

**EXPLORATION DE NOTRE ATMOSPHÈRE EN ÉVOLUTION :
RECHERCHE SUR LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE**



Environnement
Canada

Environment
Canada

Service
de l'environnement
atmosphérique

Atmospheric
Environment
Service



96724



Légende



Laboratoire



Smog
(Molécule d'ozone)



**Échantillonnage
des pluies acides**
(Collecteur de précipitations)



Recherche stratosphérique
(Ballon-sonde)



Surveillance aérienne



Surveillance de l'ozone
(Spectrophotomètre Brewer)



Études sur la santé



Expériences spatiales
(Navette spatiale)



Toxiques atmosphériques
(Molécule organique)



Changement climatique
(Serre)



Épandage des pesticides
(Laser)

Au sujet de la couverture :

Cette carte, non à l'échelle, indique où se déroulent certaines de nos recherches au Canada. Pour voir l'emplacement de toutes nos stations de surveillance, se reporter à la carte centrale.

1203974E

EXPLORATION DE NOTRE ATMOSPHÈRE EN ÉVOLUTION : RECHERCHE SUR LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE

Table des matières

Introduction	2
Pluies acides	4
Échantillonnage	5
Modélisation	6
Étude sur le terrain	7
Effets sur la santé	8
Toxiques atmosphériques	9
Qualité de l'eau des Grands Lacs	10
Contamination du Nord	11
Réduction des pesticides	12
Modélisation des situations d'urgence	13
Smog	16
Échantillonnage	17
Modélisation	18
Recherche stratosphérique	19
Étude et mesure de la couche d'ozone	20
Expériences spatiales	21
Appauvrissement de la couche d'ozone arctique	22
Rayonnement atmosphérique	23
Changement climatique	24
Gaz à effet de serre	25
Méthane et l'Étude canadienne des terres humides du Nord du Canada	26
Le défi arctique	27
Personnes-ressources	29

1



Publié avec l'autorisation du ministre de l'Environnement
Service de l'environnement atmosphérique
© Ministre des Approvisionnements et Services Canada, 1992
N° de catalogue : En56-99/1992F
ISBN 0-662-97992-3

Ce papier contient un minimum de 50% de fibres recyclées
dont 10% de fibres recyclées après consommation.



This paper contains a minimum of 50% recycled fibers,
including 10% post-consumer fibers.

Also available in English under the title:
"Probing Our Changing Atmosphere: Air Pollution Research"

QC
882
P7614

Dans notre environnement, l'atmosphère est un élément unique en son genre, en ce qu'elle ne possède aucune frontière, qu'elle est partagée par toute l'humanité et qu'elle peut transporter en quelques jours la pollution d'un endroit du globe à l'autre. Ce que quiconque fait aujourd'hui à l'encontre de l'atmosphère se répercute demain sur toute la planète.

On n'en a pas toujours été conscient. Jadis, on attribuait au ciel une capacité infinie et magique de faire disparaître toute contamination, aussi importante soit-elle. Mais le ciel d'aujourd'hui n'est pas le même ciel bleu clair qui recouvrait la planète il y a deux cents ans. Depuis la Révolution industrielle, et plus spécialement dans les dernières décennies, notre consommation d'énergie et de ressources s'accroît à un rythme spectaculaire—tout comme notre production de déchets nocifs. Le résultat? On ne trouve plus aujourd'hui d'air pur, où que ce soit.

Comme Canadiens et comme habitants de la planète, nous faisons face à plusieurs problèmes de pollution atmosphérique: pluies acides, pollution toxique, smog, amincissement de l'ozone stratosphérique (le «trou» d'ozone), et changement climatique. C'est autour de ces cinq problèmes que s'articule le programme de recherches mené par la Direction de la recherche sur la qualité de l'air, au Service de l'environnement atmosphérique d'Environnement Canada.

Nos travaux visent trois objectifs :

- i) faire progresser l'état des connaissances scientifiques;
- ii) informer la population sur son interdépendance avec la pollution atmosphérique;
- iii) contribuer à l'élaboration d'une saine politique de lutte contre la pollution atmosphérique.

Notre rôle, dans ce contexte, passe par plusieurs étapes. Tout d'abord, nous menons des expériences en laboratoire et nous établissons des stations de mesure sur le terrain (p. ex., acidité de l'eau de pluie ou épaisseur de la couche d'ozone), ce qui nous permet de jauger

l'envergure des problèmes de pollution et de mieux comprendre les processus en jeu. Dans un second temps, les informations ainsi recueillies sont intégrées dans un modèle informatique simulant les conditions réelles (p. ex., processus de formation du smog). Ensuite, nous testons le modèle à l'aune des mesures réelles prises sur place, pour voir s'il peut simuler avec exactitude les taux de pollution associés à diverses conditions. Une fois que le modèle répond à nos critères de rendement, il peut guider la prise de décisions stratégiques en révélant les avantages respectifs de diverses stratégies anti-pollution. Enfin, après la mise en place des mesures de contrôle, nous continuons de mesurer les taux de pollution pour assurer qu'ils demeurent à des niveaux acceptables. À chacune de ces étapes, les résultats de nos recherches sont publiés dans des revues spécialisées et, souvent, communiqués au public.

Pour l'instant, le dossier des pluies acides est le seul où nous avons atteint l'étape de l'évaluation des politiques. Au cours des quinze dernières années, les chercheurs canadiens, américains et européens ont résolu la plupart des questions entourant l'acidification de notre environnement. À partir de ces informations, divers programmes de dépollution ont été implantés en Amérique du Nord, au coût de plusieurs milliards de dollars, et les scientifiques commencent à observer des résultats positifs. Les sections suivantes de cette brochure portent sur les efforts consacrés aux quatre autres problèmes de qualité de l'air.

Exploration de l'atmosphère



On a recourt à des ballons munis d'instruments pour mesurer divers polluants atmosphériques. Celui-ci, lancé à Vanscoy (Sask.), sert à l'étude de la stratosphère.

La Direction a été créée en 1971, initialement pour étudier le problème des pluies acides. Son personnel diversifié (administrateurs en ressources financières et humaines, secrétaires, ingénieurs, chimistes, météorologistes, physiciens, mathématiciens et informaticiens) forme aujourd'hui le groupe le plus nombreux au Canada de spécialistes de l'atmosphère, dont la moitié environ sont détenteurs d'un doctorat. Notre équipe jouit d'une réputation internationale et a fortement contribué à l'étude des problèmes de pollution atmosphérique.

La Direction, en coopération avec les centres régionaux, exploite une quarantaine de stations de mesure, disséminées dans le pays, qui lui permettent de suivre l'évolution quotidienne, hebdomadaire et saisonnière des caractéristiques chimiques et physiques de l'atmosphère (voir la carte centrale).

Nos laboratoires principaux sont situés en périphérie de Toronto. Nous avons aussi des installations à Egbert, Ont. (220 m²), à Fraserdale, Ont. (120 m²), à Alert, T.N.-O. (bientôt agrandies à 200 m²), et un nouvel observatoire stratosphérique actuellement en construction à Eureka, dans les T.N.-O. (500 m²). On y trouve du matériel scientifique ultra-moderne, dont une partie a été conçue par nous-mêmes et produite par l'industrie canadienne.

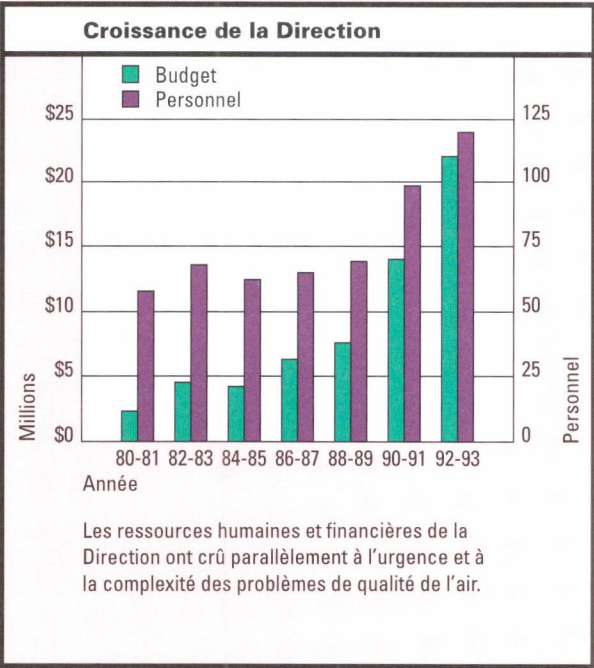
Dans nos laboratoires de Fraserdale et d'Alert, nous accueillons souvent des chercheurs étrangers avec lesquels nous collaborons. Pour maximiser nos ressources financières et humaines, nous nous sommes toujours efforcés de nouer de solides partenariats sur

le plan national et international, ce qui nous permet, à partir d'un budget annuel de 20 millions de dollars, de profiter chaque année de recherches totalisant plusieurs centaines de millions.

Dans les prochaines années, notre programme de recherche évoluera dans le cadre du Plan vert du Canada et de l'Accord Canada-États-Unis relatif à la qualité de l'eau des Grands Lacs. Nous sommes déterminés à résoudre les problèmes de pollution atmosphérique visés par ces initiatives gouvernementales.

Cette brochure décrira au lecteur notre travail sur les cinq grands problèmes de pollution atmosphérique. Nous y avons ajouté une section sur l'Arctique, une région source d'inquiétudes toutes particulières en raison des études laissant penser qu'elle pourrait constituer la destination ultime de nombreux polluants atmosphériques. Pour obtenir un complément d'information, il suffit de consulter la liste de personnes-ressources en fin de brochure. Cette liste inclue le personnel régional qui joue un rôle essentiel dans la conception et la réalisation des études effectuées à travers le pays.

Hans Martin
Directeur, Direction de la recherche
sur la qualité de l'air
Décembre 1992



On entend par «pluies acides» la pluie, la neige ou la grêle acidifiée par certains polluants atmosphériques, soit les oxydes de soufre et d'azote, dont les principales sources sont les centrales électriques, les fonderies de métaux non ferreux et les automobiles. L'anhydride sulfureux est produit par la combustion de charbon sulfuré et la fusion de minéraux sulfurés. Une fois dans l'atmosphère, il réagit avec l'eau pour former de l'acide sulfurique. De manière similaire, les oxydes d'azote, émis surtout lorsqu'on brûle des combustibles à haute température, forment de l'acide nitrique dans l'atmosphère. Ces substances acidifiantes demeurent dans l'air durant plusieurs journées et peuvent se déplacer sur des milliers de kilomètres. Ainsi, les polluants produits dans un pays sont souvent transportés dans un autre pays qui en subit les effets. Quand les acides de l'atmosphère sont lavés par les précipitations, processus appelé «dépôt humide», à peu près tout ce qu'ils touchent—le sol, l'eau, les végétaux, les matériaux de construction—est affecté à un quelconque degré. Même en l'absence de précipitations, il se produit un dépôt de gaz acides, ou «dépôt sec».

Durant les années 1970, des études ont révélé que les pluies acides constituaient un énorme problème au Canada, principalement attribuable aux émissions d'anhydride sulfureux. La réaction a été décisive. En 1985, le gouvernement fédéral et les provinces ont convenu de ramener de 4,6 à 2,3 millions de tonnes d'ici 1994 le plafond autorisé des émissions d'anhydride sulfureux dans l'est du Canada, soit une diminution de moitié. L'objectif est en bonne voie d'être atteint (à 16 % près). Le Canada a également réduit les rejets d'oxydes d'azote en adoptant des normes anti-pollution pour les automobiles en 1987, et pour les camions en 1988.

Nos recherches actuelles visent d'abord à répondre aux questions suivantes: a) dans quelle mesure le programme canadien de réduction des émissions d'anhydride sulfureux réussira-t-il à abaisser les dépôts acides à des niveaux acceptables; b) en quoi le Canada profitera-t-il des programmes de limitation des émissions d'anhydride sulfureux prévus dans les révisions apportées en 1990 à la Clean Air Act des États-Unis; c) est-il scientifiquement justifié d'adopter d'autres mesures de contrôle pour réduire encore davantage les pluies acides après 1994?

Pour évaluer l'efficacité du programme canadien et des mesures américaines, nous surveillons l'amélioration de la qualité des précipitations et de l'air au moyen du Réseau canadien d'échantillonnage des précipitations et de l'air (RCÉPA) et nous prévoyons la réaction à long terme des écosystèmes à l'aide de modèles informatiques spécialement conçus à cette fin. Le but du programme canadien est de faire passer à moins de 20 kg/ha/an les dépôts humides de sulfate, un objectif qui vise à protéger les écosystèmes lacustres modérément vulnérables. Du côté américain, les émissions d'anhydride sulfureux ont également été considérablement réduites. Toutes ces mesures produisent déjà des résultats tangibles. Dans certaines régions situées sous le vent des sources de pollution, on observe des signes de rétablissement des écosystèmes aquatiques. Cependant, d'autres secteurs reçoivent encore des fortes retombées et poursuivent leur dégradation.

De plus en plus d'indices laissent croire que l'objectif de 20 kg/ha/an ne suffira pas à protéger de grandes portions de l'est du Canada. Si la chose est prouvée, il sera peut-être nécessaire de réduire encore plus les émissions. En outre, certaines études indiquent que les aérosols acides pourraient nuire à la santé humaine. Nous avons entamé sur ce point des recherches qui pourraient éventuellement justifier des restrictions additionnelles.

Réseau national d'échantillonnage



Chaque jour, notre opérateur (RCÉPA) à la station d'Esther (Alb.) prélève des échantillons de pluie. Les échantillons recueillis à chaque station sont analysés dans un laboratoire central.

Échantillonnage

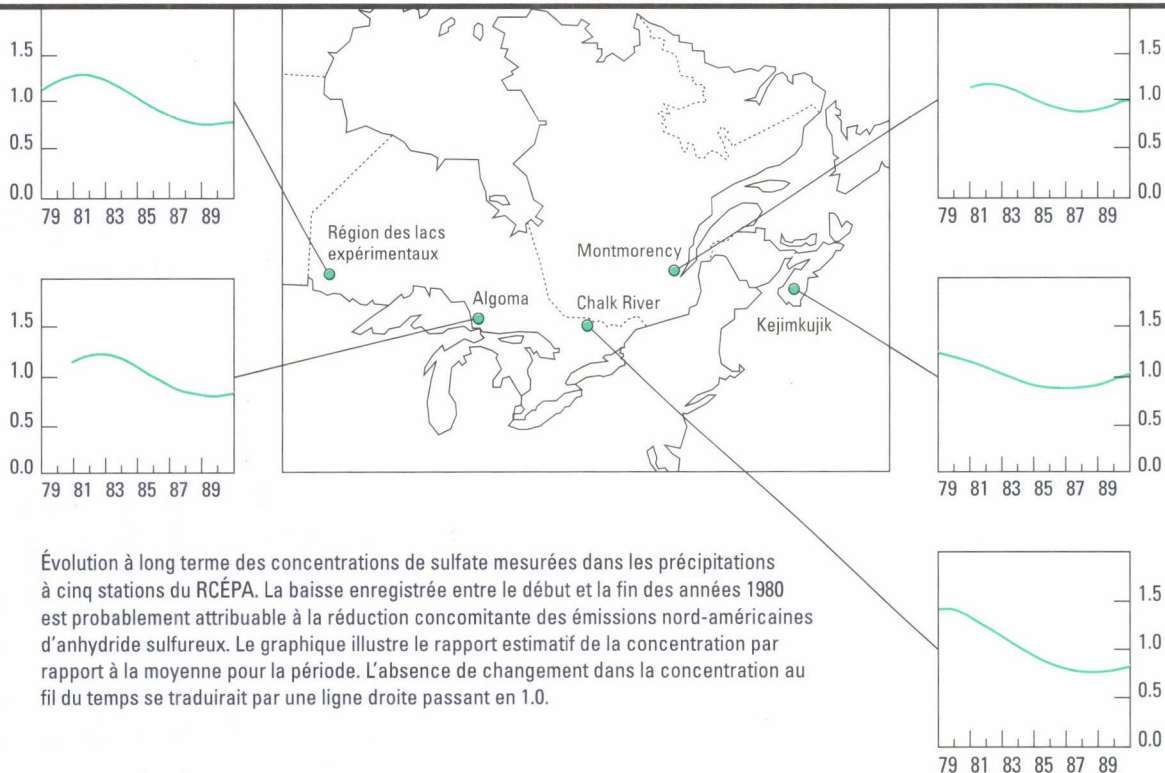
Le Réseau canadien d'échantillonnage des précipitations et de l'air (RCÉPA) a été créé pour étudier les tendances et les configurations régionales des dépôts acides au Canada. Il permet de surveiller les caractéristiques chimiques de l'atmosphère et des précipitations, ainsi que les mouvements des dépôts humides et secs. La majorité de nos stations d'échantillonnage ont été établies dans l'est du pays en 1983. Ces dernières années, le réseau s'est étendu grâce à l'ajout de stations dans les régions de l'ouest et du nord.

Chaque jour, à chacune des 24 stations du RCÉPA, des échantillons de précipitation sont recueillis et expédiés à un laboratoire central qui en analyse le pH et chacun des ions majeurs : sulfate, nitrate, chlorure, ammonium, calcium, magnésium et potassium. Les caractéristiques chimiques de l'atmosphère sont mesurées à 12 stations au moyen d'un filtre à trois étages de conception canadienne. En outre, on mesure la concentration horaire d'ozone au niveau du sol à sept stations. La surveillance de l'ozone s'insère dans l'étude du smog. Il est doublement avantageux de mesurer plusieurs produits chimiques en un même lieu, car on peut réduire les frais d'exploitation tout en étudiant l'interaction entre divers polluants.

Les chercheurs emploient les données du RCÉPA pour évaluer l'impact des dépôts acides sur la vie aquatique, la végétation et la santé humaine. En outre, elles aident à déterminer la relation entre les sources d'émission et les régions réceptrices et à évaluer le pouvoir de prévision des modèles informatisés de transport à distance.

Les mesures du RCÉPA sont regroupées, avec les données sur la chimie des précipitations provenant d'autres réseaux fédéraux et provinciaux et de plusieurs stations américaines, dans la Base nationale de données sur la chimie atmosphérique (BNDCA). Ce réseau, qui intègre actuellement les données de 140 stations canadiennes d'échantillonnage des précipitations, vise d'abord à fournir pour l'ensemble du territoire canadien des cartes à haute résolution illustrant la répartition spatiale de la concentration atmosphérique et du dépôt humide des produits chimiques. On obtient ainsi une indication qualitative des progrès réalisés grâce aux programmes anti-pollution.

Succès du programme



Modélisation

Pour protéger l'environnement contre les effets néfastes des pluies acides, on doit répondre à deux questions. Tout d'abord, quelle portion de la pollution se déposant dans un récepteur (tel un lac) provient d'une source éloignée (comme une cheminée d'usine à des milliers de kilomètres)? En second lieu, comment ce lac profiterait-il d'une réduction des émissions à la source? La modélisation informatisée nous permet de résoudre simultanément ces questions pour toutes les sources et tous les récepteurs, en simulant les complexes processus chimiques et météorologiques qui entrent en jeu dans la formation et le transport des pluies acides. En reproduisant les conditions naturelles, le modèle permet d'anticiper l'avenir et ainsi d'évaluer les résultats de diverses stratégies anti-pollution.

Notre programme de modélisation des pluies acides repose sur deux systèmes de base, lagrangien et eulérien, qui résolvent tous deux les équations sur la conservation des polluants en Amérique du Nord. Autrement dit, chaque gramme de polluant est pris en compte par les modèles.

Le modèle lagrangien calcule les trajectoires (cheminement des parcelles d'air) à partir de données météorologiques et géophysiques (utilisation du sol, topographie, etc.). Les équations de conservation sont résolues à des intervalles chronologiques choisis le long de ces trajectoires, au moyen de données sur les émissions et de formules sur la transformation et le dépôt des polluants. Ce type de modèle permet de simuler l'avenir ou le passé.

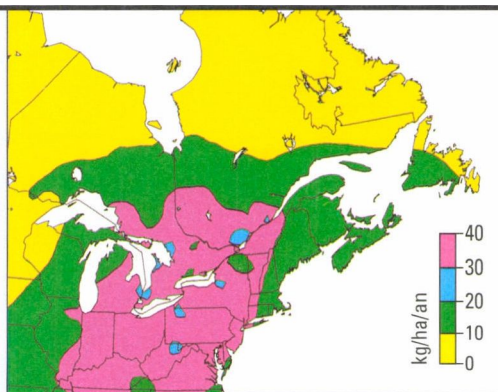
On calcule les trajectoires futures à partir des sources d'émission, pour voir où iront les substances émises; de la même façon, on calcule les trajectoires passées à partir des lieux récepteurs pour déterminer d'où proviennent les dépôts.

Quant au modèle eulérien ADOM* (Modèle sur les dépôts acides et les oxydants), il résout les équations de conservation de manière plus pratique. En outre, il reproduit les conditions atmosphériques plus complètement que le modèle lagrangien en incluant les complexes réactions photochimiques mettant en jeu le soufre, l'azote et de nombreuses espèces hydrocarburées réactives. L'ADOM intègre des données sur la physique des nuages, la diffusion horizontale et verticale, les dépôts secs et humides, la météorologie des couches limites et la chimie en phase sèche et aqueuse, avec, à chaque heure, des inventaires des émissions et des données météorologique et géophysiques. Étant donné la masse de données à traiter, l'ADOM doit être exploité sur un superordinateur. Il fait actuellement l'objet d'évaluations approfondies pour de nombreuses espèces chimiques, au moyen des données recueillies par le Réseau canadien d'échantillonnage des précipitations et de l'air (RCÉPA) et notre Étude d'évaluation sur le terrain du modèle eulérien (EMEFS*). ADOM simule bien les conditions réelles pour la plupart des types de polluants. On compte réaliser d'autres évaluations, dans le cadre d'un programme international.

*ADOM Acid Deposition and Oxidants Model

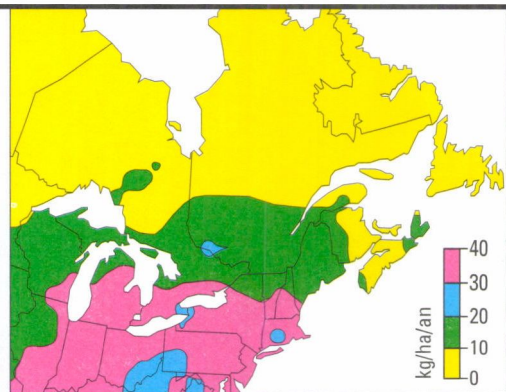
*EMEFS Eulerian Model Evaluation and Field Study

Pluies acides aujourd'hui



Carte du réseau BNDCA indiquant les mesures réelles sur les pluies acides tombant dans l'est de l'Amérique du Nord en 1988. Remarquer les grands secteurs rouges et bleus où les dépôts de sulfate excèdent le plafond souhaité de 20 kg/ha/an.

Pluies acides en 2010



Prévisions de notre modèle lagrangien pour les dépôts de sulfate en 2010. L'application des stratégies de contrôle canado-américaines fera se déplacer vers le sud le contour de la zone de 20 kg/ha/an, ce qui signifie une protection des zones vulnérables du Canada.

Étude sur le terrain

Pour tester l'efficacité du Modèle sur les dépôts acides et les oxydants (ADOM*) et en déterminer l'utilité dans la prise de décisions stratégiques concernant les pluies acides, nous avons réalisé une étude sur place de plusieurs millions de dollars, d'une durée de deux ans, appelée l'Étude d'évaluation sur le terrain du modèle eulérien (EMEFS*). Plusieurs organismes américains, allemands et canadiens, dont le Ministère ontarien de l'environnement, nous ont prêté leur concours. Cette étude, une des plus grandes et des plus étendues jamais effectuées en Amérique du Nord sur la mesure de la qualité de l'air, a produit une base de données unique en son genre pour l'évaluation des modèles.

L'étude a débuté en juillet 1988. Des échantillons d'air et de précipitations ont été prélevés chaque jour, dans un réseau d'une centaine de stations de l'est des États-Unis et du Canada. À l'été de 1988 et au printemps de 1990, des mesures plus fréquentes ont été prises, au sol et par avion, dans six stations spécialement équipées (deux au Canada et quatre aux États-Unis).

Les deux principaux sites canadiens d'échantillonnage au sol étaient situés dans le centre de l'Ontario, plus précisément aux laboratoires du Ministère ontarien de l'environnement à Dorset et au Centre des recherches atmosphériques du Service de l'environnement atmo-

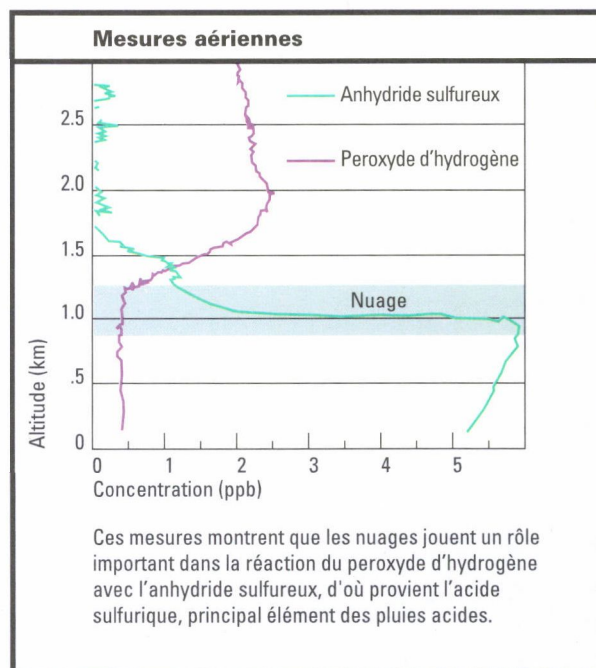
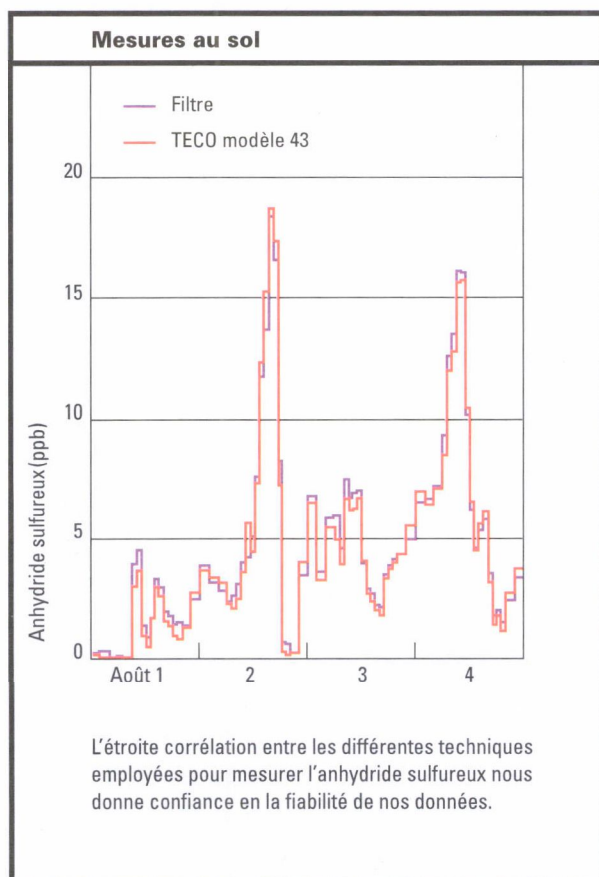
sphérique, à Egbert. Pour étudier les variations dans la concentration et le dépôt des polluants en fonction du temps, nous avons employé des appareils de mesure au sol, des tours instrumentées et des ballons captifs. De plus, des avions équipés de filtres et d'instruments pour déterminer les concentrations gazeuses et les caractéristiques chimiques des nuages volaient d'une station à l'autre. On a pu, au moyen des profils verticaux et des vols en altitude constante, obtenir une illustration tridimensionnelle des polluants de la région.

Les études réalisées durant les deux périodes de mesure ont fourni des données pour diverses espèces chimiques clés, dont l'anhydride sulfureux, les peroxydes d'hydrogène, les oxydes d'azote, l'ozone, le formaldéhyde, le nitrate de peroxyacétyle ainsi que les hydrocarbures naturels et anthropiques qui jouent un rôle dans la formation des oxydants. Ces mesures servent à évaluer la capacité d'ADOM à représenter avec précision les processus chimiques.

On a notamment constaté que les modèles du type ADOM simulent de manière assez réaliste le transport et le dépôt du soufre et des autres composés associés aux pluies acides. À l'avenir, on tentera d'adapter le modèle à d'autres problèmes de qualité de l'air, par exemple les toxiques atmosphériques et le smog.

*ADOM Acid Deposition and Oxidants Model

*EMEFS Eulerian Model Evaluation and Field Study



Effets sur la santé

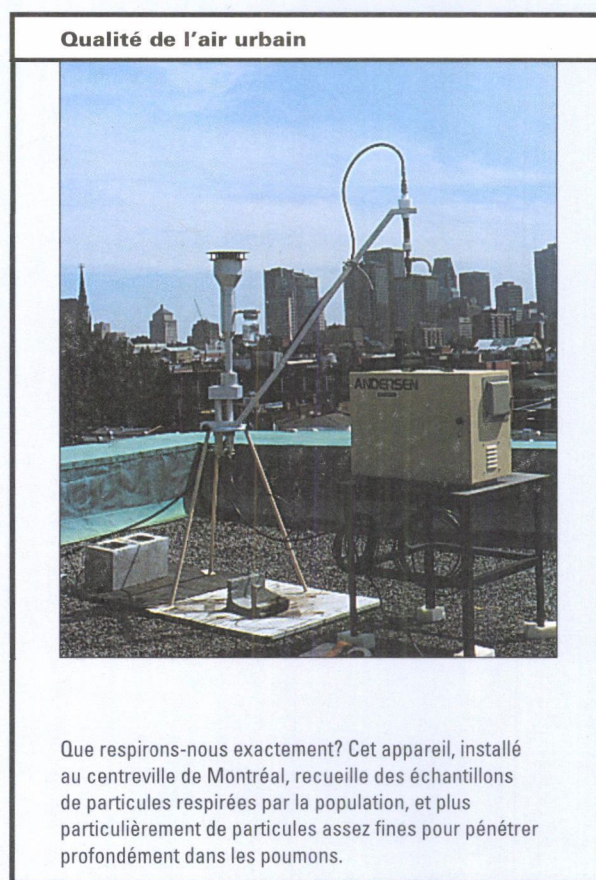
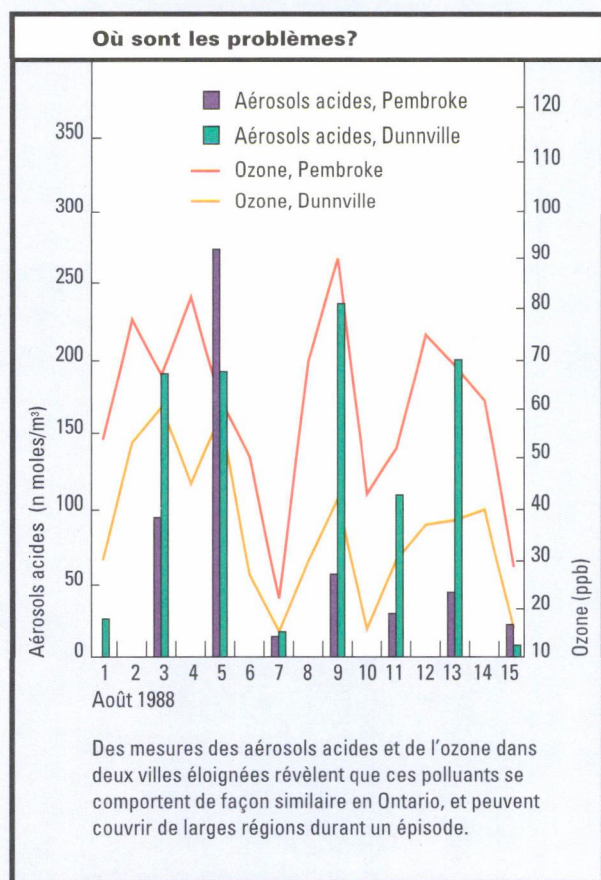
De nombreux Canadiens sont exposés aux aérosols acides et à l'ozone troposphérique (au niveau du sol), et de plus en plus d'études tracent un lien entre ces polluants atmosphériques et les troubles respiratoires. Les effets sur la santé d'une exposition à l'ozone sont mieux connus que ceux liés aux aérosols acides. D'après des études épidémiologiques, cliniques et animales, une exposition répétée à l'ozone peut entraîner un vieillissement prématuré des poumons et des affections pulmonaires chroniques. Pour l'instant, seules des données circonstancielles laissent entendre que les aérosols acides pourraient avoir un effet néfaste sur la santé. Cependant, diverses études épidémiologiques ont corrélé l'exposition au sulfate (associé aux aérosols acides) à l'accroissement des admissions dans les hôpitaux pour troubles respiratoires.

Les aérosols acides sont d'infimes particules en suspension dans l'air, qui sont souvent transportées sur de grandes distances. Nos scientifiques ont établi une corrélation entre de fortes concentrations d'aérosols acides et d'ozone dans deux collectivités ontariennes, soit Dunnville (sud-ouest) et Pembroke (centre-est).

L'étroite correspondance des concentrations quotidiennes de ces deux substances laisse penser que des processus atmosphériques communs ont pu causer l'épisode de pollution. Toute la région comprise entre ces localités, où vit un fort pourcentage de la population canadienne, a probablement connu des taux de pollution similaires.

Nos scientifiques coopèrent avec le Service de la conservation et de la protection d'Environnement Canada et avec Santé nationale et Bien-être Canada au sujet du Programme canadien de mesures des aérosols acides (CAAMP*). Au cours des prochaines années, des appareils de mesure de l'acidité des aérosols seront installés un peu partout au Canada. Les données ainsi obtenues nous permettront de repérer les agglomérations canadiennes les plus menacées. En outre, nous amorçons également des études spéciales pour mieux estimer l'exposition personnelle aux aérosols acides et à l'ozone, pour évaluer les effets d'une exposition sur le système respiratoire, et pour mieux comprendre l'interaction entre les aérosols acides, l'ozone et les autres polluants gazeux et aérosols. Les résultats de ces travaux nous aideront à fixer les futurs objectifs de qualité de l'air pour toutes les régions du pays.

*CAAMP Canadian Acid Aerosol Measurement Program



Depuis quelques années, le rôle de l'atmosphère comme voie d'accès vers des régions éloignées pour les produits chimiques toxiques devient de plus en plus reconnu. Avec l'apparition de pesticides et de produits chimiques industriels persistants comme les biphényles polychlorés (BPC) dans l'Arctique et l'Antarctique, les scientifiques ont commencé à examiner le mouvement entre les régions «sources» et les régions «puits». Plusieurs programmes internationaux ont actuellement cours pour identifier, mesurer et suivre les toxiques atmosphériques, comprendre les processus qui les influencent et fixer des niveaux limites. Sur la scène internationale, le Canada a joué un rôle de pionnier dans la définition de ce problème et la recherche de solutions.

L'Accord relatif à la qualité de l'eau des Grands Lacs a été signé par le Canada et les États-Unis en 1972. À cette époque, notre principal sujet de préoccupation était la pollution des Grands Lacs par le phosphore. En étudiant ce problème, les chercheurs y ont détecté la présence d'autres produits chimiques toxiques, incluant des substances qui avaient été interdites dans la région. La découverte de BPC et du pesticide toxaphène dans certains secteurs du lac Supérieur a été un des premiers indices de l'ampleur du transport atmosphérique dans la région des Grands Lacs. On estime actuellement que 90 % des BPC du lac Supérieur y sont arrivés par l'atmosphère.

En 1987, on a modifié l'Accord canado-américain en y ajoutant l'annexe 15, consacrée aux toxiques atmosphériques. Au Canada, c'est notre Direction qui est l'organisme directeur chargée d'appliquer l'annexe. De concert avec les autorités américaines et d'autres organismes canadiens, nous avons donc mis sur pied le Réseau intégré de mesure des dépôts atmosphériques (IADN*) qui mesure les concentrations de divers polluants toxiques atmosphériques autour des lacs, y compris des métaux lourds comme le plomb et le mercure. On a amorcé en 1988 un programme canadien d'échantillonnage, doté d'un échéancier de six ans et prévoyant des recherches sur certaines des questions fondamentales concernant le transport des toxiques atmosphériques.

À l'appui du programme de lutte contre les substances toxiques prévu au Plan vert, nous avons, en collaboration avec notre Bureau régional du Québec, créé une station d'échantillonnage des toxiques atmosphériques à

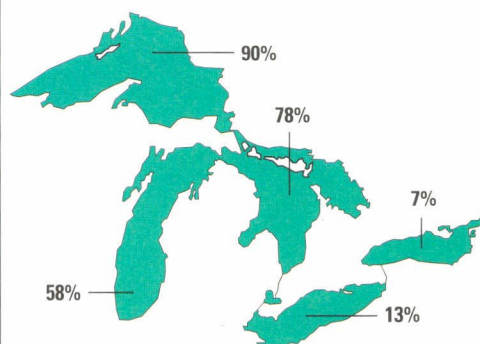
Villeroy, près du fleuve Saint-Laurent. Un autre programme du Plan vert, la Stratégie de l'environnement arctique, vise à préciser les concentrations et les sources de pollution chimique toxique dans l'Arctique. La contamination toxique des mammifères arctiques est tout particulièrement inquiétante, car plusieurs communautés du Nord se nourrissent principalement de poissons et de mammifères marins.

Les pesticides sont une catégorie de produits chimiques toxiques qui est devenue omniprésente dans notre environnement. Plusieurs scientifiques du Service de l'environnement atmosphérique recourent à la cartographie au laser pour examiner les nuages de produits chimiques répandus par les opérations d'épandage aérien. Grâce à ces recherches avant-gardistes, nous avons mis à la disposition des entreprises nord-américaines d'épandage aérien des techniques de pulvérisation plus efficaces.

Notre programme d'étude des toxiques atmosphériques porte en bonne partie sur les concentrations relativement faibles observées dans les secteurs éloignés où il n'y a aucune source de pollution locale. Cependant, nous travaillons aussi à la création de modèles d'intervention d'urgence pour les rejets accidentels dans l'atmosphère de concentrations élevées de produits chimiques toxiques. Notre savoir-faire en ce domaine a été reconnu à l'échelon international par l'Organisation météorologique mondiale.

*IADN Integrated Atmospheric Deposition Network

Cheminement atmosphérique



Pourcentage de BPC dans les Grands Lacs qui y ont pénétré via l'atmosphère. À noter que la quasi-totalité (90 %) des BPC du lac Supérieur proviennent de l'atmosphère. (Strachan et Eisenreich, 1988)

Qualité de l'eau des Grands Lacs

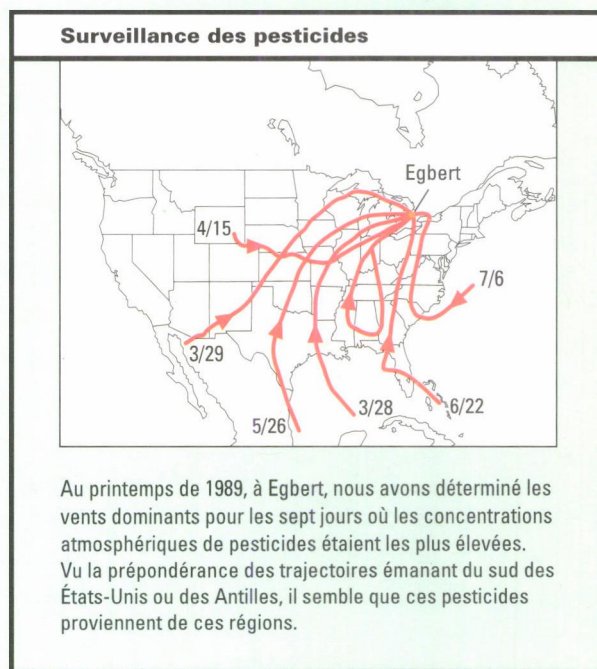
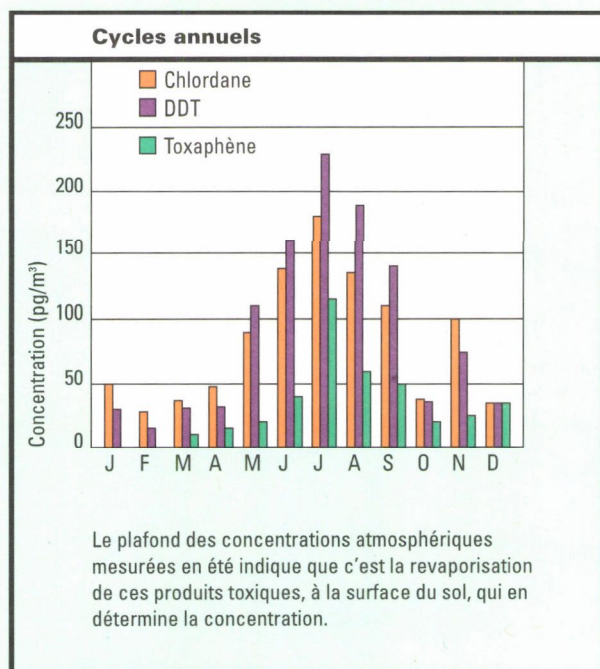
La Direction est chargée de mesurer les concentrations de toxiques atmosphériques pénétrant dans le bassin des Grands Lacs. Notre contribution au Réseau intégré de mesure des dépôts atmosphériques (IADN*), mis sur pied avec les États-Unis, consiste essentiellement en des études d'échantillonnage à Point Petre sur le lac Ontario, à l'île Burnt sur le lac Huron et au Centre des recherches atmosphériques à Egbert (Ont.). Nous collaborons également avec l'Institut national de recherche sur les eaux (INRE), qui mesure les précipitations dans la région des Grands Lacs.

Un jour sur six, des chercheurs de la Direction utilisent des échantillonneurs à haute capacité pour prélever des échantillons d'air dont on analyse la teneur en plomb, en arsenic, en sélénium et en cadmium au moyen de techniques d'analyse avec plasma inductif. Deux fois par semaine, la teneur en plomb, en arsenic et en sélénium des précipitations est mesurée à l'aide de collecteurs humides. Nous mesurons également plus d'une centaine de composés organiques distincts, y compris les biphényles polychlorés (BPC), les composés aromatiques polynucléaires (CAP) et divers pesticides comme le DDT, le lindane, le toxaphène et l'endosulfan. Notre programme de recherche vise d'abord à déterminer les cycles annuels de pesticides persistants interdits au Canada et aux États-Unis mais qui continuent de se déposer dans les Grands Lacs (figure de gauche).

D'autres études récentes indiquent que dans le cas de concentrations inhabituellement élevées de certains toxiques, les trajectoires atmosphériques prennent souvent leur source dans le sud des États-Unis, au Mexique et en Amérique latine (figure de droite). Entre 1940 et 1980, les pesticides persistants ont été abondamment employés dans ces régions, et une bonne partie sont demeurés dormants dans la couche arable. La revaporisation de ces toxiques est probablement en grande partie responsable des dépôts des Grands Lacs. Il est cependant possible, également, que l'utilisation actuelle de pesticides persistants au Mexique et en Amérique latine contribue aux concentrations décelées au Canada.

En plus d'échantillonner les toxiques atmosphériques, nous en examinons les processus de transport et de transformation. Des recherches ont révélé que la forme prise par les produits chimiques toxiques dans l'atmosphère influence fortement leur transformation et leur dépôt. Les produits chimiques peuvent être présents sous forme gazeuse, attachés aux particules de poussière, ou encore sous forme de pluie, de neige ou de brume. Les processus étudiés comprennent l'échange de vapeur chez les produits chimiques toxiques dans les lacs et les océans, ainsi que les transformations photochimiques des CAP. À cette fin, on devra mettre au point : de nouveaux instruments pour étudier la distribution vapeur/particules et les modifications photochimiques; des techniques pour mesurer le mercure dans l'air; et un programme de modélisation pour suivre le trajet des toxiques atmosphériques.

*IADN Integrated Atmospheric Deposition Network



Contamination du Nord

Brume arctique

Depuis la fin des années 1970, les scientifiques de la Direction élaborent un programme de recherche pour étudier le phénomène de la brume arctique, principalement formée de composés sulfurés acide, de carbone noir, de métaux et de certaines substances organiques. Notre principal objectif était de recueillir et d'analyser des composés non organiques, pour étudier l'acidification et le changement climatique. Aujourd'hui, en vertu de la Stratégie de l'environnement arctique prévue au Plan vert, nous avons accéléré l'évaluation des effets toxiques des substances organiques d'origine anthropique, tels les pesticides et les composés aromatiques polynucléaires (CAP), qui accompagnent souvent la brume. Nous mesurons actuellement la concentration atmosphérique de composés organiques aux stations d'échantillonnage de Tagish (Yuk.) et d'Alert (T. N.-O.), et nous étudions les processus d'interaction air-surface et les transformations chimiques subies par une substance durant son séjour dans l'atmosphère.

Inventaires des émissions planétaires

Pour déterminer quelles sources contribuent à la pollution de l'Arctique et des Grands Lacs, nos chercheurs sont en train de faire l'inventaire des émissions mondiales. Essentiellement, nous cartographions l'utilisation et/ou l'émission d'oxydes de soufre, d'oxydes d'azote, de

composés organiques volatiles, du plomb et de certains pesticides persistants dans le monde. Il est souvent impossible, pour diverses raisons d'ordre scientifique, économique et politique, d'obtenir les données nécessaires à la confection de ces cartes.

Nous avons commencé par rassembler des informations provenant d'organisations un peu partout dans le monde, au sujet des rejets de polluants associés aux pluies acides. En l'absence de telles données, nous en avons fait une estimation à l'aide de facteurs tels que les statistiques sur la population, la consommation de combustibles et la capacité de production. À l'heure actuelle, nous relevons le défi plus difficile consistant à évaluer les émissions mondiales de pesticides. Pour ce faire, nous avons élaboré un complexe modèle chronologique sur les échanges air-végétation-sol, intégrant des données sur diverses variables : volume de pesticides utilisés, région, date et mode d'application; propriétés physiques et chimiques des pesticides; type de sol; conditions météorologiques.

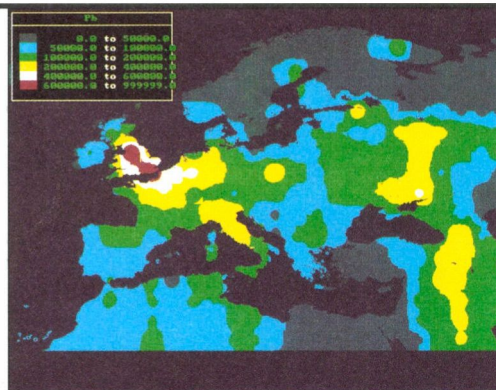
Ce travail est facilité par notre apport aux activités d'inventaire s'inscrivant dans le Programme international de la chimie de l'atmosphère du globe, et par notre participation au Groupe de travail chargé de l'inventaire des émissions, relevant de la Commission économique des Nations-Unis pour l'Europe. On étudie actuellement la possibilité de créer au Canada un Centre international des inventaires des émissions.

Ballon d'étude



Au printemps de 1992, à Alert, on s'est servi de ce ballon captif pour mesurer en continu les conditions météorologiques et les polluants associés à la brume arctique.

Inventaire des émissions



Émissions de plomb en Europe pour 1982. Le diagramme illustre les quantités rejetées dans l'atmosphère. Une partie de ces polluants a été transportée par les vents hors d'Europe et s'est déposée à des milliers de kilomètres de distance.

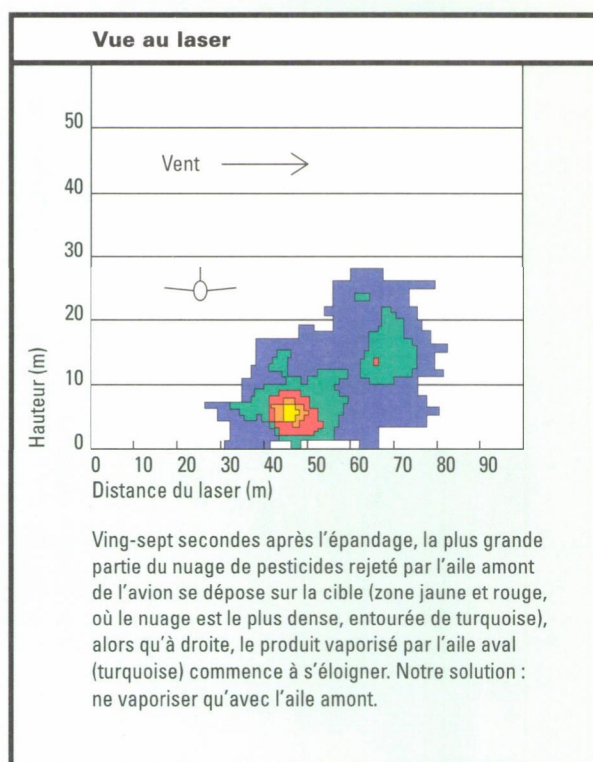
Réduction des pesticides

Les pesticides constituent un bon outil de gestion forestière et agricole. Cependant, leurs avantages sont contrebalancés par les répercussions involontaires sur les espèces et les régions non visées. De nombreux pesticides ont abouti dans des écosystèmes éloignés de la région d'application et où, selon le type, il peut se produire une bio-accumulation néfaste à l'écosystème. Depuis dix ans, une équipe de spécialistes de la Direction collabore avec d'autres chercheurs nord-américains pour évaluer le sort des pesticides épanchés par voie aérienne. Nos travaux ont culminé en une nouvelle technique d'épandage tout aussi efficace, mais exigeant jusqu'à 50 % de moins de pesticides. Nous avons mis cette technique à la disposition de l'industrie nord-américaine de l'épandage. Le fait de diminuer à la source la quantité de pesticides utilisés permettra d'en atténuer les impacts environnementaux immédiats et futurs.

Dans l'étude sur les pesticides, notre première tâche était de pouvoir visualiser le nuage formé par les produits vaporisés. Nos scientifiques ont mis au point un système spécial de cartographie au laser pouvant suivre le nuage vaporisé à une distance de un à cinq kilomètres. Le sys-

tème a été installé dans le centre du Nouveau-Brunswick durant les étés 1987 et 1989. Après l'épandage des pesticides par un avion survolant la forêt, dix impulsions laser par seconde étaient dirigées verticalement sur le nuage vaporisé; le signal de retour de chaque impulsion, par sa vitesse et son intensité, indiquait la distance et la densité du nuage. Une analyse informatisée des diverses «tranches» nous a révélé que les pesticides répandus d'une aile de l'avion tendent à se déposer sur la cible, tandis que ceux répandus par l'autre aile sont souvent entraînés au loin par le vent. Nous avons également découvert que la direction du vent par rapport à la trajectoire de vol est un facteur critique. Notre nouvelle méthode consiste, dans des conditions typiques (c'est-à-dire tôt en matinée), à n'épandre les pesticides que d'une seule aile, pour réduire au minimum la quantité entraînée par le vent.

Cette recherche permettra également de mieux modéliser les effets potentiels de différents pesticides et de délimiter des zones tampons pour l'épandage de pesticides, de manière à en atténuer l'impact environnemental dans les secteurs vulnérables.



Modélisation des situations d'urgence

À l'échelle locale

En cas de déversement accidentel de produits chimiques où des polluants hautement toxiques sont rejetés dans l'atmosphère, il est essentiel que les autorités responsables soient en mesure de prendre des décisions rapides et efficaces. À cette fin, nous avons créé un système spécial de modélisation, appelé Système de modélisation de la qualité de l'air pour les éco-urgences (AQPAC*). À partir de l'information initiale sur un déversement, les responsables des mesures d'intervention d'urgence peuvent, en quelques minutes, obtenir : une évaluation tridimensionnelle de la concentration atmosphérique; une évaluation de la contamination au sol et des zones dangereuses; et des renseignements sur la sécurité du produit chimique. Le système contient un énoncé des procédures d'urgence, une archive de données chimiques et six modèles numériques permettant d'estimer le degré de contamination, le cheminement, la dispersion et l'atténuation des gaz légers, neutres et lourds. AQPAC est unique en son genre, en ce qu'il indique à l'utilisateur le modèle de dispersion particulier à utiliser pour tout type d'accident. Le programme est actuellement opérationnel à tous les centres et bureaux météorologiques du Service de l'environnement atmosphérique et au Centre METOC de la Défense nationale. Même si le système existe depuis plus de six ans, nous ne cessons de l'améliorer et de l'actualiser à mesure qu'évolue notre connaissance des produits chimiques et de leur comportement dans l'atmosphère.

À l'échelle mondiale

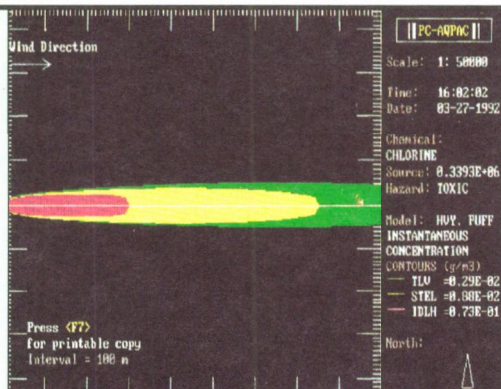
En 1987, nous avons mis au point des modèles traceurs hémisphériques et planétaires, pour pouvoir analyser et prévoir l'impact environnemental des importants rejets accidentels de produits radioactifs ou toxiques dans l'atmosphère. À l'occasion de l'accident de Tchernobyl en Ukraine, le modèle a prédit avec exactitude le parcours atmosphérique des produits radioactifs au-dessus de l'Amérique du Nord. Les puits de pétrole enflammés au Koweït nous ont fait craindre que les aérosols produits par la combustion n'entraînent une grave perturbation des régimes météorologiques planétaires, une modification du cycle des moussons et un refroidissement marqué durant les mois suivants. Selon les calculs effectués par notre modèle atmosphérique en mars et avril 1991, l'évaluation initiale des répercussions mondiales était grandement exagérée. Nos simulations ont toutefois révélé qu'à plus petite échelle les conséquences pouvaient être assez graves. Nous avons alors employé un modèle d'échelle régionale, consistant en un modèle eulérien de dispersion tridimensionnel simulant les processus de transport et en un modèle de prévision météorologique numérique, qui a confirmé que les incendies peuvent avoir des répercussions régionales.

Nos spécialistes continuent d'accroître notre capacité à simuler, et par conséquent à prévoir, la trajectoire d'un grand nombre de polluants atmosphériques rejetés accidentellement.

*AQPAC Air Quality Package for Environmental Emergencies

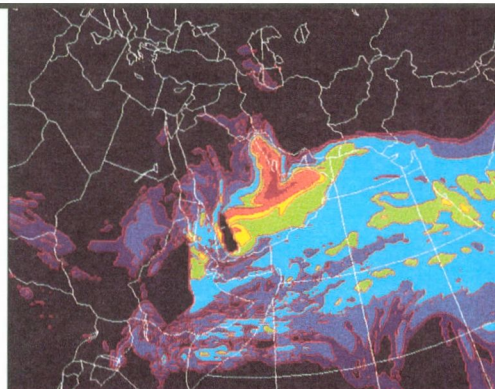
*IDLH Immediately Dangerous to Life and Health

Explosion d'un navire-citerne



Dans ce scénario hypothétique de rupture d'un réservoir de chlorure entraînant la libération instantanée d'un nuage de vapeur de chlorure, AQPAC indique les calculs de dispersion effectués par un modèle de bouffée de gaz lourd. La zone rouge (3 km sur 200 m) illustre la principale zone d'évacuation considérée comme présentant un danger immédiat pour la vie ou la santé (IDLH*).

Feux au Koweït



Simulation tridimensionnelle du nuage d'anhydride sulfureux créé par les feux de puits de pétrole, le 24 août 1991. La simulation eulérienne est qualitativement similaire à l'image satellitaire du panache réel. Les concentrations d'anhydride sulfureux, en $\mu\text{g/kg}$, varient entre 0,01 (bleu foncé) à 1 000 (rouge foncé).

LÉGENDE

-  Laboratoire
-  Échantillonnage des pluies
-  Études sur la santé
-  Toxiques atmosphériques
-  Smog
-  Recherche stratosphérique
-  Surveillance de l'ozone
-  Changement climatique



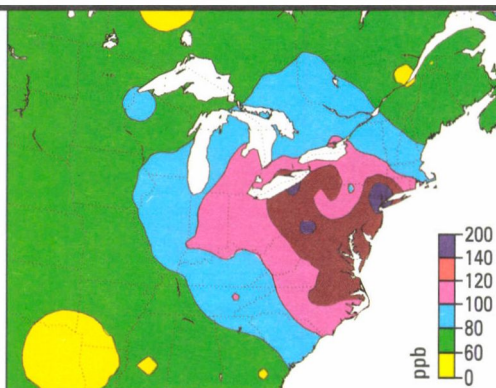
Le smog photochimique, cette brume brun-jaunâtre des chaudes journées estivales, est formé par la réaction des oxydes d'azote (NOx) avec des composés organiques volatiles (COV) en présence de lumière solaire. Les NOx proviennent principalement de la combustion d'énergies fossiles par les automobiles, les centrales électriques et les usines, tandis que les COV sont rejetés par les fumées d'essence et par l'évaporation de solvants, comme ceux utilisés pour le nettoyage à sec. Il existe aussi d'importantes sources naturelles de COV, par exemple les forêts. Quant à l'ozone troposphérique (à distinguer de la couche protectrice d'ozone située dans la stratosphère), c'est le principal produit final des réactions complexes entre les NOx et les COV, et il constitue un important élément du smog.

L'ozone est dangereux pour la santé humaine; le respirer peut causer une toux, un inconfort et une diminution de la capacité pulmonaire. D'après certaines études, une exposition à long terme à l'ozone pourrait accroître la susceptibilité aux maladies respiratoires et causer un vieillissement prématuré des poumons. L'ozone est également néfaste pour la végétation, et fait donc diminuer la productivité agricole. On estime que les pertes économiques annuelles qui en résultent peuvent atteindre 70 millions de dollars en Ontario, et 9 millions en Colombie-Britannique, selon la gravité des épisodes d'ozone durant la saison de croissance. Les fèves, les tomates, le tabac, les pommes de terre, le soya et le blé sont tous très vulnérables à l'ozone.

Afin de protéger la santé humaine et la végétation, les autorités canadiennes ont fixé à 82 parties par milliard (ppb) la norme maximale horaire d'exposition à l'ozone troposphérique. Cependant, au cours des huit derniers été, cette norme a été dépassée dans presque toutes les grandes villes canadiennes. Spécialement durant les étés chauds, les concentrations d'ozone dans certaines régions de l'Ontario et du Québec ont dépassé le double de la norme fixée.

En 1988, le Conseil canadien des ministres de l'Environnement adoptait le Plan de gestion des NOx et des COV, pour résoudre d'ici 2005 le problème canadien de la pollution par l'ozone. Ce plan désigne trois régions particulièrement touchées par le smog: la vallée inférieure du Fraser en Colombie-Britannique, le corridor Windsor-Québec et le sud de la région de l'Atlantique. Dans la première étape du Plan, 58 mesures sont recommandées pour diminuer les rejets de NOx et de COV. Bien que fondées sur l'ensemble des données disponibles, ces recommandations initiales ne suffiront probablement pas à ramener à des concentrations acceptables les niveaux d'ozone. Des études supplémentaires devront être faites pour déterminer avec précision où les mesures de contrôle des NOx et des COV seront le plus efficaces. La Direction joue un rôle de leader à ce chapitre en examinant les processus chimiques qui produisent le smog, en analysant les concentrations de polluants à l'échelle régionale et en élaborant des modèles pour évaluer les politiques de limitation des émissions.

Grave épisode d'ozone



Le 7 juillet 1988, la plus grande partie de l'est de l'Amérique du Nord a connu de fortes concentrations d'ozone, qui ont dépassé 120 ppb dans le sud de l'Ontario.

Échantillonnage

La Direction collabore avec d'autres organismes fédéraux, provinciaux et municipaux pour faire en sorte que soient prises partout au pays des mesures adéquates permettant d'asseoir sur une saine base scientifique l'élaboration et, à terme, l'évaluation de stratégies de lutte contre la pollution par l'ozone troposphérique.

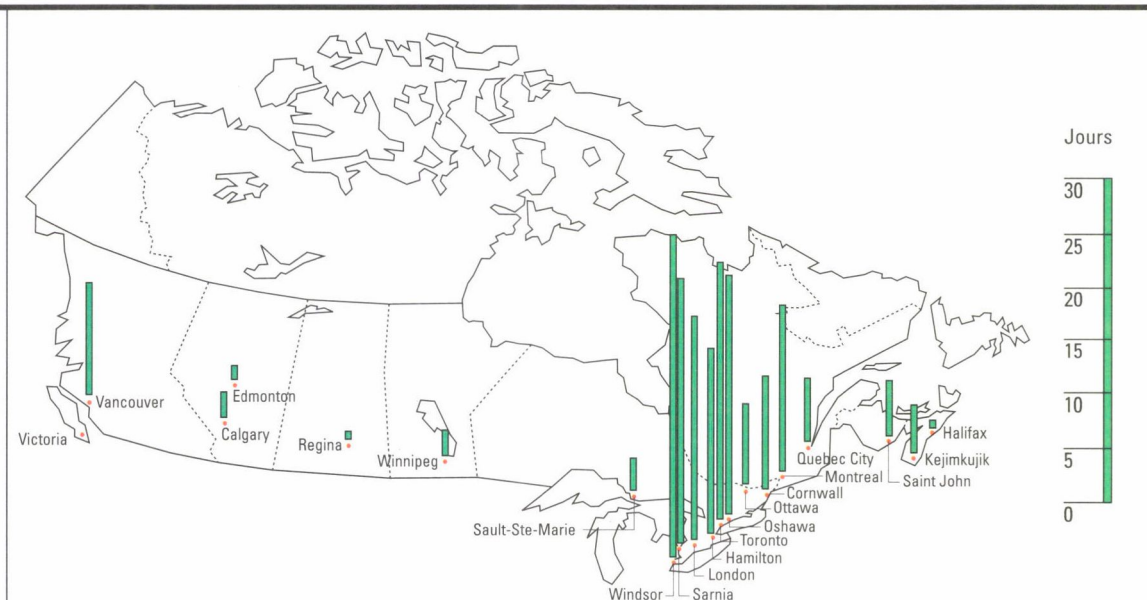
Trois catégories de mesures doivent être faites pour le programme anti-smog : oxydes d'azote (NOx); composés organiques volatiles (COV) et ozone troposphérique. Les NOx et les COV sont des précurseurs de l'ozone; tous deux doivent être présents pour qu'il y ait production continue d'ozone troposphérique.

Nous mesurons les concentrations d'ozone à sept stations rurales du Réseau canadien d'échantillonnage des précipitations et de l'air (RCÉPA), au moyen d'un détecteur ultraviolet qui prend des mesures à chaque minute. Nos recherches consistent notamment à mettre au point des méthodes et des instruments pour mesurer

les faibles concentrations de NOx présentes dans les régions rurales et pour faire l'échantillonnage courant des COV naturels. Les instruments servant à mesurer les COV naturels sont à l'essai sur le terrain, et doivent être installés dans le RCÉPA au cours des prochaines années.

Le réseau national de surveillance des NOx, des COV et de l'ozone, qui englobe de nombreux réseaux provinciaux et fédéraux existants, évolue rapidement. Couplé à une base de données nationale récemment créée, ce réseau nous permettra de mieux repérer les principales sources de NOx et de COV, de suivre le cheminement du smog en direction et en provenance du Canada et des États-Unis, de comprendre la nature des épisodes de smog dans différentes régions et d'évaluer l'efficacité des stratégies de contrôle. Nous pourrions également fournir aux spécialistes en santé, en agriculture et en foresterie des données sur le niveau de smog dans l'air. Ces chercheurs s'efforcent de déterminer l'incidence du smog sur la population humaine et la végétation.

Excès de smog



Nombre moyen de journées par année où l'objectif horaire de qualité de l'air pour l'ozone (82 ppb) a été dépassé pour les trois années dans la période 1983-1990 ayant connu le plus d'épisodes d'ozone.

Modélisation

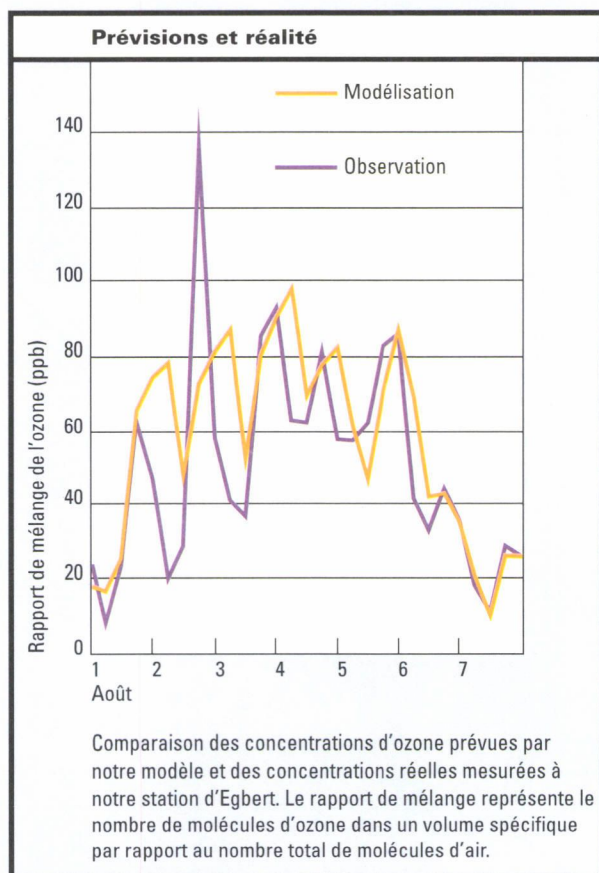
Jusqu'à récemment, le smog était essentiellement considéré comme un problème urbain. On avait donc élaboré des modèles informatiques simples pour simuler ce que l'on croyait ne constituer qu'un phénomène simple et localisé. Depuis, nous avons découvert que le smog créé dans les villes est transporté par le vent à l'échelle régionale, tout comme les pluies acides. Cela présente un défi intéressant pour les modélisateurs canadiens, c'est-à-dire déterminer si l'on peut adapter les modèles élaborés pour le smog urbain et les pluies acides pour décrire adéquatement la formation et le transport du smog vers diverses régions du pays.

Dans la vallée inférieure du Fraser, le smog est surtout produit localement, tandis que dans le corridor Windsor-Québec, et probablement dans le sud de la région de l'Atlantique, de lointaines sources canadiennes et américaines jouent un important rôle. Il est assez difficile de modéliser le smog, vu les différences régionales dans la météorologie, la topographie et les sources d'émission. Dans certaines régions, la limitation des concentrations d'ozone passera d'abord par une réduction des NOx plutôt que des COV, tandis que dans d'autres régions

c'est le contraire qui sera vrai. Ainsi, il faut déterminer très soigneusement les caractéristiques chimiques des NOx et des COV dans les modèles, pour pouvoir adapter les stratégies de lutte à chaque région.

Dans les prochaines années, nous appliquerons à la vallée inférieure du Fraser un modèle sur le smog urbain mis au point par l'Environmental Protection Agency américaine (EPA), afin d'évaluer les stratégies de contrôle proposées. Cependant, ce modèle atmosphérique ne peut pas simuler correctement les complexes circulations de brise de mer qui caractérisent la région. La Direction soutient des recherches menées à l'Université de la Colombie-Britannique en vue d'intégrer ces phénomènes à un modèle.

Quant au corridor Windsor-Québec et au sud de la région de l'Atlantique, diverses méthodes de modélisation sont mises au point. Les chercheurs de la Direction ont récemment modifié un modèle de pluies acides pour y inclure des données chimiques sur l'ozone. Le graphique ci-dessous compare les prédictions du modèle aux concentrations d'ozone mesurées durant deux semaines à notre station d'échantillonnage d'Egbert (Ont.). Il y a une corrélation assez étroite entre les niveaux prédits et les niveaux réels. Cependant, il s'agit là d'un modèle très simple qui ne tient pas compte des récents progrès de la modélisation météorologique. On devra élaborer des modèles plus sophistiqués permettant de prédire le mécanisme de formation du smog pour diverses conditions météorologiques ou sources de dégagement. À cette fin, de concert avec Ontario Hydro, nous étendrons vers le nord la portée du modèle régional des oxydants de l'EPA, pour pouvoir couvrir les régions problématiques de l'Ontario, du Québec et du sud de la région de l'Atlantique.



La couche d'ozone est une couche protectrice située dans la stratosphère, entre 15 et 40 km au-dessus de la Terre. Si on ramène cette couche au niveau du sol, à température et pression normales, son épaisseur ne serait que de 3 mm, l'épaisseur de trois dix sous.

Au début des années 1970, les scientifiques ont commencé à soupçonner que certaines activités humaines pouvaient altérer la couche d'ozone. En particulier, on a découvert en 1975 que les chlorofluorocarbures (CFC), des produits réfrigérants employés dans les réfrigérateurs et les climatiseurs, détruisaient l'ozone stratosphérique. Les CFC, produits extrêmement stables, demeurent dans l'atmosphère durant une période de 75 à 110 ans. Ils ne se décomposent que par une exposition au rayonnement intense de la haute atmosphère, qui leur fait libérer du chlorure. Cette caractéristique a pour conséquence que la désintégration ultime des CFC se produit exactement à l'endroit où ils peuvent causer un maximum de dégâts, c'est-à-dire dans la couche d'ozone. Une seule molécule de chlorure libérée par les CFC est capable de détruire jusqu'à un million de molécules d'ozone.

Nos mesures de l'ozone et des autres gaz connexes indiquent qu'il se produit effectivement une destruction de l'ozone. Au-dessus de Toronto par exemple, la couche d'ozone s'est amincie de 4 à 5 % depuis 1980. La plus grave déperdition, toutefois, se produit dans l'Antarctique, où l'on a observé une diminution de 50 % des concentrations d'ozone chaque mois d'octobre depuis le milieu des années 1970. Les études sur le «trou d'ozone» dans l'Antarctique ont révélé que le chlorure était responsable de la disparition de l'ozone.

L'amincissement de la couche d'ozone stratosphérique a deux grandes conséquences environnementales :

Tout d'abord, la couche d'ozone absorbe une bonne partie du rayonnement solaire ultraviolet B (UV-B) qui, autrement, atteindrait le sol et aurait de graves conséquences pour la vie végétale et animale. Une couche d'ozone plus mince laisserait passer davantage de rayonnement UV-B jusqu'à la surface du sol, ce qui ferait augmenter l'incidence de cancers de la peau, réduirait la productivité agricole et freinerait la croissance des algues et du phytoplancton, maillons fondamentaux de la chaîne alimentaire dans les écosystèmes aquatiques.

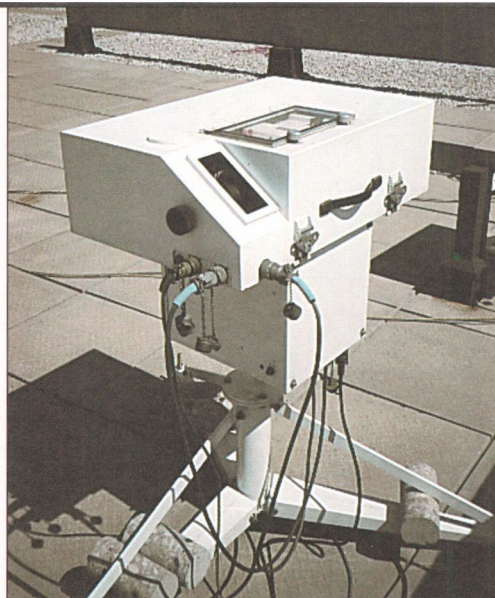
En second lieu, l'ozone contribue à réguler le flux de chaleur dans l'atmosphère, en absorbant les rayons solaires. Ainsi, la répartition exacte de l'ozone dans la stratosphère a un effet sur la température de l'atmo-

sphère et les régimes météorologiques. Le climat peut être influencé par une modification même mineure des caractéristiques de l'apport énergétique solaire dans l'atmosphère et de l'échange énergétique causé par le rayonnement entre le sol et l'atmosphère.

Aux termes du Protocole de Montréal signée en 1987, plus de 50 pays dont le Canada ont décidé d'agir concrètement pour protéger la couche d'ozone en abandonnant graduellement l'utilisation des CFC. Cependant, les CFC déjà présents dans l'atmosphère continueront de s'attaquer à la couche d'ozone durant plusieurs décennies.

Nos chercheurs étudient toute une gamme de problèmes stratosphériques : processus causant les variations à court et à long terme dans la couche d'ozone; effets des émissions de CFC; intensité du rayonnement UV-B atteignant la surface du globe; modification du rayonnement. Nous effectuons nos mesures et nos études au Canada, ainsi que dans l'espace, à bord de la navette spatiale Columbia.

L'appareil Brewer



Conçu par le personnel de la Direction et fabriqué par l'industrie canadienne, le Brewer s'avère le plus précis des appareils de mesure de l'ozone dans le monde entier. Il est maintenant utilisé dans 23 pays.

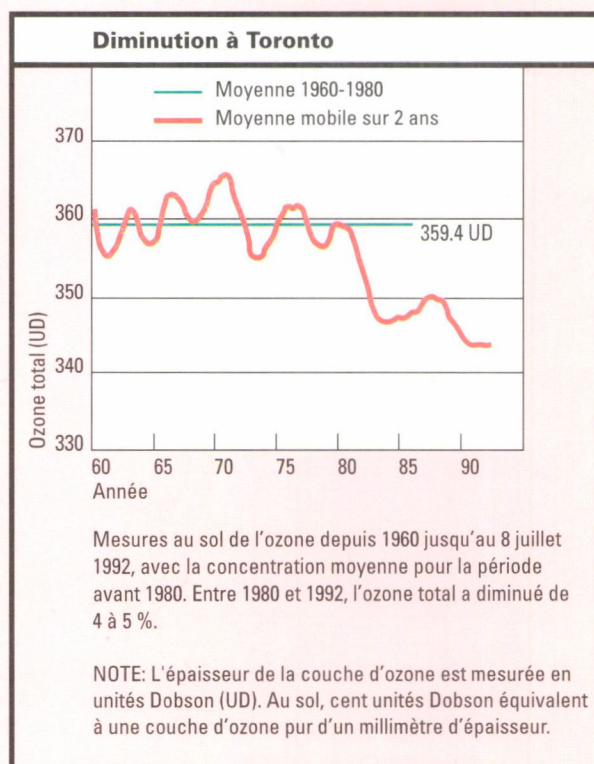
Étude et mesure de la couche d'ozone

Au Canada, les recherches sur l'ozone ont débuté dans les années 1930, avec des études sur la structure des températures de la stratosphère. En 1957, nous avons commencé à effectuer quotidiennement, dans deux stations, des mesures au sol de l'épaisseur de la couche d'ozone. Nous exploitons maintenant un réseau de onze stations de mesure de l'ozone total. Dans la dernière décennie, nous avons mis au point le spectrophotomètre automatisé Brewer de mesure de l'ozone, que nous avons installé dans les stations du réseau canadien de mesure au sol de l'ozone. Fabriqué par l'industrie canadienne, le Brewer constitue le plus précis des appareils de mesure de l'ozone, dans le monde entier. Il est maintenant utilisé dans 23 pays.

Outre les mesures au sol, nous utilisons des sondes emportées par ballon pour étudier la variation de la concentration d'ozone selon l'altitude. Des mesures par sonde sont faites hebdomadairement depuis 1963. Les stations de mesure sont situées à Edmonton (Alb.), Churchill (Man.), Goose Bay (T.-N.), Resolute et Alert (T.N.-O.). Le Plan vert prévoit l'ajout d'une station, à Eureka (T.N.-O.).

L'analyse de nos données révèle que la couche d'ozone au-dessus du sud du Canada s'est appauvrie de 4 à 5 % durant les années 1980. Ces résultats sont conformes aux données satellitaires, qui indiquent une baisse similaire à une latitude de 45 °N dans l'hémisphère Nord. La communauté scientifique s'entend généralement pour mettre en cause les émissions de chlorofluorocarbures (CFC) pour cette tendance à la baisse au cours de cette période.

La Direction joue un rôle de premier plan dans le Système mondial d'observation de la couche d'ozone (SMO₀₃) en assumant la gestion du Centre mondial des données sur l'ozone (CMDO). Le Centre a recueilli et archivé plus de 35 années de données sur l'ozone, provenant des stations du SMO₀₃ disséminées dans le monde; il publie de nouvelles données tous les deux mois.



Expériences spatiales

Les scientifiques de la Direction, en recourant à des instruments embarqués à bord d'avions ou d'engins spatiaux, ont fait oeuvre de pionniers dans l'étude de la structure et de la composition de l'atmosphère. En 1984, le premier astronaute canadien, Marc Garneau, a réalisé à bord de la navette spatiale américaine une série d'expériences (SPEAM*-1) visant à mesurer par photomètre solaire les concentrations atmosphériques d'ozone et de composés connexes à l'aide d'instruments mis au point et fabriqués par la Direction. L'expérience acquise dans la construction du matériel utilisé pour ces expériences, couplée à l'analyse des résultats obtenus par Marc Garneau, a permis l'élaboration d'instruments plus sophistiqués encore, qui ont servi à l'expérience SPEAM-2 réalisée à bord de la navette spatiale en octobre 1992 par Steve Maclean.

SPEAM-2 fait appel à deux instruments de mesure et à un ordinateur de commande. Un instrument, le photo-spectromètre solaire (SPS*), mesure en détail les portions visibles et du proche infrarouge du spectre solaire, tandis que l'autre, le radiomètre à imagerie de la lumière noc-

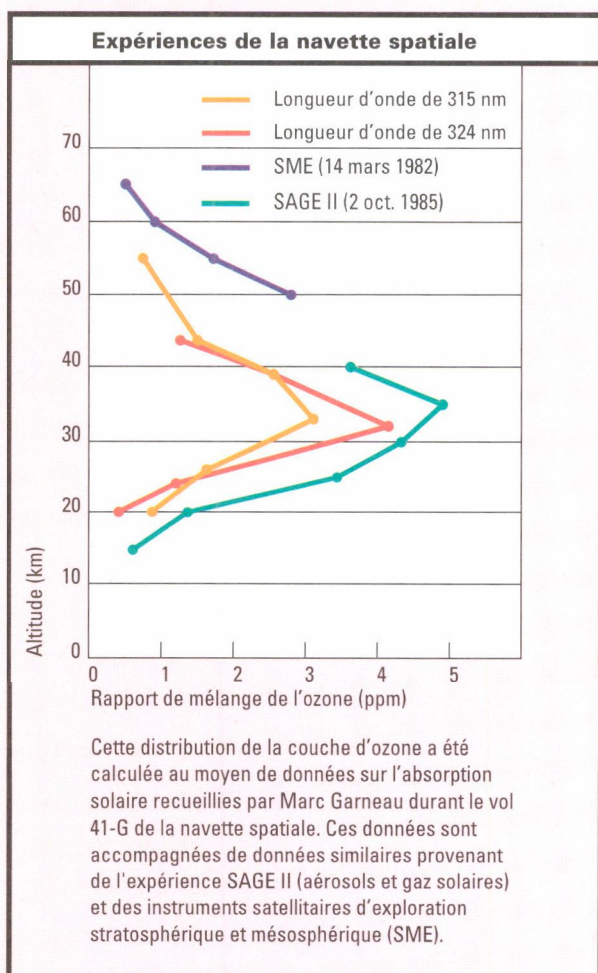
turne (AIR*), observe le phénomène de la lumière nocturne atmosphérique dans plusieurs régions de longueur d'onde. Les principaux objectifs des expériences faites avec le SPS consistent à mesurer les concentrations d'ozone, de dioxyde et de trioxyde d'azote ainsi que d'aérosols atmosphériques. Quant au radiomètre à imagerie, il servira à mesurer l'intensité de la lumière nocturne émise par les molécules d'oxygènes excitées à des altitudes de 50 à 120 km. La luminescence du ciel est due aux processus chimiques qui dépendent de la concentration locale d'ozone.

En outre, nous avons récemment conçu un modèle de notre spectrophotomètre Brewer que l'on peut embarquer à bord de la navette spatiale. Les mesures prises depuis l'espace par le Brewer nous permettront de mieux interpréter les données mesurées au sol par le Brewer sur la distribution verticale de l'ozone. Dans un autre projet en cours, la NASA a installé le SPS dans l'avion de haute altitude ER-2 pour recueillir des données exhaustives sur la composition de la stratosphère, en vue de modéliser et de prévoir avec exactitude la déperdition d'ozone.

*SPEAM Sun Photometer Earth Atmosphere Measurement

*SPS SunPhotoSpectrometer

*AIR Airglow Imaging Radiometer



SPEAM-2



Construit dans nos laboratoires, l'appareil SPEAM-2 a été utilisé à bord de la navette spatiale à l'automne 1992. On voit ici le système de commande informatisé (en haut), ainsi que l'AIR et le SPS (à gauche et à droite, respectivement). Ce matériel servira ultérieurement à étudier les «trous» d'ozone dans l'Arctique et l'Antarctique.

Appauvrissement de la couche d'ozone arctique

Nos chercheurs tentent de déterminer si l'appauvrissement de la couche d'ozone dans l'Arctique canadien sera aussi catastrophique qu'il ne l'est dans l'Antarctique. La lumière solaire et des processus chimiques semblables à ceux qui causent chaque année le «trou» d'ozone au-dessus de l'Antarctique semblent provoquer la destruction de l'ozone dans le vortex arctique, une région d'air froid de la taille d'un continent. Cet appauvrissement est moins important dans l'Arctique car, pendant la période d'ensoleillement, le vortex y dure moins longtemps. Cependant, les scientifiques croient que l'appauvrissement de l'ozone ira en s'aggravant, en particulier dans les hautes latitudes, avec l'accroissement des concentrations planétaires d'agents chimiques s'attaquant à l'ozone, comme les chlorofluorocarbures (CFC).

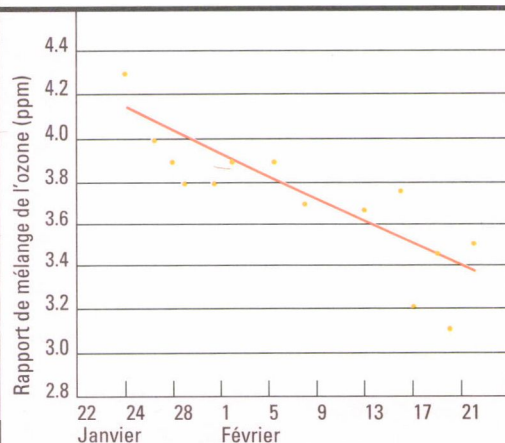
Selon des études réalisées dans l'Antarctique, certains composés azotés ont pour effet d'empêcher les CFC de détruire l'ozone. Nos chercheurs mesurent donc les teneurs en acide nitrique et en dioxyde d'azote (gaz à l'état de traces) dans l'Arctique, à l'aide d'appareils emportés par ballon lancés depuis Alert, la localité la plus boréale du Canada. Nous y étudions plus particulièrement la formation de nuages stratosphériques polaires. Alert demeure sous l'influence du vortex circumpolaire de l'automne au printemps. Dans certaines conditions,

notamment à des températures extrêmement basses, des nuages stratosphériques polaires naissent dans le vortex. Les réactions chimiques à l'intérieur de ces nuages peuvent aussi bien appauvrir les composés azotés qu'augmenter considérablement la concentration de chlore actif, principal gaz responsable de la destruction de l'ozone dans la stratosphère.

D'octobre à la fin mars, nous lançons depuis Alert un grand nombre de sondes emportées par ballon : 50 mesurent l'ozone, 10 l'acide nitrique, 10 les aérosols acides et 10 le dioxyde d'azote. Les mesures ainsi obtenues nous révèlent l'évolution quotidienne et mensuelle de ces agents chimiques dans la stratosphère. Ces données servent également à confirmer les prévisions faites par modélisation informatisée sur l'appauvrissement de la couche d'ozone.

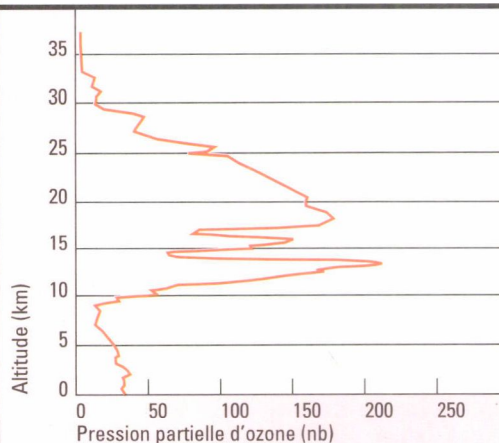
Alors que les ballons-sondes sont particulièrement utiles pour déterminer la variation des concentrations de gaz à l'état de traces selon l'altitude, les mesures au sol permettent une surveillance continue des changements dans la stratosphère. Nous avons donc conçu à cette fin un observatoire qui sera construit en 1992 à Eureka, juste au sud d'Alert. Nous prévoyons mettre au point des instruments pour la surveillance continue d'autres gaz à l'état de traces.

Appauvrissement quotidien



A 21 km d'altitude dans le vortex au-dessus d'Alert, les mesures prises par les sondes montrent que la couche d'ozone s'appauvrit de façon constante à un rythme de 0,7 % par jour.

Colonne verticale d'ozone



Variation de la concentration d'ozone selon l'altitude, mesurée par sondes à Alert. Outre les faibles concentrations qu'on s'attend de trouver sous 10 km et au-dessus de 30 km, un appauvrissement de l'ozone semble s'être produit à deux altitudes, soit à 14 et à 17 km.

Rayonnement atmosphérique

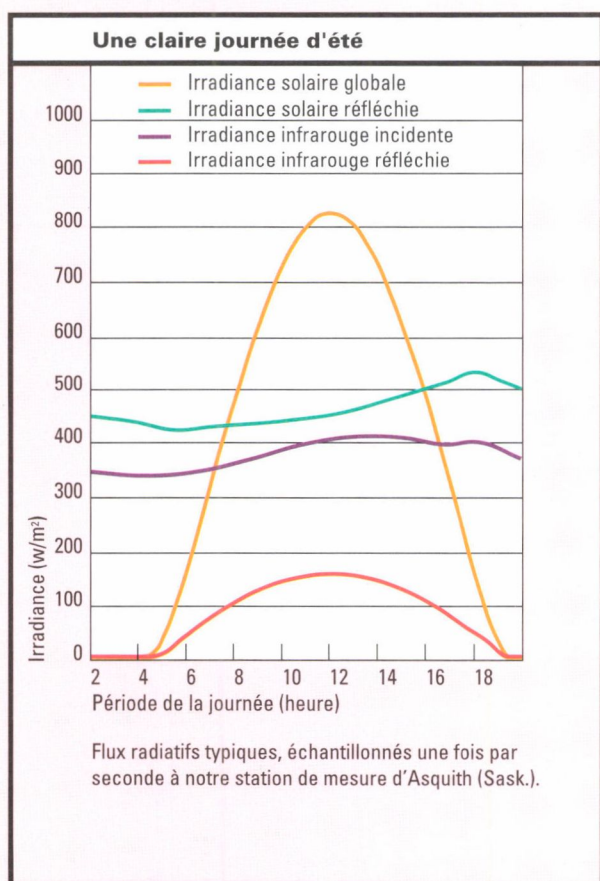
Pour comprendre les forces en jeu dans les changements climatiques, nous devons connaître combien d'énergie pénètre et quitte l'atmosphère terrestre. Même si le rayonnement est mesuré depuis des décennies, on connaît peu de choses sur la variabilité quotidienne et saisonnière du bilan énergétique planétaire, ou sur les effets climatiques de cette variabilité. Au Centre national du rayonnement atmosphérique (CNRA), nous prenons continuellement, au moyen d'appareils ultra-modernes, des mesures au sol qui, couplées aux mesures satellitaires, servent à déterminer les bilans radiatifs.

Le CNRA est relié au Centre radiométrique mondial à Davos, en Suisse, où se trouve le groupe étalon d'instruments de mesure du rayonnement pour l'Organisation météorologique mondiale (OMM). Grâce à ce lien entre les deux organismes, les mesures prises au Canada peuvent être comparées aux mesures similaires effectuées dans le monde. Tous les cinq ans, une équipe de spécialistes de la Direction rencontre d'autres chercheurs pour comparer les instruments au groupe étalon. Tous les

trois ans, d'autres comparaisons sont faites à l'échelle nord-américaine. Ces données comparatives servent à étalonner les instruments envoyés au CNRA par les ministères, les universités et les entreprises privées.

Les scientifiques du CNRA effectuent également des recherches fondamentales et appliquées sur le comportement des instruments de mesure du rayonnement. Ceux-ci sont conçus ou modifiés de façon telle à fonctionner avec précision dans les conditions climatiques extrêmes du Canada. On les déploie un peu partout au pays pour mesurer le rayonnement solaire et terrestre à diverses fins : ingénierie, agriculture, foresterie et surveillance du climat.

Grâce à des fonds provenant du Plan vert, nous participerons à un réseau ultra-moderne de mesure des radiations de 20 stations mis sur pied par l'OMM. Ce réseau permettra d'étudier les aspects radiatifs du changement climatique et de vérifier l'efficacité des radiomètres emportés par satellite qui servent à cartographier le rayonnement solaire et proche infrarouge. Les mesures canadiennes seront effectuées dans les prairies de la Saskatchewan et au nouvel observatoire stratosphérique d'Eureka (T.N.-O).

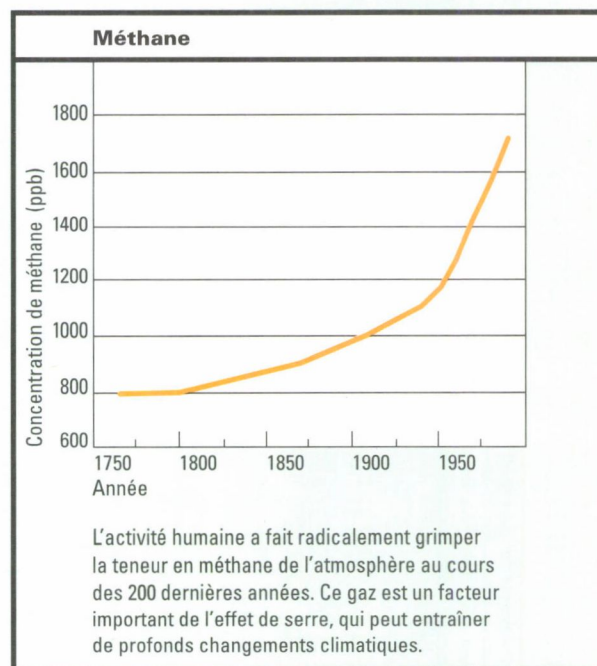


Le climat de la Terre permet la vie que nous connaissons, en grande partie grâce à la présence dans l'atmosphère de plusieurs gaz appelés «gaz à effet de serre», qui forment une couche isolante autour de notre planète. Les gaz à effet de serre laissent passer la lumière solaire pénétrant dans l'atmosphère (rayonnement de courte longueur d'onde), mais ils absorbent et reflètent une bonne partie des rayons de grande longueur d'onde qui proviennent de la surface de la Terre, ce qui a pour effet d'emprisonner la chaleur, comme le font les vitres d'une serre. Cet «effet de serre» se produit naturellement et est essentiel au maintien d'un climat propice à la vie sur Terre. En l'absence de gaz à effet de serre tels que l'eau vapeur, le dioxyde de carbone et le méthane, notre planète serait plus froide de 30 °C et essentiellement dénuée de vie.

Au cours des dernières générations, l'activité humaine a fait grimper à des niveaux sans précédent la concentration atmosphérique de gaz à effet de serre, ce qui amène les scientifiques à juger imminents les impacts climatiques. L'utilisation de combustibles fossiles et la déforestation ont fortement accru la quantité de dioxyde de carbone dans l'atmosphère; depuis 130 ans, sa concentration a crû de plus de 25 %. Au rythme d'augmentation actuel, cette teneur doublera en l'espace d'un siècle. Après être demeurée relativement constante durant plus de 10 000 ans, la concentration de méthane a doublé depuis le siècle dernier, principalement en raison de l'activité humaine. Considérant le rythme actuel d'accroissement des gaz à effet de serre, la température de la surface de la Terre pourrait fort bien augmenter de 3 °C d'ici l'an 2100.

Le réchauffement prévu est d'une telle ampleur que les écosystèmes humains et naturels subiront d'énormes stress pour s'adapter aux nouvelles conditions climatiques. Le Canada, tout comme plusieurs autres pays industrialisés, s'est donc engagé à établir des stratégies nationales visant à stabiliser aux niveaux de 1990, d'ici l'an 2000, les émissions de dioxydes de carbone et d'autres gaz à effet de serre. Cet engagement se reflète dans le Plan vert du Canada et dans la Stratégie d'action nationale sur le réchauffement planétaire. De plus, lors de la Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement, tenue en juin 1992 à Rio de Janeiro, le Canada a signé la Convention-cadre sur les changements climatiques qui l'engage à protéger et à bonifier les écosystèmes qui absorbent les gaz à effet de serre, ainsi qu'à limiter ses émissions de tels gaz.

Depuis 1986 à Alert, nous mesurons de manière continue et à long terme les gaz à effet de serre atmosphériques, pour mieux comprendre les cycles planétaires de ces gaz et évaluer l'efficacité des stratégies de lutte. En 1989, nous avons amorcé une importante étude sur les terres humides du Nord canadien, pour déterminer la contribution du Canada aux concentrations naturelles de méthane. La collaboration reçue de chercheurs étrangers dans ces études nous a permis de comprendre beaucoup mieux le changement climatique planétaire et de poursuivre notre rôle de conseiller dans l'élaboration de stratégies de contrôle nationales et internationales.



Gaz à effet de serre

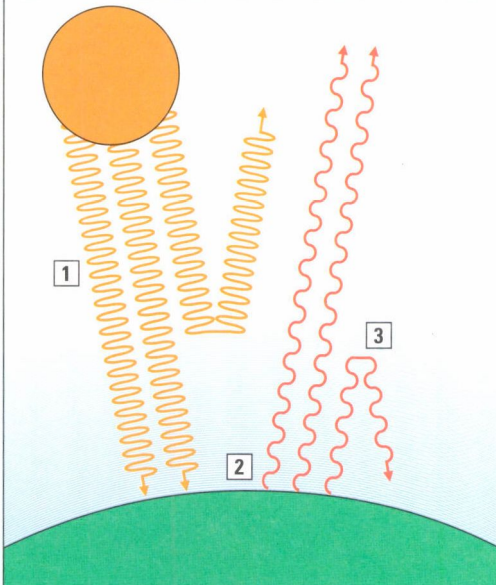
Le Canada a commencé à mesurer les concentrations de dioxyde de carbone en 1969, à la station océanique Papa dans le nord-est de l'océan Pacifique. Aujourd'hui, notre programme de surveillance compte trois stations : Alert (dans l'Extrême-Arctique), Cape St. James (C.-B.) et l'Île de Sable (N.-É.). En mesurant dans ces trois stations éloignées les niveaux de fond de dioxyde de carbone sans l'interférence de sources locales, le Canada contribue d'une façon appréciable à l'effort international visant à étudier l'évolution mondiale du problème des gaz à effet de serre.

À chacune de ces stations, des échantillons d'air sont recueillis en vue d'être analysés chaque semaine dans notre laboratoire. Notre méthode d'échantillonnage consiste à remplir d'air ambiant une fiole de verre vide. Cette technique facile et économique permet d'évaluer la composition chimique de l'atmosphère planétaire. Nous avons constaté qu'entre 1975 et 1991 la teneur en dioxyde de carbone était passée de 333 à 358 ppm à l'Île de Sable et de 332 à 357 ppm à Alert. Comme en témoigne le

graphique ci-dessous, les concentrations de dioxyde de carbone augmentent à un rythme assez semblable à Alert et à l'Île de Sable ainsi qu'aux stations de Mauna Loa (Hawaii) et de Cape Grimm (Australie).

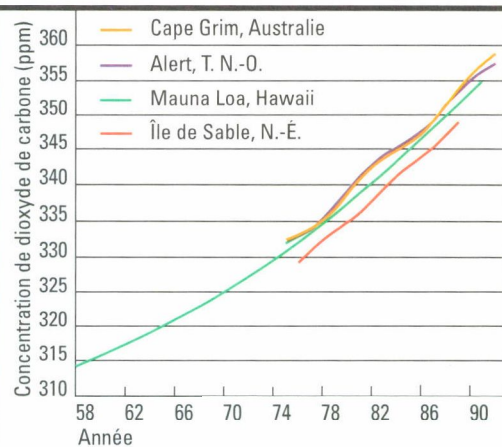
Dans le cadre du programme mondial de surveillance établi par l'Organisation météorologique mondiale (OMM), le Canada a ouvert en 1986, à Alert, sa première station d'échantillonnage continu des gaz à effet de serre. La teneur en dioxyde de carbone y est continuellement mesurée par de complexes techniques d'analyse. On y mesure également en permanence les niveaux de méthane, d'ozone et d'aérosols. En collaboration avec le personnel de la Direction, des scientifiques de différents pays recueillent des échantillons d'halocarbures, d'hydrocarbures, de chlorofluorocarbures (CFC) et d'isotopes du carbone. Nous élaborons actuellement nos propres systèmes, que nous installerons sous peu à Alert pour mesurer les CFC, les oxydes nitreux et divers autres gaz à état de traces. En août 1992, on a perfectionné l'appareillage de la station de l'Île de Sable de façon à pouvoir mesurer continuellement les gaz à effet de serre. Il est essentiel de pouvoir compter sur de telles mesures précises et continues pour déterminer l'envergure et les effets du changement climatique.

L'effet de serre



1. Les rayons du soleil pénètrent dans l'atmosphère sans être affectés par les gaz à effet de serre.
2. La lumière est absorbée par la surface terrestre et rayonne à nouveau vers l'espace sous forme de chaleur, à de plus grandes longueurs d'onde.
3. Les gaz à effet de serre absorbent une partie du rayonnement thermique et le reflètent vers la surface, tout comme une couverture isolante. Plus leur concentration est élevée, plus il y a de chaleur reflétée qui est emprisonnée, ce qui cause une hausse des températures dans la basse atmosphère et à la surface du sol. Ce processus se répercute sur les conditions météorologiques et climatiques.

Évolution mondiale du dioxyde de carbone



Une comparaison entre les données recueillies d'une part à l'Île de Sable et à Alert et d'autre part à Mauna Loa et à Cape Grim révèle une tendance à la hausse, à l'échelle planétaire, très similaire des concentrations de dioxyde de carbone.

Méthane et l'Étude canadiennes des terres humides du Nord

Le méthane est, après le dioxyde de carbone, le plus courant des gaz à effet de serre présents à l'état naturel dans l'atmosphère. Il contribue aujourd'hui à environ 15 % de l'effet atmosphérique total des gaz à effet de serre. Les terres humides sont une importante source naturelle de méthane, par le processus de décomposition anaérobie (en l'absence d'oxygène). Ces zones couvrent des millions de kilomètres carrés dans le nord du Canada et de la Russie. En 1988, nous avons calculé que les zones humides canadiennes étaient responsables de 14 % des rejets annuels de méthane provenant de toutes les sources de la planète. Cette évaluation reposait toutefois sur un si petit nombre d'observations qu'elle demeure hautement hypothétique. La Direction a donc lancé NOWES*, l'Étude canadienne des terres humides du Nord.

Réalisée entre 1989 et 1991 dans les basses-terres de la Baie d'Hudson et les terres humides du centre du Québec, cette étude visait à déterminer la quantité de méthane libérée par les terres humides et à étudier l'incidence de divers facteurs (température, humidité du sol, concentration d'éléments nutritifs dans l'eau, niveau de la nappe phréatique et type de zone humide) dans la production de méthane. Elle s'est déroulée avec l'apport de nombreux partenaires, dont l'Institut canadien de la recherche en chimie atmosphérique (ICRCA) et la NASA.

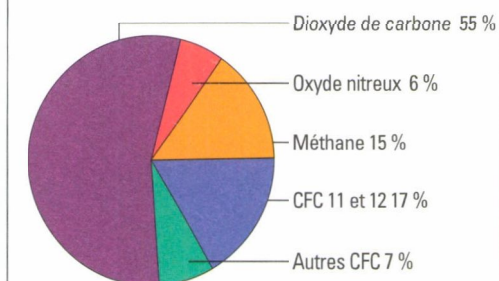
Le rôle de la Direction a consisté à établir une tour micrométéorologique dans un bog éloigné, à une centaine de kilomètres à l'ouest de Moosonee (Ont.). Au moyen de techniques informatiques et d'instruments spéciaux,

dont un détecteur de méthane à diode accordable spécialement conçu pour l'étude, nous avons mesuré les taux d'échange de méthane, de dioxyde de carbone, d'eau vapeur et de chaleur entre le bog et l'atmosphère. Nous avons également contribué à des mesures aériennes et fourni des analyses des études météorologiques et climatologiques. En outre, de concert avec Ontario Hydro, nous avons établi un observatoire des caractéristiques chimiques de base à long terme de l'atmosphère, dans la forêt boréale à Fraserdale, 50 km au nord de Timmins. Nous y examinerons les variations saisonnières et le rapport entre les concentrations de gaz à effet de serre et la direction du vent, ce qui nous permettra de mieux comprendre les processus d'échange entre les zones humides et l'atmosphère.

D'après nos études, les basses-terres de la Baie d'Hudson libèrent vingt fois moins de méthane qu'on ne croyait auparavant. Une extrapolation de ces résultats à l'échelle hémisphérique révèle que la quantité de méthane libérée par l'ensemble des zones humides nordiques est de deux à quatre fois moins grande que ce qu'on estimait. Ces résultats ont d'importantes répercussions quant au budget global du méthane et à l'orientation des études sur le changement climatique. En 1993-1994, la Direction amorcera une autre recherche d'envergure en participant à l'Expérience sur la forêt boréale, de concert avec la NASA. Nous pourrons ainsi mieux comprendre le rôle de la région des forêts boréales dans le climat planétaire, et mieux surveiller, par satellite, l'écosystème des forêts boréales.

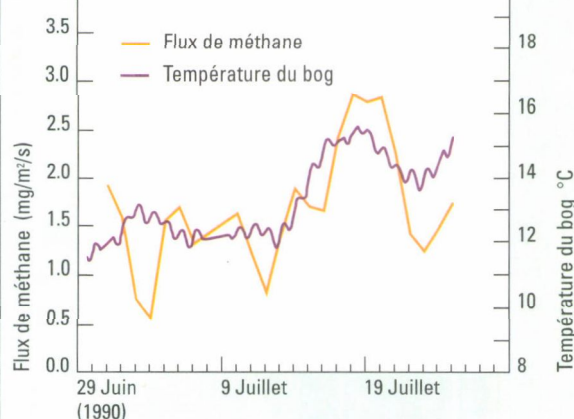
*NOWES Canadian Northern Wetlands Study

Sources du réchauffement planétaire



Estimations pour les années 1980. En vertu du Protocole de Montréal signé en 1987, plus d'une cinquantaine de pays abandonnent graduellement l'utilisation des CFC, produits fabriqués par l'homme, ce qui place maintenant le méthane au second rang des gaz à effet de serre.
(Tiré du Rapport du GIEC, 1990)

NOWES



Variation du flux de méthane avec la température du bog, mesurée à une profondeur de 20 cm.

Relativement peu de recherches scientifiques de quelque sorte ont été consacrées à l'Arctique canadien. Ce n'est qu'au cours des vingt dernières années que l'atmosphère arctique a fait l'objet d'une étude systématique.

Contrairement à l'Arctique russe, considérablement industrialisé, le Grand Nord canadien ne compte essentiellement aucune source de pollution. Malgré l'absence de sources locales, les Canadiens qui habitent dans l'Arctique, et plus particulièrement ceux qui vivent sur le pays, sont menacés par la contamination croissante de ce fragile écosystème. Ce sont les cours d'eau, les courants océaniques et l'atmosphère qui y amènent les polluants.

Depuis quelques années, on observe un accroissement spectaculaire de la recherche concernant les processus chimiques et physiques caractérisant l'atmosphère de l'Arctique canadien. Le Service de l'environnement atmosphérique a fortement contribué à ce mouvement, en partie parce que nous reconnaissons que les habitants de la région sont menacés par une contamination de leurs sources d'alimentation naturelles comme le phoque, le morse et le narval, qui composent un important élément du régime alimentaire de plusieurs communautés nordiques.

Outre l'urgence d'examiner les trajectoires et les effets des contaminants dans l'Arctique, nous tentons de résoudre un certain nombre de problèmes inhabituels et stimulants posés par l'atmosphère arctique, notamment :

- i. la surveillance des gaz à effet de serre dans une région qui, vu l'absence de sources locales, est considérée représentative des niveaux globaux;
- ii. la mesure et l'explication du phénomène d'amincissement de la couche d'ozone stratosphérique, particulièrement vers la fin de l'hiver et le début du printemps;
- iii. l'étude de la chimie de l'atmosphère dans un immense «laboratoire» où une période d'obscurité totale de quatre mois ou plus est suivie d'une transition rapide à des journées d'ensoleillement de vingt-quatre heures.

Certaines considérations pratiques font de la recherche dans l'Arctique une activité totalement différente de la recherche similaire menée à des latitudes inférieures. Le coût des matériaux et des approvision-

nements y est environ dix fois plus élevé que dans le sud du pays. En outre, son environnement rigoureux comporte des dangers qui exigent prudence et vigilance de la part des chercheurs; l'éloignement et les températures extrêmes provoquent un stress psychologique, particulièrement durant les périodes d'obscurité. Dans ces conditions, il est essentiel qu'il y ait coopération dans le travail, partage des infrastructures et mise en commun des connaissances. Cette coopération a lieu à tous les niveaux, au plan national comme international, afin d'étudier la région dans une perspective holistique, comme un écosystème.

Au cours de la dernière année, la Direction a mis sur pied ou commencé à construire plusieurs laboratoires dans l'Arctique. En juillet 1991, un laboratoire spécial expédié par avion à Alert a servi de base d'opérations à l'Expérience internationale sur le lever de soleil en région polaire, consacrée aux processus chimiques et physiques qui se produisent dans l'atmosphère polluée de l'Arctique quand le soleil se lève vers la fin de février, après plusieurs mois d'obscurité. Le laboratoire abrite également le programme d'échantillonnage des toxiques atmosphériques, récemment créé dans le cadre de la Stratégie internationale pour la protection de l'environnement arctique.

Observatoire stratosphérique



Vue d'artiste de notre nouveau laboratoire à Eureka, qui deviendra un centre international de recherche stratosphérique, et plus particulièrement d'étude de l'appauvrissement de la couche d'ozone.

Au cours de l'été de 1992, on a quintuplé la superficie de la station d'échantillonnage des concentrations de fond des gaz à effet de serre à Alert, pour y accueillir davantage de programmes. Alert est l'agglomération la plus septentrionale au monde. Située à l'extrémité de l'île Ellesmere, sur la côte de l'océan Arctique, elle est le premier point de contact pour les masses d'air polluées traversant le pôle en provenance d'Asie et d'Europe, un trajet commun. La station joue donc un rôle important dans la détermination des processus de transformation et de dépôt chimiques qui entrent en jeu durant le transport, et dans l'évaluation des niveaux de pollution atmosphérique qui affectent notre atmosphère nordique. Nous recevons, dans l'étude de ce problème, l'aide de collaborateurs européens de l'autre côté du pôle.

Enfin, à l'été de 1992, on a entamé à Eureka, au coût de plusieurs millions de dollars, la construction d'un observatoire de recherche qui servira à étudier la stratosphère, notamment l'appauvrissement de la couche d'ozone stratosphérique. Cet observatoire acquiert une renommée internationale et sera le théâtre de diverses expériences nationales et internationales.

Ces initiatives feront du Canada un leader mondial de la recherche sur l'atmosphère arctique au cours de la prochaine décennie. Grâce aux solides liens de coopération noués au cours des années dernières, nous pourrions substantiellement faire progresser la compréhension des caractéristiques chimiques et physiques de l'atmosphère arctique.

Camp sur la glace



En avril 1992, des chercheurs installent du matériel météorologique dans l'océan Arctique, à environ 150 km au nord d'Alert. Les données ainsi recueillies faciliteront l'interprétation des mesures sur la pollution atmosphérique.

Dans la station d'Alert



Notre laboratoire de projets spéciaux, où nos collègues de l'étranger mesurent des concentrations de gaz à l'état de traces.

PERSONNES-RESSOURCES

Administration centrale

Direction de la recherche sur la qualité de l'air
Service de l'environnement atmosphérique
4905, rue Dufferin
Downsview, ON
M3H 5T4

Pour un complément d'information,
veuillez communiquer avec les personnes suivantes :

Personnes-ressources

Directeur, Hans Martin (416) 739-4471
Liaison avec les programmes, Malcolm Still 739-4866
Activités internationales, Doug Whelpdale 739-4869
Liaison avec l'Arctique, Bill Hart 739-4468

Pluies acides

Gestionnaire des questions de fond,
Keith Puckett 739-4836
Échantillonnage, Robert Vet 739-4853
Modélisation, Marvin Olsen 739-4870
Effets sur la santé, Jeffrey Brook 739-4916

Toxiques atmosphériques

Gestionnaire des questions de fond,
Ann McMillan 739-4867
Grands Lacs, Ray Hoff 859-5122
Inventaire des émissions, Eva Voldner 739-4467

Smog

Gestionnaire des questions de fond,
Stu McNair 739-4449
Modélisation, Jan Bottenheim 739-4838

Recherche stratosphérique

Gestionnaire des questions de fond,
David Wardle 739-4632
Échantillonnage, James Kerr 739-4626
Expériences spatiales, Tom McElroy 739-4630
Rayonnement, Bruce McArthur 739-4464

Changement climatique

Gestionnaire des questions de fond,
Stu McNair 739-4449
Échantillonnage, Neil Trivett 739-4447

Arctique

Chimie troposphérique, Len Barrie 739-4868
Chimie stratosphérique, James Kerr 739-4626

Personnes-ressources dans les régions

Région du Pacifique

Kirk Johnstone
700-1200 ouest, 73^e avenue
Vancouver, BC
V6P 6H9
(604) 664-9120

Région de l'Ouest

Tim Goos
Twin Atria Building
4999, 98^e avenue, pièce 240
Edmonton, AB
T6B 2X3
(403) 495-3143

Région du Centre

Garry Schaefer
266, avenue Graham, 10^e étage, pièce 1000
Winnipeg, MB
R3C 3V4
(204) 983-4379

Région de l'Ontario

Terry Allsopp
25, Avenue St. Clair est, pièce 301
Toronto, ON
M4T 1M2
(416) 973-1116

Région du Québec

Gérard Vigeant
100, boulevard Alexis Nihon, 3^e étage
Saint-Laurent, QC
H4M 2N8
(514) 283-1106

Région de l'Atlantique

Raul Galbraith
1496, Bedford Highway
Bedford, NS
B4A 1E5
(902) 426-9134

96724 Vol Montreal - Dubai | Comparateur de billets d'avion Jetcost



LE PLAN VERT DU CANADA
CANADA'S GREEN PLAN

Canada

