses contributions remarquables au Programme de l'environnement atmosphérique, et de la Mention d'excellence d'Environnement Canada pour des contributions importantes aux sciences du climat.

JAN BOTTENHEIM est chercheur principal au Service météorologique du Canada et professeur adjoint au département de chimie de l'université York. Son domaine de recherche est la chimie de la troposphère en phase gazeuse et il s'intéresse particulièrement à la formation de l'ozone et d'autres oxydants. Ses responsabilités comme chercheur en chef dans plusieurs grandes études sur le terrain l'ont mené dans presque tous les coins du pays ces dernières années. Le D^f Bottenheim est particulièrement intéressé à la chimie de la couche limite dans l'Arctique. Il a découvert la baisse printanière de la concentration d'ozone dans l'air de surface de l'atmosphère arctique et a été l'un des enquêteurs principaux dans les expériences sur le lever du soleil au pôle (PSE 1998, ALERT 2000) qui ont révélé l'étonnante activité photochimique de la couche de neige.

JEAN CÔTÉ est chercheur principal à la Division de recherche en prévision numérique du Service météorologique du Canada où il dirige le groupe des méthodes numériques. Il est également professeur adjoint au Département des sciences de la Terre et de l'atmosphère de l'université du Québec à Montréal. Le D^f Côté a supervisé l'élaboration du modèle global environnemental multiéchelle (modèle GEM), qui est largement reconnu comme l'un des modèles de prévision météorologique les plus perfectionnés

au monde. Ses recherches portent entre autres sur l'élaboration de méthodes numériques pour décrire les flux environnementaux, les calculs en parallèle et d'autres applications du modèle GEM. Le D^r Côté a reçu le Prix Andrew Thompson en météorologie appliquée de la Société canadienne de météorologie et d'océanographie.

JACQUES DEROME est professeur au département des sciences de l'atmosphère et des océans de l'université McGill et enquêteur désigné du Réseau de recherche canadien en variabilité climatique. Ses recherches visent à découvrir les mécanismes physiques responsables des variations d'une année à l'autre dans les conditions atmosphériques saisonnières moyennes et à déterminer la prévisibilité de ces variations. Il étudie également les liens entre les températures de la surface de la mer dans le Pacifique tropical et les conditions atmosphériques dans d'autres parties du monde. Le D^r Derome collabore depuis plusieurs années avec des chercheurs du SMC à l'élaboration de techniques de prévision saisonnière, dont certaines sont présentement utilisées par le Centre météorologique canadien pour produire des prévisions d'exploitation saisonnières. Le D^r Derome a reçu la Médaille Patterson du Service météorologique du Canada et le Prix Oscar Villeneuve de la Société de météorologie de Québec. Il a été élu membre de la Société canadienne de météorologie et d'océanographie en 2000.

MIRIAM DIAMOND est professeure au département de géographie de l'université de Toronto. Ses recherches utilisent la modélisation mathématique, la chimie analytique, des études en laboratoire, des études sur le terrain et la gestion de l'information pour étudier le mouvement des contaminants anthropiques entre différents milieux environnementaux (p. ex., l'air, l'eau et le sol). Le D^r Diamond dirige également un groupe de recherche multidisciplinaire qui utilise une vaste gamme de perspectives sociales et scientifiques pour élaborer des stratégies visant à améliorer la qualité de l'environnement.

JAMES DRUMMOND est professeur de physique à l'université de Toronto. Ses principales activités de recherche sont la mesure de la composition atmosphérique au moyen de diverses plates-formes de télésondage, dont des satellites, des ballons et des aéronefs. Il est l'enquêteur désigné du programme MOPITT de mesure de la pollution dans l'atmosphère, qui a été lancé sur le satellite Terra de la NASA en 1999 et a fourni les premières mesures satellitaires de la qualité de l'air dans la troposphère. Il est également coenquêteur pour le programme MANTRA, qui utilise des ballons, et pour les instruments satellisés MAESTRO et FTS. Il élabore présentement des propositions d'instruments de mesure des paramètres atmosphériques de Mars. Le D^r Drummond est membre actif de plusieurs comités de l'Agence spatiale canadienne et il examine régulièrement des propositions de

recherche pour la NASA et l'Agence spatiale européenne. Il a reçu la Médaille Patterson du Service météorologique du Canada en 1996.

GEORGE ISAAC est chercheur principal à la Division de la recherche sur la physique des nuages du SMC et professeur adjoint au département de physique et des sciences de l'atmosphère de l'université Dalhousie. Ses recherches portent sur le givrage des aéronefs, la paramétrisation des nuages dans les modèles numériques, la chimie des nuages, les nuages et le climat, et la microphysique des nuages. Le D^r Isaac est membre du comité du programme mondial de recherche météorologique de l'Organisation météorologique mondiale depuis 1988 et est président de la commission internationale sur les nuages et les précipitations de l'Association internationale de météorologie et des sciences de l'atmosphère. Il est présentement membre du comité de rédaction de la revue *Atmospheric Research*.

JAMES KERR a récemment pris sa retraite comme chercheur principal au Service météorologique du Canada, mais poursuit ses travaux de recherche à titre de scientifique émérite d'Environnement Canada. Ses travaux se concentrent sur l'ozone stratosphérique et le rayonnement ultraviolet. Il est un des co-inventeurs du spectrophotomètre à ozone Brewer, qui est l'instrument de mesure terrestre standard pour l'ozone atmosphérique et le

rayonnement ultraviolet, ainsi que l'un des créateurs de l'indice UV. L'instrument Brewer et l'indice UV sont largement utilisés à travers le monde. La démonstration d'un lien critique entre l'appauvrissement de la couche d'ozone et l'augmentation du rayonnement UV (en collaboration avec Thomas McElroy) est une de ses autres réalisations scientifiques. Le D^r Kerr a également fait des contributions importantes comme coauteur et auteur principal d'évaluations scientifiques internationales concernant la couche d'ozone et le changement climatique; il est membre du Groupe consultatif scientifique pour l'ozone atmosphérique de l'Organisation météorologique mondiale.

CHARLES LIN est professeur au département des sciences de l'atmosphère et des océans de l'université McGill et a été chef du département de 1998 à 2003. Ses recherches ont porté sur la modélisation à haute résolution des précipitations intenses dans l'atmosphère, le couplage de modèles atmosphériques et hydrologiques pour la simulation des inondations, et les sciences du climat. De 1996 à 1999, il a fait partie du comité de sélection des subventions pour les sciences de la Terre – environnement du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie et est présentement l'un des directeurs de la Computational Fluid Dynamics Society of Canada. Il a reçu le Prix du président de la Société canadienne de météorologie et d'océanographie en 2002.

GORDON MCBEAN est professeur aux départements de géographie et de sciences politiques et président de l'Institute for Catastrophic Loss Reduction de l'University of Western Ontario. De 1994 à 2000, il a été sous-ministre adjoint d'Environnement Canada et a dirigé le Service météorologique du Canada. En recherche, il s'est intéressé à de nombreux sujets, allant des sciences de l'atmosphère et du climat à l'élaboration de politiques gouvernementales et de réactions à ces politiques. De 1988 à 1994, il a été président du Comité scientifique du Programme mondial de recherche sur le climat des Nations Unies. Il est présentement président du conseil d'administration de la Fondation canadienne pour les sciences du climat et de l'atmosphère et est membre du comité consultatif sur l'environnement du Conseil international pour la science. Il a été récipiendaire de la Médaille Patterson pour ses contributions remarquables à la météorologie et est membre de la Société royale du Canada, de la Société canadienne de météorologie et d'océanographie et de l'American Meteorological Society.

JOHN MCCONNELL est professeur au département des sciences de la Terre et de l'atmosphère de l'université York où ses recherches portent sur l'étude des phénomènes de transport dans l'atmosphère, la chimie, le transfert radiatif, et d'autres phénomènes de l'atmosphère terrestre et des atmosphères des autres planètes. Il est présentement enquêteur désigné du réseau de modélisation à échelles multiples de la qualité de l'air, qui est financé

par la Fondation canadienne pour les sciences du climat et de l'atmosphère, et est coenquêteur dans plusieurs études importantes sur la chimie de l'atmosphère, dont MOPITT, MANTRA, MAESTRO et le modèle canadien de l'atmosphère moyenne. Membre de la Société royale du Canada, Le D^r McConnell a été rédacteur adjoint du *Journal of Geophysical Research* et a été membre de plusieurs comités consultatifs gouvernementaux, dont le Groupe d'experts sur l'action de l'aviation sur l'atmosphère du Conseil national de recherches et le groupe de travail sur l'aviation et l'atmosphère planétaire du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat.

THOMAS MCELROY est chercheur principal au Service météorologique du Canada et professeur adjoint au département de physique de l'université de Toronto. Dans ses travaux de recherche, il s'est intéressé à une vaste gamme de sujets, dont la conception d'instruments, l'analyse des données, la modélisation, la théorie de l'extraction et les sciences de l'ozone. Le D^r McElroy est co-inventeur du spectrophotomètre à ozone Brewer et cocréateur de l'indice UV canadien. Il est également le concepteur du spectrophotomètre Brewer double, l'instrument de mesure de l'ozone le plus précis utilisé par le Système mondial d'observation de l'ozone, de même que du photomètre solaire et du photospectromètre solaire utilisés dans la navette spatiale par les astronautes canadiens Marc Garneau et Steve MacLean

respectivement. Le D^r McElroy est enquêteur désigné pour l'instrument MAESTRO utilisé dans le satellite de recherche canadien SCISAT-1 qui a été lancé en août 2003.

NORMAN MCFARLANE est chercheur principal au Centre canadien de la modélisation et de l'analyse climatique du Service météorologique du Canada à Victoria. Il occupe un poste de professeur à durée déterminée à l'école des sciences de la Terre et des océans de l'université de Victoria et est professeur adjoint à l'université de Toronto. Le D^r McFarlane est l'un des chercheurs canadiens d'avant-garde dans la modélisation et l'analyse climatiques et on lui doit un certain nombre de contributions importantes dans ce domaine, particulièrement dans les questions liées à la dynamique de l'atmosphère, l'évolution des nuages et les aérosols. Il a été examinateur expert pour le troisième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat et est présentement rédacteur adjoint de *Journal of Climate*. Le D^r McFarlane a reçu la Mention d'excellence d'Environnement Canada en 2002; il est également récipiendaire de la Médaille Patterson pour ses contributions remarquables à la météorologie au Canada (1996), et du Prix Andrew Thompson en météorologie appliquée (1987).

HAROLD RITCHIE est chercheur principal au Service météorologique du Canada et professeur adjoint au département d'océanographie de l'université Dalhousie. Ses principaux domaines de recherche sont

la prévision météorologique numérique et la modélisation numérique couplée pour la prévision environnementale. Le D^r Ritchie dirige le groupe de modélisation numérique couplée du service Recherche en prévision numérique (RPN) du Centre de recherche en prévision météorologique numérique du SMC à Dorval (Québec), et est également chercheur en chef du SMC dans le Programme de recherche sur la prévision environnementale en Atlantique (PRPEA), un projet à partenaires multiples basé à Halifax (N.-É.) qui élabore des méthodes de prévision environnementale plus exhaustives. Ce programme a mené à la mise en œuvre du premier système opérationnel canadien de prévision des ondes de tempête et d'alerte pour le niveau de l'eau. Le D^r Ritchie travaille également avec l'université Dalhousie et d'autres partenaires à l'élaboration d'un système de prévision environnementale marine qui améliorera la prévision des changements physiques, chimiques et biologiques dans l'environnement marin et évaluera les impacts du changement climatique et de l'aménagement du littoral.

TED SHEPHERD est professeur de physique à l'université de Toronto et ses domaines de recherche vont de la dynamique atmosphérique théorique à l'ozone stratosphérique et au couplage chimie-climat. Durant plus de dix ans, il a été l'enquêteur principal de la collaboration entre le SMC et l'université qui a mené à l'élaboration du modèle canadien de l'atmosphère moyenne, un modèle d'avant-garde de simulation du climat qui se concentre

sur la représentation des interactions ozone-climat. Le D^r Shepherd a joué des rôles importants dans les évaluations de l'état de l'ozone de l'OMM/PNUE en 1998 et 2002, et est maintenant auteur principal du rapport spécial sur l'ozone et le climat du GIEC/GETE. Il est également rédacteur en chef du *Journal of the Atmospheric Sciences*, publié par l'American Meteorological Society. Le D^r Shepherd a été le récipiendaire d'une Bourse E.W.R. Steacie du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie (1995) et du Prix du président de la Société canadienne de météorologie et d'océanographie (1995).

RONALD STEWART occupe la Chaire industrielle sur le temps extrême du CRSNG au département des sciences de l'atmosphère et des océans de l'université McGill. Il a été chercheur principal au Service météorologique du Canada et Président de la Société canadienne de météorologie et d'océanographie en 2001-2002. Ses recherches portent sur les précipitations, les tempêtes et le cycle de l'eau, et il a dirigé ou présidé de nombreux programmes de recherche et servi de conseiller scientifique officiel dans de nombreuses activités nationales et internationales sur ces questions. Il a également publié abondamment, étant l'auteur de plus de 200 communications dans des publications à comité de lecture, et de comptes rendus et de rapports de conférences. Le D^r Stewart est récipiendaire de l'Environmental Research Excellence Award de GKSS d'Allemagne et du Prix du président

de la Société canadienne de météorologie et d'océanographie.

PETER TAYLOR est professeur au département des sciences de la Terre et de l'atmosphère de l'université York où il se spécialise dans la couche limite de l'atmosphère et les études à moyenne échelle en utilisant une gamme de modèles numériques et de programmes sur le terrain. Il a récemment élaboré des applications pour l'étude des phénomènes météorologiques de surface sur Mars (qui seront utilisées dans la mission conjointe Phoenix de la NASA et de l'Agence spatiale canadienne qui doit se dérouler sur Mars en 2007), des études sur place de la poudrière dans l'Arctique, et des enquêtes sur plusieurs orages d'été dans le sud de l'Ontario (dans le cadre d'ELBOW 2001, un projet conjoint avec le SMC dans lequel il occupait le poste de chercheur universitaire en chef). Son groupe de recherche participe activement à plusieurs projets de modélisation, dont la modélisation à moyenne échelle, des études du cycle diurne des couches limites de la Terre et de Mars, des études de paramétrisation des surfaces terrestres (CLASS), et la modélisation de simulation de particules en suspension. Le D^r Taylor est corédacteur en chef du journal *Boundary-Layer Meteorology*.

DAVID WARDLE travaille au Service météorologique du Canada depuis 1972 et a été chef de la Division des études expérimentales de 1989 à 2003. Son domaine de recherche est la radiométrie,

particulièrement la mesure des concentrations d'ozone et d'autres constituants atmosphériques, et la mesure de l'énergie solaire et du rayonnement atmosphérique. Co-inventeur du spectrophotomètre à ozone Brewer et de l'indice UV, Le D^r Wardle a commencé à concevoir des instruments de radiométrie alors qu'il était étudiant à Cambridge dans les années 1960 et il a été le premier à mesurer les concentrations d'ozone durant tout un hiver arctique. Il cherche présentement à améliorer le spectrophotomètre Brewer; il est également occupé à mesurer à l'aide de ballons les caractéristiques de composants atmosphériques à l'état de traces dans le cadre du projet MANTRA. Il est membre du Comité national des gestionnaires de programmes sur l'ozone de l'Organisation météorologique mondiale et de son Groupe consultatif scientifique sur le rayonnement UV.

ANDREW WEAVER est professeur à l'école des sciences de la Terre et des océans de l'université de Victoria et y occupe la Chaire de recherche du Canada en sciences atmosphériques. Rédacteur de *Journal of Climate*, il est l'auteur de plus de 130 communications évaluées par les comités de lecture et a été l'un des auteurs principaux de certains chapitres des deux dernières évaluations scientifiques du changement climatique du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. Le D^r Weaver est présentement membre du Groupe de travail sur la modélisation couplée du Programme mondial de recherche sur le climat des Nations Unies ainsi que du Climate

Research Committee de la National Academy of Science des États-Unis. Il est également coprésident d'un projet de collaboration CLIVAR-PAGES du Programme mondial de recherches sur le climat. Il a été récipiendaire de la Bourse commémorative E.W.R. Steacie du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie en 1997 et a été élu membre de la Société royale du Canada en 2001. En 2002, il a reçu une Bourse de recherche Killam et a été choisi comme l'un des 20 premiers chercheurs de moins de 40 ans au Canada par l'Institut canadien de recherches avancées et l'un des 25 Power Thinkers de Colombie-Britannique par le magazine *BC Business*. Le magazine Time l'a choisi comme l'un des grands scientifiques canadiens en 2003.

FRANCIS ZWIERS, Chef du Centre canadien de la modélisation et de l'analyse climatiques du Service météorologique du Canada à Victoria (C.-B.) a œuvré dans la recherche sur le climat à Environnement Canada durant plus de 20 ans. Ses domaines de spécialisation comprennent l'analyse de la variabilité du climat, la détection des changements climatiques, les phénomènes climatiques extrêmes, et les prévisions saisonnières. Rédacteur de *Journal of Climate*, il est membre de plusieurs comités et groupes d'experts internationaux et a été l'un des auteurs principaux du troisième rapport d'évaluation récent du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC).

REMERCIEMENTS

À **Philip Enros** et **Pierre Gauthier** d'Environnement Canada pour avoir participé aux discussions initiales qui ont mené à la publication de ce document et avoir fourni l'information documentaire sur les questions de recherche et politique,

à **Angus Fergusson** et **Rebecca Williams** d'Environnement Canada pour son soutien administratif et logistique,

à **David Francis** de Lanark House Communications pour la rédaction du texte,

à **BTT Communications** pour la conception et la production,

aux **Entreprises Hélène Bruyère** et **Travaux publics et services gouvernementaux Canada** pour la traduction, et

à **Nathalie Morais-Tiernay** pour la révision du texte français.

PROVENANCE DES PHOTOS

Gouvernement du Canada : couverture, 3, 6, 7, 8, 12, 13, 18, 22, 23, 24, 26, 27, 28

Hal Ritchie : couverture, 10

George Isaac : 19

Jeff Brook : 20