



PNUÉ, Dario Riva (Italie), Still Pictures.

L'atmosphère

Aperçu de la situation dans le monde

Les émissions anthropiques de composés chimiques dans l'atmosphère ont causé, ces 30 dernières années, de nombreux problèmes écologiques et sanitaires. Certaines substances chimiques, comme les fluorocarbones (CFC), qui sont produites délibérément, se retrouvent dans l'atmosphère à la suite d'un mauvais fonctionnement d'installations ou de marchandises. D'autres, comme le dioxyde de soufre (SO_2) et l'oxyde de carbone (CO), sont les sous-produits inévitables des combustibles fossiles. La pollution atmosphérique urbaine, les pluies acides, la pollution par des substances chimiques toxiques (dont certaines sont persistantes et transportées sur de longues distances), l'appauvrissement de la couche d'ozone stratosphérique et le changement du système climatique mondial font peser autant de menaces importantes sur les écosystèmes et le bien-être des hommes.

Pollution atmosphérique et qualité de l'air

L'Organisation mondiale de la santé (OMS) a enregistré six polluants atmosphériques « classiques », à savoir le CO, le plomb, le dioxyde d'azote (NO_2), les particules en suspension (poussière, particules et matières particulaires,

brouillards et fumée), le SO_2 et l'ozone de la troposphère (O_3) (OMS, 1999).

La combustion de combustibles fossiles et de la biomasse constitue la source la plus importante de polluants atmosphériques comme le SO_2 , le CO, certains oxydes d'azote tels que le NO et le NO_2 (désignés sous le vocable commun de NO_x), les particules en suspension, les composés organiques volatils et certains métaux lourds. C'est aussi la principale source anthropique du gaz carbonique (CO_2), un des plus importants gaz à effet de serre. De 1973 à 1998, l'offre totale d'énergie a augmenté de 57 % (voir graphique page 211), sous la forme principalement de pétrole, de gaz naturel et de charbon, l'énergie nucléaire et l'hydroélectricité et autres sources d'énergie renouvelables jouant un rôle mineur (AIE, 2000). Les combustibles utilisés varient de région à région ; par exemple, la Fédération de Russie utilise surtout le gaz naturel, alors que 73 % de l'énergie consommée en Chine provient du charbon (BP Amoco, 2000). La biomasse est une source importante d'énergie dans les pays en développement, où elle constitue également le facteur principal de la pollution de l'air à l'intérieur des bâtiments (Holdren et Smith, 2000).

Les pluies acides ont été une des sources principales de préoccupation écologique ces dernières décennies surtout en Europe et en Amérique du Nord (Rodhe et autres, 1995) et, plus récemment, en Chine (Seip et autres,

1999). Les importants dégâts subis par les forêts en Europe sont devenus une des grandes questions écologiques vers 1980, des milliers de lacs scandinaves perdant leurs populations de poissons du fait de l'acidification entre les années 50 et les années 80. Dans certaines régions d'Europe, les émissions anthropiques de SO_2 qui sont à l'origine des pluies acides ont été réduites de près de 70 % par rapport à leurs valeurs maximum (AEE, 2001) ; aux États-Unis, on a noté une réduction de l'ordre de 40 % (US EPA, 2000). Cela a permis de rétablir de manière significative l'équilibre acide naturel, à tout le moins en Europe. À l'opposé, l'utilisation croissante du charbon et d'autres combustibles à haute teneur en soufre s'est traduite par une augmentation des émissions de SO_2 dans la région Asie et Pacifique, où elle fait peser une grave menace écologique (PNUE, 1999).

Les émissions de polluants atmosphériques ont diminué ou se sont stabilisées dans la plupart des pays industrialisés, en grande partie grâce aux politiques de réduction conçues et mises en œuvre depuis le début des années 70. Dans un premier temps, les gouvernements ont tenté d'utiliser des instruments de contrôle direct, mais ceux-ci ne se sont pas toujours avérés rentables. Dans les années 80, on a mis davantage l'accent sur des mécanismes de réduction de la pollution présentant un bon rapport coût-efficacité et tenant compte à la fois du coût de mesures de protection de l'environnement et de la nécessité de la croissance économique. Le principe du pollueur-payeur est devenu une notion de base en matière de politique de l'environnement.

La tendance actuelle des politiques nationales et régionales de réduction des émissions est de recourir à des instruments économiques et de régulation, à l'amélioration des techniques et au transfert de technologie. Sur le plan international, une des percées les plus importantes a été l'adoption en 1979 de la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance. Une série de protocoles fixant des objectifs en matière de réduction des principaux polluants atmosphériques a permis à cette convention de jouer un rôle de catalyseur en amenant les gouvernements d'Europe, du Canada et des États-Unis à appliquer des politiques nationales de réduction des émissions (Commission économique pour l'Europe, 1995). L'instrument le plus récent est le Protocole de 1999 visant à réduire l'acidification, l'eutrophisation et l'ozone au ras du sol qui fixe de nouveaux engagements en matière de réduction du SO_2 , du NO_x , des composés organiques volatils et de l'ammoniac (NH_3) (Commission économique pour l'Europe, 2000).

Le durcissement de la réglementation en matière d'environnement intervenu dans les pays industrialisés a favorisé l'apparition de techniques plus propres et d'améliorations technologiques, en particulier dans les secteurs de la production d'énergie électrique et du transport. Dans ce dernier, une réduction importante des

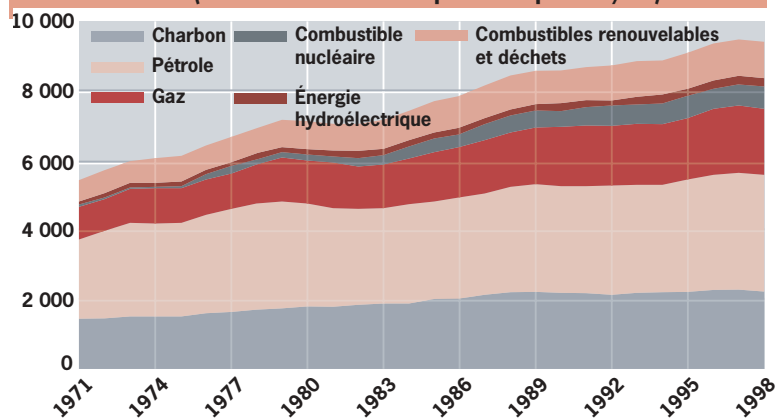
Impacts associés à la pollution atmosphérique

Les substances nocives émises dans l'air ne sont pas sans effet sur la santé humaine et les écosystèmes. On estime que la pollution atmosphérique et la pollution de l'air à l'intérieur des bâtiments sont la cause d'environ 5 % de l'ensemble des maladies. Elles aggravent, quand elles ne les causent pas, l'asthme et autres maladies respiratoires allergiques. On les associe également avec la mortalité et l'insuffisance pondérale à la naissance (Holdren et Smith, 2000). On estime qu'environ 1,9 million de personnes meurent chaque année dans les pays en développement du fait de l'exposition à des concentrations élevées de particules en suspension à l'intérieur des maisons dans les zones rurales et l'on évalue à environ 500 000 le nombre de personnes qui meurent chaque année dans les pays en développement du fait de la concentration élevée des particules en suspension et du SO_2 dans l'atmosphère. Il apparaît également que des particules d'un diamètre aérodynamique médian de moins de $2,5 \mu\text{m}$ ($\text{PM}_{2,5}$) éprouvent de manière significative la santé humaine (OMS, 1999).

Le dépôt d'acide est une des causes de l'acidification des sols et de l'eau, laquelle entraîne la réduction des stocks de poissons, la perte de diversité dans les lacs sensibles à l'acide et la dégradation des forêts et des sols. L'excès d'azote (comme le nitrate et/ou l'ammonium) favorise l'eutrophisation, en particulier dans les zones côtières. Les pluies acides endommagent les écosystèmes, provoquent la défoliation, ainsi que la corrosion des monuments et des bâtiments historiques et réduisent les rendements agricoles.

émissions nocives a été rendue possible par l'amélioration du cycle de combustion des moteurs, et du rendement du combustible, ainsi que par la généralisation des convertisseurs catalytiques (Holdren et Smith, 2000). Dans de nombreux pays industrialisés, les émissions de plomb provenant des additifs pour essence ont été ramenées à zéro

Approvisionnement mondial en énergie par type de combustible (millions de tonnes équivalent-pétrole/an)



(AEE, 1999 ; EPA, 2000). Dans les pays en développement, toutefois, les sources des émissions sont plus variées. Elles comprennent notamment des centrales électriques extrêmement polluantes, l'industrie lourde, les véhicules et la combustion domestique du charbon, du charbon de bois et de la biomasse. Il est possible de réduire considérablement, pour un faible coût, l'émission de polluants, mais rares sont les pays en développement qui ont consenti des investissements même minimes pour réduire la pollution, alors même que cette mesure ne peut que bénéficier à l'environnement et à la santé de la population (Holdren et Smith, 2000 ; Banque mondiale, 1997).

L'approvisionnement mondial en énergie continue d'être dominé par les combustibles fossiles (charbon, pétrole et gaz)

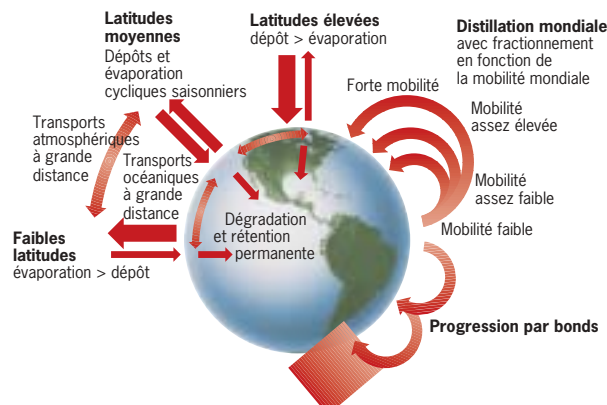
Source : AIE, 2000.

Des progrès mesurables ont certes été réalisés en matière d'émissions industrielles au moins par les pays développés, mais le transport est devenu une des principales sources de pollution atmosphérique (en particulier de NO_x et de nombreux composés de carbone) dans beaucoup de pays. Des concentrations élevées de ces composés dans l'air des villes peuvent provoquer, dans certaines conditions climatiques, un smog photochimique qui compromet gravement la santé. À cela s'ajoutent dans de nombreux centres urbains et aux alentours de ceux-ci des concentrations élevées de O_3 troposphérique. L'ozone troposphérique d'origine anthropique peut être le fruit de réactions se produisant entre le NO_x et les composés organiques volatils pendant de chaudes journées ensoleillées, surtout dans les zones urbaines et industrielles et dans les régions où l'on observe fréquemment des masses d'air stagnantes. Cela peut avoir des implications non négligeables, car l'on a constaté que les molécules de O_3 parcourent de grandes distances (jusqu'à 800 kilomètres) à partir des sources d'émission (CEC, 1997). La concentration d'ozone troposphérique est à ce point élevée dans de grandes parties de l'Europe et dans certaines zones de l'Amérique du Nord qu'elle fait peser une menace non seulement sur la santé, mais également sur la végétation. Par exemple, on a estimé que l'ozone présent au ras du sol coûtait aux États-Unis plus de 500 millions de dollars par an du fait de la diminution des rendements agricoles et forestiers (EPA, 2000).

La pollution atmosphérique dans les villes est un des problèmes écologiques les plus importants. Dans la plupart des villes d'Europe et d'Amérique du Nord, les concentrations de SO_2 et de particules en suspension ont décru considérablement ces dernières années (Fenger, 1999 ; EPA, 2000). Toutefois, dans de nombreux pays en développement, l'urbanisation rapide est allée de pair avec l'augmentation de la pollution atmosphérique dans beaucoup de villes (Fenger, 1999) ; les directives de l'OMS concernant la qualité de l'air sont souvent négligées et l'on note des niveaux élevés de particules en suspension dans des mégapoles comme Beijing, Calcutta, Mexico et Rio de Janeiro (Banque mondiale, 2001).

Enfin se pose un problème qui est une source de préoccupation pour le monde entier, celui des polluants organiques persistants. Ils se décomposent lentement et peuvent être transportés sur de longues distances par l'atmosphère (voir illustration ci-dessus). On trouve des concentrations élevées de certains polluants organiques persistants dans les zones polaires (Schindler, 1999 ; Masclet et autres, 2000 ; Espeland et autres, 1997), ce qui ne va pas sans avoir des impacts écologiques régionaux potentiellement graves. Ces composés peuvent également s'accumuler dans des graisses animales et poser un risque pour la santé. La Convention de Stockholm sur les polluants organiques persistants, adoptée en mai 2001,

Migration des polluants organiques persistants



Polluants organiques persistants disséminés par le biais de différents mécanismes à des latitudes différentes

Source : Wania et Mackay, 1996.

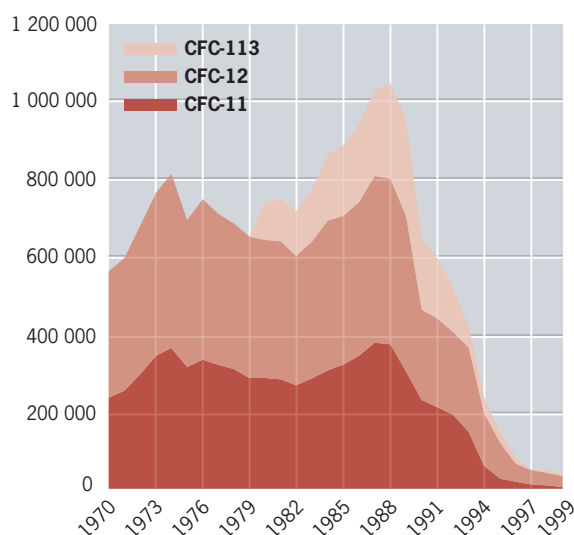
prévoit des mesures de contrôle concernant les pesticides, les substances chimiques industrielles et les produits accessoires non voulus, en vue d'éliminer la production et l'utilisation des polluants organiques persistants produits intentionnellement et d'éliminer, dans la mesure du possible, ceux d'entre eux qui sont produits non intentionnellement (PNUE, 2001).

Appauvrissement de la couche d'ozone stratosphérique

La protection de la couche d'ozone de la Terre n'a cessé d'être un des grands défis des 30 dernières années, tant du point de vue de l'environnement que de celui du commerce, de la coopération internationale ou du développement durable. L'épuisement de la couche d'ozone menace la santé en provoquant des maladies comme le cancer de la peau, des cataractes et l'immunodéficience, elle touche la faune et la flore et influence le climat de la planète. Elle est causée par un certain nombre de substances chimiques, dont les plus connues sont les chlorofluorocarbones (CFC). En 1974, on a publié les résultats d'études établissant un lien entre l'appauvrissement de l'ozone stratosphérique et l'émission par les CFC d'ions de chlorure dans la stratosphère (Molina et Rowland, 1974). Les substances menaçant l'ozone sont utilisées dans les réfrigérateurs, les climatiseurs, les aérosols, les mousses isolantes et mousses pour meubles et le matériel de lutte contre l'incendie ; leur production a connu son apogée à la fin des années 80, en même temps que la hausse de la demande (voir graphique à la page 213).

L'appauvrissement de la couche d'ozone atteint aujourd'hui un niveau record, spécialement dans l'Antarctique et, récemment également, dans l'Arctique. En

Production mondiale des principaux chlorofluorocarbones (tonnes/an)



La production mondiale des trois principaux CFC a atteint son apogée vers 1988 pour retomber depuis lors à des valeurs extrêmement faibles.

Source : AFEAS, 2001.

septembre 2000, le trou d'ozone antarctique s'étendait sur plus de 28 millions de kilomètres carrés (OMM, 2000 ; NASA, 2001). Actuellement, les pertes moyennes d'ozone sont de 6 % dans les latitudes médianes septentrionales en hiver et au printemps, 5 % dans les latitudes médianes méridionales pendant toute l'année, 50 % au printemps antarctique et 15 % au printemps arctique. L'augmentation consécutive du rayonnement ultraviolet nocif est respectivement de 7 %, 6 %, 130 % et 22 % (PNUE, 2001).

Toutefois, grâce aux efforts persévérants de la communauté internationale, la consommation mondiale de substances menaçant l'ozone a nettement diminué et la couche d'ozone devrait commencer à se reconstituer au cours des 10 à 20 prochaines années pour retrouver son niveau d'avant 1980 d'ici à la moitié du XXI^e siècle, si tous les pays acceptent d'appliquer toutes les mesures de lutte antipollution énoncées dans le Protocole de Montréal (PNUE, 2000a).

La coopération internationale a joué un rôle clef dans la protection de la couche d'ozone stratosphérique. Les pays ont accepté en principe de se saisir d'un problème mondial avant même que les effets de celui-ci deviennent apparents ou que son existence soit établie scientifiquement, ce qui constitue probablement le premier cas d'adoption de l'approche de précaution (PNUE, 2000a).

La communauté internationale a commencé à se mobiliser sérieusement en 1975, lorsque le Conseil d'administration du PNUE a convoqué une réunion en vue de coordonner les activités de protection de la couche d'ozone. Un comité de coordination a été constitué à cet effet en 1976 et chargé de réaliser chaque année une étude

scientifique. En 1977, les États-Unis ont interdit l'utilisation de CFC dans des aérosols non indispensables. Le Canada, la Norvège et la Suède n'ont pas tardé à adopter des mesures de réglementation analogues. La Communauté européenne (CE) a gelé les capacités de production et entrepris de limiter l'utilisation des aérosols. Toutes utiles qu'elles fussent, ces initiatives n'ont fourni qu'un répit temporaire. Après une diminution pendant quelques années, on a noté une reprise de la consommation des CFC dans les années 80, à mesure qu'augmentaient les utilisations à des fins autres que les aérosols, comme le gonflement de la mousse, les solvants et la réfrigération. Une réglementation plus stricte était nécessaire ; le PNUE et plusieurs pays développés ont pris les devants et demandé que soit mis au point un traité mondial en vue de la protection de la couche d'ozone stratosphérique (Benedick, 1998).

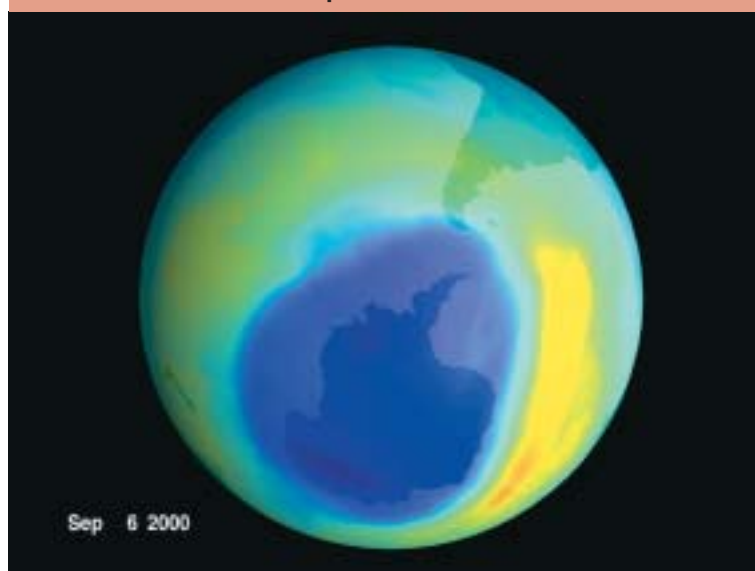
La Convention de Vienne pour la protection de la couche d'ozone a été finalement adoptée en mars 1985 par 28 pays. Elle encourageait la coopération internationale en matière de recherche, d'observation systématique de la couche d'ozone, de surveillance de la production des substances menaçant l'ozone et d'échange d'informations. En septembre 1987, 46 pays ont adopté le Protocole de Montréal relatif à des substances qui appauvrissent la couche d'ozone (au 31 décembre 2001, 182 pays avaient ratifié la Convention de Vienne, et 181 avaient ratifié le Protocole de Montréal).

Selon le Protocole, d'ici à décembre 1999 il fallait réduire de 50 % la consommation de cinq CFC largement utilisés, et gelé la consommation de trois halons. À la faveur d'évaluations scientifiques périodiques, il a été possible de modifier et d'adapter le Protocole à Londres (1990), Copenhague (1992), Vienne (1995), Montréal

En septembre 2000, le trou d'ozone a atteint une dimension record, soit 28,3 millions de kilomètres carrés, ou trois fois la superficie des États-Unis. Le bleu foncé indique les zones où l'appauvrissement de la couche d'ozone atteint des niveaux élevés.

Source : NASA, 2001.

Le trou d'ozone antarctique bat un nouveau record



Reproduit avec l'autorisation de Paul A. Newman.

(1997) et Beijing (1999). En 2000, 96 substances chimiques faisaient ainsi l'objet d'une réglementation (Sabogal, 2000).

À la fin de 1995, la plupart des substances menaçant l'ozone, y compris toutes les substances précisées dans le Protocole original, avaient été éliminées dans les pays industrialisés. Le Protocole prévoit une période de grâce de 10 ans pour les pays en développement et institue un mécanisme financier (le Fonds multilatéral provisoire aux fins d'application du Protocole de Montréal) pour permettre à ces pays de financer l'élimination des substances menaçant l'ozone, consacrant ainsi le principe d'une responsabilité commune mais différenciée. En 2000, le Fonds multilatéral avait dépensé plus de 1,1 milliard de dollars pour financer le renforcement des capacités et la réalisation de projets visant à éliminer les substances menaçant l'ozone dans 114 pays en développement.

Aujourd'hui, pratiquement toutes les parties au Protocole de Montréal ont pris des mesures visant à éliminer les substances menaçant l'ozone, si bien qu'en 2000 la consommation totale de celles-ci avait été réduite de 85 % (PNUE, 2000b).

naturel maintient la surface terrestre à une température supérieure d'environ 33 °C à ce qu'elle serait autrement, soit une chaleur suffisante pour permettre la vie.

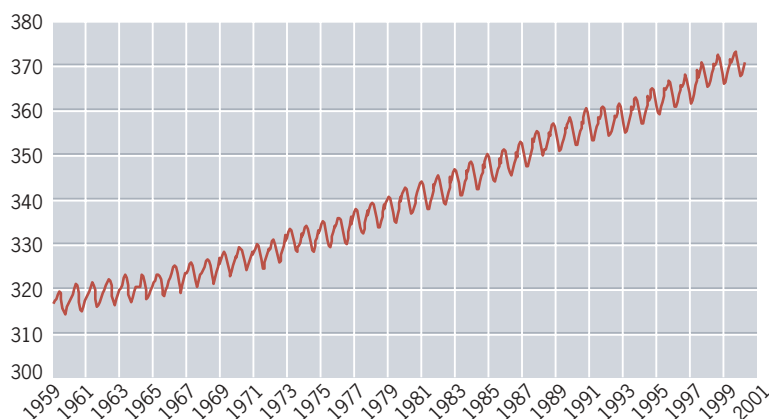
Depuis la révolution industrielle, la concentration de CO₂, un des principaux gaz à effet de serre, dans l'atmosphère a augmenté considérablement (voir le graphique de gauche, qui indique cette augmentation depuis le début des mesures directes en 1959). Cela a contribué à augmenter l'effet de serre, phénomène désigné sous le nom de « réchauffement de la planète ».

La concentration de CO₂ dans l'atmosphère est actuellement d'environ 370 particules par million (ppm), soit une augmentation de plus de 30 % depuis 1750, qui est largement imputable à des émissions anthropiques de CO₂ provenant de la combustion de combustibles fossiles et, dans une mesure moindre, de la modification de l'utilisation des sols, de la production de ciment et de la combustion de la biomasse (GIEC, 2001a). Le CO₂ rend certes compte de plus de 60 % de l'augmentation de l'effet de serre depuis le début de l'industrialisation, mais les concentrations d'autres gaz à effet de serre, comme le méthane (CH₄), l'oxyde d'azote (N₂O), les halocarbones et les halons ont augmenté également. Par rapport au CO₂, le CH₄ et le N₂O sont responsables respectivement à hauteur d'environ 20 % et de 6 à 7 % de l'augmentation de l'effet de serre. Les halocarbones y ont contribué à hauteur d'environ 14 %. Nombre de ces substances chimiques sont réglementées en vertu du Protocole de Montréal (voir plus haut). Toutefois, celles d'entre elles qui n'ont qu'un potentiel réduit d'appauvrissement de la couche d'ozone échappent à pareille réglementation. Certes, elles ont contribué à hauteur de moins de 1 % à l'augmentation de l'effet de serre depuis le début de l'industrialisation, mais leurs concentrations dans l'atmosphère sont à la hausse (GIEC, 2001a).

Les émissions de gaz à effet de serre sont réparties inégalement entre les pays et les régions. Dans l'ensemble, les pays industrialisés sont responsables de la majorité des émissions passées et actuelles. Les pays membres de l'OCDE ont contribué à plus de la moitié des émissions de CO₂ en 1998, l'émission moyenne par habitant représentant environ trois fois la moyenne mondiale. Toutefois, la part de l'OCDE dans les émissions mondiales de CO₂ a diminué de 11 % depuis 1973 (AIE, 2000).

Lorsqu'il a évalué l'impact possible d'une augmentation des concentrations atmosphériques de gaz à effet de serre, le GIEC a conclu en 2001 qu'il y avait des éléments de preuve nouveaux et plus convaincants que le réchauffement observé au cours des 50 dernières années était imputable pour l'essentiel aux activités humaines. Pour l'ensemble du XX^e siècle, le réchauffement global représente environ 0,6 °C (± 0,2) ; il est « extrêmement probable » que les années 90 ont été les 10 années les plus chaudes et que 1998 a été l'année la plus chaude depuis

Concentration du gaz carbonique à Mauna Loa, Hawaii (ppm/volume)



Les données dont on dispose pour Mauna Loa (Hawaii) révèlent une augmentation des concentrations de CO₂, qui sont imputables en grande partie à des émissions anthropiques provoquées par la combustion de combustibles fossiles.

Source : Keeling et Whorf, 2001.

Gaz à effet de serre et changement climatique

Depuis plus d'un siècle (Arrhenius, 1896), les savants connaissent le phénomène naturel de l'effet de serre, à savoir que la Terre maintient sa température d'équilibre par le biais d'un équilibre délicat réalisé entre l'énergie solaire entrante (rayonnement de courte longueur d'ondes) qu'elle absorbe et l'énergie infrarouge sortante (rayonnement de grande longueur d'ondes) qu'elle émet et dont une partie se perd dans l'espace. Les gaz à effet de serre (vapeur d'eau, gaz carbonique, méthane et autres) permettent au rayonnement solaire de traverser l'atmosphère terrestre sans rencontrer pratiquement d'obstacles, mais ils absorbent le rayonnement infrarouge à partir de la surface terrestre et le renvoie vers la Terre. Cet effet de serre

1861, c'est-à-dire depuis qu'on tient un registre des températures. La hausse du niveau des mers observée ces 100 dernières années (10 à 20 centimètres environ) est probablement imputable en grande partie à l'augmentation concomitante de la température mondiale (GIEC, 2001a).

L'ampleur et le rythme du changement climatique influent sur les écosystèmes, la santé et l'économie. De nombreuses régions auront probablement à souffrir des effets néfastes du changement climatique, certains de ces effets pouvant être irréversibles, alors que certains effets pourront être positifs pour certaines régions. Le changement climatique constitue un important facteur de tension supplémentaire pour les écosystèmes déjà touchés par une demande croissante de ressources, par des pratiques de gestion non viables et par la pollution.

Certains des premiers résultats du changement climatique peuvent servir d'indicateurs. Des écosystèmes vulnérables comme les récifs de corail souffrent beaucoup d'une augmentation de la température de la mer (GIEC, 2001b) et certaines populations d'oiseaux migrateurs diminuent sous l'effet de variations défavorables des conditions climatiques (Sillert, Holmes et Sherry, 2000). Par ailleurs, le changement climatique est susceptible d'influer négativement sur la santé et le bien-être des hommes par le biais d'un certain nombre de mécanismes. Par exemple, il peut influencer négativement sur la disponibilité d'eau douce et la production vivrière, ainsi que sur la propagation et la transmission saisonnière de maladies infectieuses à vecteur, comme le paludisme, la dengue et la schistosomiase. La tension supplémentaire induite par le changement climatique se fera sentir de différentes façons selon les régions. Il est probable qu'elle réduira la capacité de certains écosystèmes de fournir durablement les biens et services indispensables au développement économique et social, notamment des aliments en quantité suffisante, l'air pur et l'eau, l'énergie, des logements salubres et un faible niveau de maladie (GIEC, 2001b).

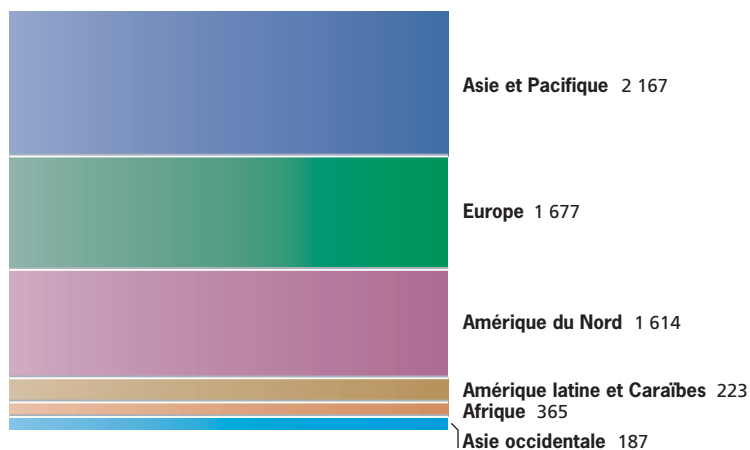
La Convention-Cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) adoptée à la CNUED en 1992 (voir chapitre premier) a pour objectif ultime de « stabiliser les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère à un niveau qui empêche toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique ». La Convention définit par ailleurs plusieurs principes fondamentaux, par exemple l'obligation pour les parties de prendre des mesures de précaution et d'agir « sur la base de l'équité et en fonction de leurs responsabilités communes, mais différenciées ». En tant que traité-cadre, la Convention recommande aux pays industrialisés, sans les y contraindre, de retrouver d'ici à 2000 les niveaux d'émission de 1990 pour ce qui concerne le CO₂ et les autres gaz à effet de serre (non réglementés par le Protocole de Montréal) (CCNUCC, 1992). Toutefois, la

plupart de ces pays n'ont pas retrouvé les niveaux de 1990 pour ce qui est des émissions anthropiques de gaz à effet de serre (CCNUCC, 2001). Dans l'ensemble, les émissions mondiales de la plupart des gaz à effet de serre anthropiques, en particulier le CO₂, continuent d'augmenter (AIE, 2000). Cela illustre le fait que les politiques et mesures nationales et internationales n'ont pas eu l'effet souhaité sur le changement climatique.

Dans son *deuxième rapport d'évaluation*, le GIEC a déclaré que tout semblait indiquer que l'homme influait sur le climat mondial (GIEC, 1996). Cette déclaration non équivoque a fourni une base scientifique pour l'adoption du Protocole de Kyoto de décembre 1997 relatif à la

Émissions de gaz carbonique par région (1998) (millions de tonnes carbone/an)

Total mondial 6 234



Convention-Cadre. Pour la première fois, le protocole fixe pour la plupart des pays industrialisés des objectifs quantitatifs en matière de réduction des gaz à effet de serre. Toutefois, ces objectifs vont de l'obligation de réduire les émissions de 8 % (pour l'Union européenne et beaucoup de pays d'Europe centrale) à la permission d'augmenter les émissions de 10 % (Islande) ou de 8 % (Australie). Dans l'ensemble, les pays industrialisés sont tenus de réduire leurs émissions totales d'au moins 5 % par rapport au niveau de 1990 au cours de la période 2008 à 2012. Le Protocole ne fixe pas d'obligations nouvelles pour les pays en développement. Par ailleurs, il autorise l'exécution collective des obligations par le biais de ce qu'on a appelé les « mécanismes de Kyoto ». Ces mécanismes visent à permettre une « souplesse géographique » et à réduire les coûts liés à la réalisation des objectifs quantitatifs de Kyoto. Par exemple, un de ces mécanismes, le Mécanisme du développement propre, permet aux pays industrialisés d'obtenir des crédits d'émission en réalisant des projets visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre dans les pays en

Les émissions anthropiques de gaz à effet de serre sont réparties inégalement entre les régions, la plupart des émissions provenant des pays industrialisés. Les chiffres comprennent les émissions provenant de l'utilisation de combustibles fossiles, de la combustion en torchère et de la production de ciment.

Source : D'après les chiffres de Marland, Boden et Andres, 2001.

développement (CCNUC, 1997).

L'application du Protocole de Kyoto devrait représenter pour les pays industrialisés un coût allant de 0,1 à 2 % du PIB en 2010 (GIEC, 2001c), l'essentiel de l'impact devant se faire sentir dans les pays les plus dépendants par rapport aux combustibles fossiles. Dans la crainte des pertes économiques qu'ils prévoyaient, certains pays industrialisés ont tourné le dos aux engagements de Kyoto et au Protocole lui-même. On a continué de débattre des règles et des modalités d'application du Protocole jusqu'à la sixième Conférence des Parties à la CCNUC qui s'est tenue à La Haye en novembre 2000. Faute d'aboutir à un consensus, on a suspendu la Conférence et les parties ont décidé de reprendre les négociations en 2001. Le point

Toile de fond de la coopération internationale en matière de changement climatique

C'est au début des années 70 que des chercheurs ont commencé à appeler l'attention des responsables politiques sur le réchauffement de la planète et la menace qu'il faisait peser sur le monde (SCEP, 1970). Au début, on a ignoré ce cri d'alarme et, la croissance économique aidant, la combustion de combustibles fossiles, la déforestation au profit de l'agriculture et la production d'halocarbones ont continué de plus belle. Il a fallu encore 20 années d'efforts persévérants de la part de chercheurs, d'ONG, d'organisations internationales et de plusieurs gouvernements pour amener la coopération internationale à adopter des mesures coordonnées pour faire face au changement climatique.

On considère généralement que la Conférence de Stockholm a été le point de départ d'une action internationale résolue portant sur les variations et les changements climatiques (Nations Unies, 1972). En 1979, la première Conférence mondiale sur le climat tenue à Genève a exprimé la préoccupation que lui inspirait le patrimoine naturel atmosphérique. Cette conférence, qui a réuni surtout des chercheurs, n'a guère retenu l'attention des décideurs. Dans les années 80, une série de conférences et d'ateliers a été organisée à Villach (Autriche) ; on y a passé en revue des scénarios relatifs aux émissions futures de tous les principaux gaz à effet de serre. Lors d'une réunion qui s'y est tenue en 1985, un groupe international d'experts scientifiques s'est entendu sur la gravité du problème et le danger que pose un réchauffement significatif (OMM, 1986).

À la suite d'une pression croissante exercée par l'opinion publique et des conclusions de la Commission Brundtland (CMED, 1987), la question de la modification du climat mondial s'est trouvée inscrite sur le programme d'action politique de plusieurs gouvernements. Une percée diplomatique a été opérée à la Conférence de Toronto en 1988 sur l'atmosphère en évolution, où une recommandation a appelé les pays développés à réduire les émissions de CO₂ de 20 % par rapport aux niveaux de 1988 d'ici à 2005. Quelques mois plus tard, l'OMM et le PNUE ont créé conjointement le GIEC afin de faire le point sur les connaissances scientifiques et les solutions qui s'offrent pour atténuer et/ou adapter les changements climatiques, ainsi que l'impact économique de ceux-ci. Les études réalisées par le GIEC, en particulier les trois rapports d'évaluation exhaustifs publiés en 1990, 1995 et 2001, ont examiné les différentes facettes du changement climatique.

crucial de la discussion mondiale s'est situé en mars 2001, lorsque le Gouvernement des États-Unis a décidé, contrevenant ainsi au Protocole de Kyoto, de n'imposer aucune restriction légale aux émissions anthropiques de gaz à effet de serre. Les États-Unis ont déclaré leur désaccord avec le Protocole et dit qu'à leurs yeux il était fondamentalement taré, en ce qu'il porterait préjudice à

l'économie américaine et exonérait les pays en développement de l'obligation d'y participer à part entière (Coon, 2001). Autrement dit, les États-Unis, qui émettent une grande partie du CO₂, ont décidé de ne pas ratifier le Protocole de Kyoto.

Celui-ci ne serait jamais entré en vigueur si d'autres pays développés avaient adopté une position identique. Toutefois, à la reprise de la sixième Conférence des Parties (COP-6, deuxième partie) qui a eu lieu à Bonn (Allemagne) en juillet 2001, les parties, sauf les États-Unis, ont mené à leur terme les négociations visant à fixer les détails opérationnels des engagements relatifs à la réduction des émissions des gaz à effet de serre. Elles sont aussi parvenues à un accord sur les mesures visant à renforcer l'application de la Convention-Cadre elle-même. Cette décision politique, autrement dit l'Accord de Bonn, a été adoptée officiellement par la Conférence des Parties le 25 juillet 2001. Nombre de participants considéraient qu'il s'agissait d'un accord politique historique qui sauvait le Protocole de Kyoto et ouvrait la voie à la ratification de celui-là, tout en reconnaissant sans ambages qu'il ne s'agissait que d'un petit pas vers le règlement du problème à l'échelle mondiale. Par ailleurs, les discussions ont débouché sur une Déclaration politique de l'Union européenne, du Canada, de l'Islande, de la Norvège, de la Nouvelle-Zélande et de la Suisse concernant le financement destiné aux pays en développement. Cette déclaration comporte un engagement, celui de fournir une contribution annuelle d'un montant de 410 millions de dollars d'ici à 2005 (IIDD, 2001a).

Peu après la tenue de COP-6, deuxième partie, les négociateurs, réunis à Marrakech (COP-7, tenue d'octobre à novembre 2001) ont réglé les questions pendantes liées à l'accord politique intervenu à Bonn, comme le système d'application, les « mécanismes de Kyoto », la reddition de comptes, l'établissement de rapports, l'examen des renseignements à fournir au titre du Protocole de Kyoto et autres questions (ce qu'on a appelé les « Accords de Marrakech »). Non seulement l'accord conclu à Marrakech permet d'entrevoir la ratification à bref délai du Protocole de Kyoto, mais il doit également être la pierre angulaire d'une approche multilatérale intégrée qui doit se poursuivre au-delà du Protocole (IIDD, 2001b).

La réalisation des objectifs quantitatifs de Kyoto ne sera qu'un premier pas sur la voie du règlement du problème du changement climatique, car elle n'aura qu'un impact marginal sur la concentration dans l'atmosphère des gaz à effet de serre. À supposer même qu'à long terme on parvienne à stabiliser les concentrations dans l'atmosphère des gaz à effet de serre, le réchauffement se poursuivra pendant plusieurs décennies et la hausse du niveau des mers se poursuivra pendant des siècles, avec des conséquences graves pour des millions de personnes (GIEC, 2001a, b).

Chapitre 2, atmosphère, aperçu de la situation dans le monde. Références bibliographiques :

- AEE (1999). *Environment in the European Union at the Turn of the Century*. Copenhagen (Danemark), Agence européenne pour l'environnement
- AEE (2001). *Environmental Signals 2001*. Environmental Assessment Report No. 8. Copenhagen (Danemark), Agence européenne pour l'environnement
- AFEAS (2001). *Product Data*. Alternative Fluorocarbons Environmental Acceptability Study http://www.afeas.org/prodsales_download.html [Geo-2-008]
- AIE (2000). *Key World Energy Statistics from the IEA*. Paris (France), Agence internationale de l'énergie
- Arrhenius, S. (1896). On the influence of carbonic acid in the air upon the temperature of the ground. *Philosophical Magazine*. 41, 251, 237-77
- Banque mondiale (1997). *Clear Water, Blue Skies. China's Environment in the New Century*. Washington (É.-U.), Banque mondiale
- Banque mondiale (2001). *World Development Indicators*. Washington (É.-U.), Banque mondiale
- Benedick, R.E. (1998). *Ozone Diplomacy : New Directions in Safeguarding the Planet*. Cambridge (É.-U.), Harvard University Press
- BP Amoco (2000). *The Statistical Review of World Energy — 1999*. Londres (R.-U.), British Petroleum <http://www.bp.com/downloads/68/fullstat99.pdf> [Geo-2-009]
- CCNUCC (1992). United Nations Framework Convention on Climate Change. New York (É.-U.), Nations Unies
- CCNUCC (1997). Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change. FCCC/CP/1997/L.7/Add.1. Bonn (Allemagne), Secrétariat de la CCNUCC Secretariat
- CCNUCC (2001). Greenhouse Gas Inventory Database (GHG). Secrétariat de la Convention-cadre des Nations Unies pour les changements climatiques <http://ghg.unfccc.int/> [Geo-2-152]
- CEC (1997). *Continental Pollutant Pathways : An Agenda for Cooperation to Address Long-Range Transport of Air Pollution in North America*. Montréal (Canada), Commission on Environmental Cooperation http://www.cec.org/pubs_info_resources/ecoregio/n/eco98/index.cfm?varlan=english [Geo-2-010]
- CEE (1995). *Strategies and Policies for Air Pollution Abatement*. Genève (Suisse), Commission économique pour l'Europe
- CEE (2000). *Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution*. Commission économique pour l'Europe <http://www.unece.org/env/lrtap/> [Geo-2-018]
- Coon, C.E. (2001). *Why President Bush is Right to Abandon the Kyoto Protocol*. The Heritage Foundation Background, 1437. Washington (É.-U.), The Heritage Foundation <http://www.heritage.org/library/background/bg1437.html> [Geo-2-011]
- EPA (2000). Latest Findings on National Air Quality : 1999 Status and Trends. Washington (É.-U.), Environmental Protection Agency des États-Unis
- Espeland, O., Kleivane, L., Haugen, S. et Skaare, J.U. (1997). Organochlorines in mother and pup pairs in two Arctic seal species : Harp seal (*Phoca groenlandica*) and hooded seal (*Cystophora cristata*). *Marine Environmental Resources*. 44, 315-30
- Fenger, J. (1999). Urban air quality. *Atmospheric Environment*. 33, 4877-900
- GIEC (1996). Climate Change 1995. The Science of Climate Change. Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge (R.-U.), Cambridge University Press
- GIEC (2001a). Climate Change 2001 : The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge (R.-U.) et New York (É.-U.), Cambridge University Press
- GIEC (2001b). Climate Change 2001 : Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge (R.-U.) et New York (É.-U.), Cambridge University Press
- GIEC (2001c). Climate Change 2001 : Mitigation. Contribution of Working Group III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge (R.-U.) et New York (É.-U.), Cambridge University Press
- Holdren, J.P. et Smith, K.R., eds. (2000). *Energy, the Environment and Health. In World Energy Assessment : Energy and the Challenge of Sustainability*. New York (É.-U.), Programme des Nations Unies pour le développement
- IIDD (2001a). COP-6 bis Final Summary. Institut international du développement durable <http://www.iisd.ca/linkages/download/asc/enb12176e.txt> [Geo-2-012]
- IIDD (2001b). Milestones in Climate Change, International Undertaking Talks. *linkages/journal/* 6, No 11. Institut international du développement durable <http://www.iisd.ca/linkages/journal/link0611e.pdf> [Geo-2-151]
- Keeling, C.D. et Whorf, T.P. (2001). Atmospheric CO₂ records from sites in the SIO air sampling network. In CDAC (ed.), *Trends : A Compendium of Data on Global Change*. Oak Ridge, Oak Ridge National Laboratory, US Department of Energy
- Marland, G., Boden, T.A. et Andres, R.J. (2001). *Global, Regional, and National Fossil Fuel CO₂ Emissions*. US Department of Energy, Carbon Dioxide Information Analysis Center http://cdiac.esd.ornl.gov/trends/emis/em_cont.htm [Geo-2-016]
- Masclat, P., Hoyau, V., Jaffrezo, J.L. et Cachier, H., (2000). Polycyclic aromatic hydrocarbon deposition on the ice sheet of Greenland. Part I : Superficial snow. *Atmospheric Environment*, 34, 3195-3207
- Molina, M. J. et Rowland, F. S. (1974). Stratospheric sink for chlorofluoromethanes : chlorine atom catalyzed destruction of ozone. *Nature*. 249, 810-4
- NASA (2001). *Largest-ever ozone hole observed over Antarctica*. NASA Goddard Space Flight Center <http://www.gsfc.nasa.gov/gsfcc/earth/enviro/ozon/e/ozone.htm> [Geo-2-017]
- Nations Unies (1972). Report of the United Nations Conference on the Human Environment. Stockholm, 5-16 June 1972. A/CONF.48/14/Rev.1. New York (É.-U.), Nations Unies
- OMM (1986). Report of the International Conference on the Assessment of the Role of Carbon Dioxide and of Other Greenhouse Gases in Climate Variations and Associated Impacts — Villach, 9-15 October 1985. Genève (Suisse), Organisation météorologique mondiale
- OMM (2000). *Antarctic Ozone Bulletin #5/2000*. Genève (Suisse), Organisation météorologique mondiale
- OMS (1999). *Guidelines for Air Quality*. Genève (Suisse), Organisation mondiale de la santé
- PNUE (1999). *GEO 2000*. Programme des Nations Unies pour l'environnement. Bruxelles (Belgique) De Boeck Université
- PNUE (2000a). *Action on Ozone*. Nairobi (Kenya), Programme des Nations Unies pour l'environnement
- PNUE (2000b). Report of the Twelfth Meeting of the Parties to the Montreal Protocol. PNUE, Secrétariat de l'ozone <http://www.unep.org/ozone/12mop-9.shtml> [Geo-2-019]
- PNUE (2001). Text of the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants for Adoption by the Conference of Plenipotentiaries. Nairobi (Kenya), Programme des Nations Unies pour l'environnement http://irptc.unep.ch/pops/POPs_Inc/dipcon/meeting_docs/conf-2/en/conf-2e.pdf [Geo-2-020]
- Rodhe, P., Grennfelt, P., Wisniewski, J., Ågren, G., Bengtsson, G., Johansson, K., Kauppi, P., Kucera, V., Rasmussen, L., Rosseland, B., Schotte, L. et Sellden, G. (1995). Conference summary statement. In P. Grennfelt, Rodhe, H., Thönelöf, E. et Wisniewski, J. (dirs. de publ.), *Acid Reign '95 ? Proceedings from the 5th International Conference on Acidic Deposition : Göteborg, 26-30 June 1995*. 1. Water, Air, and Soil Pollution, 1-14. Kluwer Academic Publishers
- Sabogal, N. (2000). The Depletion of the Stratospheric Ozone Layer. *Meteorolog. Colomb.* 2, 73-9
- SCEP (1970). *Man's Impact on the Global Environment*. Study of Critical Environmental Problems. Cambridge (É.-U.), MIT Press
- Schindler, D. (1999). From acid rain to toxic snow. *Ambio*. 28, 350-5
- Seip, H.M., Aagaard, P., Angell, V., Eilertsen, O., Kong, G., Larssen, T., Lydersen, E., Mulder, J., Muniz, I.P., Semb, A., Tang, D., Vogt, R.D., Xiao, J., Xiong, J. et Zhao, D. (1999). Acidification in China : assessment based on studies at forested sites from Chongqing to Guangzhou. *Ambio*. 28, 522-8
- Sillett, T.S., Holmes, R.T. et Sherry, T.W. (2000). Impacts of a global climate cycle on population dynamics of a migratory songbird. *Science*. 288, 2040-2
- Wania, F. et Mackay, D. (1996). Tracking the distribution of persistent organic pollutants. *Environ. Sci. Technol.* 30A-6A
- WCED (1987). *Our Common Future : The World Commission on Environment and Development*. Oxford (R.-U.), Oxford University Press

L'atmosphère : Afrique

Le continent africain présente une grande diversité climatique. L'Afrique de l'Ouest et l'Afrique centrale, ainsi que les îles de l'océan Indien occidental connaissent des conditions tropicales humides, alors que la plupart des pays d'Afrique australe sont placés sous le signe de l'aridité et de la semi-aridité et que les déserts et semi-déserts caractérisent l'Afrique du Nord. La région est marquée par des conditions climatiques extrêmement variables et incertaines, et l'on peut dire que la variabilité climatique est le phénomène atmosphérique le plus important en Afrique.

Par rapport à d'autres régions, l'Afrique n'émet que des quantités négligeables de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre anthropiques. Par exemple, elle ne contribue qu'à raison de moins de 3,5 % aux émissions mondiales de CO₂ (Marland, Boden et Andres, 2001). Il reste que la pollution atmosphérique anthropique constitue un problème en Afrique du Nord et en Afrique australe, ainsi que dans certaines grandes villes.

La variabilité climatique en Afrique

Ces 30 dernières années, l'Afrique a connu au moins une grande sécheresse tous les 10 ans. En Afrique de l'Est, il y a eu de graves sécheresses en 1973-1974, 1984-1985, 1987, 1992-1994 et en 1999-2000 (DMC, 2000). La dernière sécheresse sahélienne a duré 10 ans, de 1972-1973 à 1983-1984. On a enregistré de graves sécheresses en Afrique australe de 1967 à 1973, en 1982-1983, 1986-1987, 1991-1992 et 1993-1994 (Chenje et Johnson, 1994).

Les îles de l'océan Indien occidental sont sujettes à des tempêtes tropicales en moyenne 10 fois par an, de novembre à mai. L'oscillation australe El Niño, qui touche une grande partie de l'Afrique, a été associée à des phases chaudes plus fréquentes, persistantes et intenses ces 30 dernières années (GIEC, 2001a). L'oscillation australe de 1997-1998 a eu pour effet de réchauffer la température de la mer en surface dans le sud-ouest de l'océan Indien et a déclenché des inondations et des glissements de terrain dans la majeure partie de l'Afrique orientale (Ogallal, 2001).

Qualité de l'air

L'Afrique du Sud a contribué à hauteur de 42 % aux émissions régionales totales de CO₂ en 1998 (Marland, Boden et Andres, 2001) ; certains pays d'Afrique du Nord où la consommation totale d'énergie a crû de 44 % entre 1980 et 1998 (OAPPEP, 1999) contribue également de façon significative à ces émissions. L'augmentation des émissions dans certaines zones s'explique aussi par les subventions accordées à la production d'électricité, l'encouragement donné aux stratégies économiques de développement industriel et l'augmentation de la consommation. Par exemple, la consommation totale d'énergie a doublé à l'île Maurice de 1990 à 1998, et les émissions de CO₂ y ont augmenté de 23 % entre 1991 et 1995 (CNUEH, 1996).

L'augmentation rapide du nombre de voitures privées et le mauvais état de nombreux véhicules commerciaux et privés sont une cause supplémentaire de préoccupation. Les émissions des véhicules sont la principale source de pollution par le plomb et contribuent à la pollution par la poussière, le bruit et la fumée. L'Algérie, l'île Maurice et le

Maroc encouragent concrètement le passage à des véhicules plus récents et moins polluants (Gouvernement mauricien, 1990), tandis que l'Égypte, l'Afrique du Sud et la Tunisie promeuvent, voire subventionnent l'utilisation d'essence sans plomb (Banque mondiale, 2001a). L'industrie contribue de manière substantielle également à la pollution atmosphérique, surtout dans les grands centres urbains où il arrive que la conjonction des polluants crée un smog atmosphérique.

En Afrique du Nord, dans les îles de l'océan Indien occidental, en Afrique australe et dans certaines grandes villes (comme Lagos), l'incidence des maladies respiratoires est à la hausse et traduit une détérioration de la qualité de l'air. Les causes principales en sont la combustion domestique de charbon, bois, kérosène (paraffine), les déjections animales et les déchets, ainsi que les émissions des véhicules et de l'industrie. En Afrique subsaharienne, les combustibles traditionnels ont constitué 63,5 % de l'utilisation totale d'énergie en 1997 (Banque mondiale, 2001b).

Nombre de pays ont mis au point des plans d'action pour l'environnement ou des stratégies nationales pour le développement durable dans lesquels il est question, entre autres, des sources et des impacts de la pollution atmosphérique. L'Afrique du Sud, le Ghana, le Kenya, l'Ouganda et la Zambie ont adopté des lois portant obligation d'effectuer des évaluations de l'impact sur l'environnement (EIE) pour des réalisations comme les routes, les mines et les opérations industrielles susceptibles d'entraîner des émissions atmosphériques importantes (Gouvernement ghanéen, 1994 ; Gouvernement kényen, 1999 ; République d'Afrique du Sud, 1989 ; Gouvernement ougandais, 1995 ; Gouvernement zambien, 1990).

Variabilité du climat et vulnérabilité au changement climatique

La variabilité du climat et les inondations et sécheresses qui y sont associées augmentent le risque de récolte déficitaire et diminuent donc la sécurité alimentaire, tout comme elles augmentent l'incidence de la malnutrition et des maladies. En Éthiopie, par exemple, la sécheresse de 1984 a touché 8,7 millions de personnes, dont 1 million sont mortes, et des millions d'autres ont souffert de la malnutrition et de la famine. Cette sécheresse a également causé la perte d'environ 1,5 million de têtes de bétail (FAO, 2000). En Afrique australe, la sécheresse de 1991-1992 a entraîné une réduction de l'ordre de 54 % des récoltes de céréales et exposé plus de 17 millions de personnes au risque de famine (Calliham, Eriksen et Herrick, 1994). Plus de 100 000 personnes sont mortes pendant la sécheresse sahélienne des années 70 et 80 (Wijkman et Timberlake, 1984). Les mauvaises récoltes et les pertes enregistrées dans l'élevage ont accru la dépendance vis-à-vis des importations et de l'aide étrangère, tout en réduisant la

performance économique et la capacité de faire face à des catastrophes écologiques futures.

En 1997 et 1998, des parties de l'Afrique de l'Est ont eu à souffrir de précipitations élevées et d'inondations à la suite de l'oscillation australe El Niño ; en 1999 et 2000, l'Afrique australe et les îles de l'océan Indien occidental ont connu des cyclones et des inondations dévastateurs. L'eau des crues est un habitat idéal pour les bactéries et les moustiques. En Ouganda, les inondations causées par le phénomène El Niño en 1997-1998 sont à l'origine de plus de 500 décès du choléra, sans compter 11 000 personnes qui ont dû être hospitalisées (NEMA, 1999).

On estime que l'augmentation de la température des mers (1 à 1,5 °C) due à l'oscillation australe El Niño a entraîné le blanchissement de 30 % des coraux des Comores, 80 % dans les Seychelles (PRE/COI, 1998), et 90 % au Kenya et en Tanzanie (Obura et autres, 2000).

La vulnérabilité de la région aux catastrophes naturelles est aggravée par l'impact anticipé du changement climatique mondial. Selon le GIEC, l'Afrique est la région la plus vulnérable puisqu'on y prévoit une diminution de l'approvisionnement en eau et de la sécurité alimentaire, la pauvreté généralisée réduisant la capacité d'adaptation (GIEC, 1998). Par ailleurs, une modification du régime des précipitations pourrait avoir de graves conséquences pour les parties de l'Afrique qui dépendent de l'hydroélectricité.

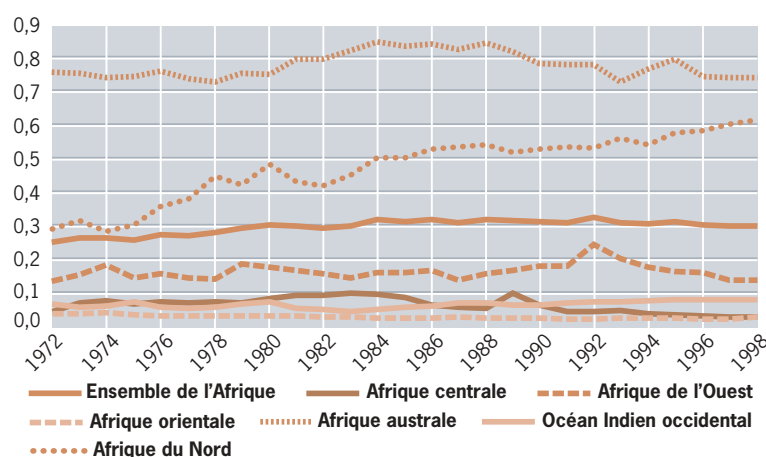
La hausse prévue du niveau des mers consécutive au changement climatique mondial fait peser une menace sur de nombreux établissements côtiers et îles de l'océan Indien occidental. On ignore à l'heure actuelle quelle sera l'importance de la hausse du niveau des mers, mais les dernières estimations du GIEC (2001a) font état d'une hausse de 10 à 94 centimètres d'ici à 2100. À supposer même que les émissions anthropiques de gaz à effet de serre soient stabilisées dès aujourd'hui, la hausse du niveau des mers se poursuivrait pendant de nombreuses années. Selon le GIEC, l'intensité des cyclones, des pluies et du vent devrait probablement augmenter (GIEC, 2001a) et la zone cyclonique de l'océan Indien occidental pourrait s'étendre jusqu'à englober les Seychelles (PNUE, 1999).

Une modification du régime des précipitations et des températures pourrait également altérer la diversité biologique, de nombreuses espèces n'étant pas en mesure de s'adapter ou de migrer vers des régions plus propices. Selon le Fonds mondial pour la nature, on s'attend à une diminution de 5 % des précipitations en Afrique australe, qui aura un impact sur les ruminants comme les gnous et les zèbres et fera peser une menace sur la faune et la flore du parc national Kruger en Afrique du Sud, dans le delta de l'Okavango au Botswana et dans le parc national Hwange au Zimbabwe. On redoute également que le paludisme se propage dans de nouvelles régions, comme dans l'est de la Namibie et le nord de l'Afrique du Sud (WWF, 1996).

La capacité de la région de s'adapter au changement climatique dépendra de plusieurs facteurs, dont

l'accroissement de la population et les modèles de consommation. Ces facteurs auront un impact sur la demande d'aliments et d'eau, ainsi que sur l'endroit où seront établies les populations et infrastructures par rapport aux zones côtières vulnérables, ce qui risque d'entraîner des pertes économiques consécutives à la hausse du niveau des mers. Beaucoup de pays devront modifier leurs pratiques culturelles, notamment afin d'être moins dépendants de la culture pluviale, et éviter de cultiver dans des zones marginales. Les collectivités

Émissions de gaz carbonique par habitant : Afrique (tonnes de carbone/habitant/an)



rurales qui dépendent aujourd'hui de la biomasse comme source d'énergie devront peut-être chercher des sources de substitution, au cas où les changements climatiques modifieraient les types de végétation et la façon dont celle-ci est répartie.

Politiques suivies

Presque tous les pays d'Afrique ont ratifié la Convention-Cadre des Nations Unies sur les changements climatiques et nombre d'entre eux sont favorables au Protocole de Kyoto. Les pays d'Afrique ne peuvent que bénéficier des mécanismes de coopération internationale proposés au titre du Protocole. Les pays qui possèdent de nombreuses forêts naturelles (comme l'Afrique de l'Ouest et l'Afrique centrale) peuvent conclure avec des pays industrialisés des accords en vue du transfert des droits d'émission, ce qui ne peut que favoriser leur économie et leur développement. Dans l'ensemble, les pays d'Afrique ont intérêt à arrêter des mécanismes propres à faciliter un développement durable, à améliorer le système climatique, à aider l'Afrique à s'adapter au changement climatique, et à se traduire dans des projets qui accélèrent la croissance socioéconomique (IIDD, 2000). La CCNUCC a reçu des communications nationales des pays ci-après : Algérie, Cap-Vert, Côte d'Ivoire, Égypte, Ghana, Lesotho, Mali, Maurice, Niger, Sénégal, Seychelles et Zimbabwe (CCNUCC, 2001) ; elles

L'Afrique contribue à hauteur de moins de 3,5 % des émissions mondiales de CO₂ ; l'Afrique du Nord et l'Afrique australe sont responsables de plus de 80 % des émissions de la région.

Source : D'après les chiffres de Marland, Boden et Andres, 2001.

comportent des inventaires détaillés des émissions ainsi que des puits. L'Afrique du Sud est le plus gros émetteur de carbone en Afrique, mais elle n'est pas formellement tenue, du fait qu'elle est classée parmi les pays en développement, de réduire ses émissions de gaz à effet de serre. Toutefois, un comité national du changement climatique a été créé afin de superviser la recherche, la communication et la mise au point d'une politique en la matière.

Tant en Afrique du Nord qu'en Afrique australe, on explore les possibilités qui s'offrent d'exploiter des énergies de substitution (comme l'énergie solaire, l'énergie éolienne, de petites centrales hydroélectriques et la biomasse). De telles initiatives ont le plus de chance d'être couronnées de succès dans des régions reculées, là où le raccordement à des sources d'énergie centralisées est coûteux et où la demande d'électricité vise les seules utilisations ménagères.

Un des principaux défis que doivent relever la plupart des pays d'Afrique dans le domaine des changements climatiques et atmosphériques consiste à adapter les processus de développement aux modifications de l'environnement. Il faut mettre au point des mécanismes

d'atténuation et d'adaptation qui tiennent compte de l'impact de la modification des caractères du temps et de l'intensification de la sécheresse et des inondations associées au phénomène El Niño (GIEC, 2001b). Par ailleurs, les pays d'Afrique peuvent contribuer à l'application de la Convention-Cadre et du Protocole de Kyoto en adoptant des technologies à rendement énergétique élevé et des technologies faisant appel à des sources d'énergie renouvelables. Les mécanismes de Kyoto et les institutions internationales qui doivent être créées à l'appui de ces mécanismes prévoient une participation active des pays d'Afrique. Faute de réaliser les potentialités du Protocole de Kyoto, ceux-ci risquent de s'exposer davantage aux effets néfastes du changement climatique (IIDD, 2000). Il faut lutter contre la pollution à l'intérieur et à l'extérieur des bâtiments et la diminuer en instaurant des processus industriels plus propres, en améliorant les systèmes de transport et la gestion des déchets. Par exemple, l'Afrique du Sud a adopté une stratégie de gestion des déchets visant à réduire les dépôts sauvages et la combustion des déchets solides (DEAT, 1998).

Chapitre 2, atmosphère, Afrique. Références bibliographique :

- Banque mondiale (2001a). *Middle East and North Africa Region Environment Strategy Update*. Washington (É.-U.), Banque mondiale
- Banque mondiale (2001b). *World Development Indicators 2001*. Washington (É.-U.), Banque mondiale
http://www.worldbank.org/data/wdi2001/pdfs/tab3_8.pdf [Geo-2-024]
- Calliham, D.M., Eriksen, J.H. and Herrick, A.B. (1994). *Famine Averted : The United States Government Response to the 1991/92 Southern Africa Drought : Evaluation Synthesis Report*. Washington DC, Management Systems International
- CCNUCC (2001). *Table of National Communications*. Secrétariat de la CCNUCC
<http://www.unfccc.de/resource/natcom/nctable.html> [Geo-2-003]
- Chenje, M. et Johnson, P. (dirs. de publ., 1994). *State of the Environment in Southern Africa*. Maseru (Lesotho) et Harare (Zimbabwe), SADC, UICN et SARDC
- CNUEH (1996). *An Urbanizing World : Global Report on Human Settlements 1996*. Nairobi (Kenya), Centre des Nations Unies pour les établissements humains (HABITAT)
- DEAT (1998). *Strategy for Integrated Pollution Control and Waste Management*. Pretoria (Afrique du Sud), Département des affaires environnementales et du tourisme, Gouvernement sud-africain
- DMC (2000). *DEKAD 19 Report (1-10 July, 2000). Ten-Day Bulletin*. Nairobi (Kenya), Centre de suivi de la sécheresse
- FAO (2000). *Agricultural Development and Related Aspects in the Horn of Africa*. ACC Inter-Agency Task Force on the UN Response to Long Term Food Security. Rome (Italie), Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture
- GIEC (1997). *The Regional Impacts of Climate Change : An Assessment of Vulnerability*. Cambridge (R.-U.), Cambridge University Press
- GIEC (2001a). *Climate Change 2001 : The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge (R.-U.) et New York (É.-U.), Cambridge University Press
- GIEC (2001b). *Climate Change 2001 : Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge (R.-U.) et New York (É.-U.), Cambridge University Press
- Gouvernement ghanéen (1994). *Environmental Protection Agency Act, 1994*. Accra (Ghana)
- Gouvernement kényen (1999). *Environment Management and Coordination Act 1999*. Nairobi (Kenya)
- Gouvernement mauricien (1990). *National Environmental Action Plan for Mauritius*. Ministère de l'environnement, Port-Louis (Maurice)
- Gouvernement ougandais (1995). *National Environment Statute. Statute No 4*, Kampala (Ouganda)
- Gouvernement zambien (1990). *Environmental Protection and Pollution Control Act 1990. Act No. 12 of 1990*. Lusaka (Zambie)
- IIDD (2000). *Climate Change Capacity Project-Africa. Rapport de l'atelier tenu du 17 au 21 juillet 2000 à Dakar (Sénégal)*. Institut international pour le développement durable, Winnipeg (Canada)
http://iisd.ca/climate/cccp_africa.htm [Geo-2-153]
- Marland, G., Boden, T.A. et Andres, R.J. (2001). *Global, Regional, and National Fossil Fuel CO 2 Emissions*. US Department of Energy, Carbon Dioxide Information Analysis Center
http://cdiac.esd.ornl.gov/trends/emis/tre_afr.htm [Geo-2-001]
- NEMA (1999). *State of the Environment Report for Uganda*. Kampala (Ouganda), National Environment Management Authority
- Obura, D., Suleiman, M., Motta, H. et M. Schleyer (2000). *Status of Coral Reefs in East Africa : Kenya, Mozambique, South Africa and Tanzania*. In C. Wilkinson (ed.), *Status of Coral Reefs of the World : 2000*. Townsville (Australie), Australian Institute of Marine Science and Global Coral Reef Monitoring Network
- Ogallo, L. A. (2001). *Unusual floods and droughts in East Africa*. *World Climate News*. June 2001, 19, 3-4
- OPAEP (1999). *Annual Statistical Report 1999*.
- Koweït, Organisation des pays arabes exportateurs de pétrole
<http://www.oapec.org/images/A%20S%20R%201999.pdf> [Geo-2-002]
- PNUE (1999). *L'avenir de l'environnement dans l'océan Indien occidental*. Nairobi (Kenya), Programme des Nations Unies pour l'environnement
- PRE/COI (1998). *Rapport régional sur les récifs*. Quatre-Bornes (Maurice), Programme régional environnement, Commission de l'océan Indien
- République d'Afrique du Sud (1989). *Environment Conservation Act. Act No. 73 of 1989*, Pretoria (Afrique du Sud)
- Wijkman, A. et Timberlake, L. (1984). *Natural Disasters : Acts of God or Acts of Man ?* Londres (R.-U.), Earthscan
- WWF (1996). *Climate Change and Southern Africa. Summary*. Fonds mondial pour la nature
http://www.panda.org/resources/publications/climate/Africa_Issue/africa.htm [Geo-2-005]

L'atmosphère : Asie et Pacifique

La région Asie-Pacifique est gravement menacée par la dégradation rapide de la qualité de l'air. L'appauvrissement de la couche d'ozone et les conséquences du changement climatique mondial sont également un sujet de grave préoccupation.

Qualité de l'air

Dans les villes les plus peuplées, la pollution atmosphérique est parmi les plus élevées du monde et a de graves conséquences pour la santé, ainsi que pour les écosystèmes aquatiques et terrestres. Le transport est une source importante, souvent la plus importante, de la pollution atmosphérique urbaine, sans compter les émissions industrielles, la combustion de combustibles solides et liquides pour la production d'électricité, ainsi que la combustion de la biomasse et autres combustibles comme le charbon de bois à des fins ménagères. Dans quelques rares villes, la pollution a diminué. Par exemple, au Japon, la cherté des combustibles, des progrès techniques et des normes rigoureuses ont réduit les émissions de SO_2 et de particules et éliminé les émissions de plomb provenant du transport. Toutefois, les émissions de NO_x à Tokyo et Osaka n'ont pas diminué suffisamment, et ce, en raison de l'augmentation du nombre de véhicules. Cette situation se rencontre partout dans les villes où le nombre de véhicules privés augmente (CESAP/BAsD, 2000).

La circulation automobile est devenue un des grands pollueurs atmosphériques dans les grandes villes, bien que la plupart des pays d'Asie enregistrent un faible nombre de véhicules privés par habitant, si on le compare à la moyenne mondiale (Banque mondiale, 2000). Toutefois, la flotte motorisée (voir graphique) se développe rapidement ; par exemple, le nombre de véhicules privés à moteur a doublé à Sri Lanka de 1975 à 1992 (Gouvernement sri-lankais, 1994) ; en Inde, le nombre de voitures a doublé tous les sept ans au cours des 30 dernières années (BasD, 1999). Ce fait, si l'on y ajoute le mauvais état des routes, la qualité médiocre des combustibles et un entretien des véhicules qui laisse à désirer, rend compte du caractère alarmant que revêt la pollution atmosphérique due aux véhicules.

De nombreux pays ont fixé leurs propres normes de qualité de l'air pour les principaux polluants, ainsi que leurs normes d'émission s'appliquant aux centrales électriques, à certaines industries et à certains véhicules. Afin de réduire la pollution, de nombreux pays ont introduit l'essence sans plomb, les convertisseurs catalytiques obligatoires et des carburants à basse teneur en soufre. Certains pays, notamment l'Inde et la République islamique d'Iran, envisagent de faire appel à des technologies de substitution, comme les véhicules électriques et les véhicules fonctionnant au gaz naturel comprimé. Le Népal et le Pakistan ont instauré des incitations fiscales en faveur des véhicules fonctionnant au gaz et des véhicules à pile.

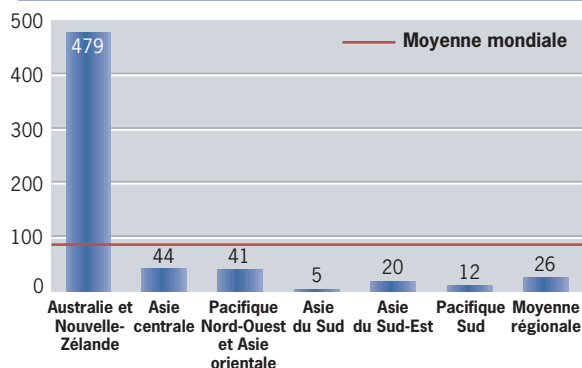
La pollution atmosphérique dans les villes en Asie

L'air dans les villes d'Asie est un des plus pollués du monde. Douze des 15 villes du monde comptant les niveaux les plus élevés de particules se trouvent en Asie (BAsD, 1999). En outre, six de ces villes ont le niveau le plus élevé de SO_2 atmosphérique. Les niveaux de pollution atmosphérique y sont de loin supérieurs aux normes internationales en matière de qualité de l'air recommandées par l'OMS. Beijing, Calcutta, Jakarta, New Delhi, Shanghai et Téhéran sont connues pour avoir des niveaux élevés de particules en suspension, le maximum étant atteint à New Delhi avec $420 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (CESAP/BAsD, 2000 et BAsD, 2001). À Téhéran, on enregistre des niveaux de SO_2 quatre fois supérieurs aux normes fixées par l'OMS (Banque mondiale, 2001).

Sauf dans les pays développés du nord-est de l'Asie et dans certaines parties des sous-régions du Pacifique Sud, le souci de l'environnement a commencé à créer dans les années 80 une demande de protection améliorée de l'environnement. Des progrès significatifs ont été réalisés dans les années 90 avec la mise en place des institutions et instruments politiques requis pour résoudre des problèmes écologiques urgents. Toutefois, le développement continu de la consommation d'énergie et l'utilisation de combustibles comme le charbon et le pétrole ayant une teneur en carbone relativement élevée vont nécessairement accroître les émissions, à moins qu'on ne prenne des mesures plus résolues.

La pollution à l'intérieur des bâtiments constitue souvent un risque plus grave pour la santé que la pollution extérieure. La plupart des habitants des campagnes dans la région utilisent comme combustible ménager des brindilles, de l'herbe, des déjections animales séchées, des résidus agricoles, du bois, du charbon de bois et du kérosène. Tout cela, à quoi il faut ajouter une ventilation insuffisante, explique que l'air à l'intérieur des bâtiments est extrêmement pollué. De nombreuses personnes sont exposées à cette pollution, compte tenu du niveau élevé des émissions nocives et du nombre de personnes utilisant les combustibles traditionnels pour la cuisson des aliments : l'Asie produit près de la moitié du bois de feu utilisé dans le monde (FAOSTAT, 2001). Il en résulte des affections respiratoires aiguës chez les enfants, des maladies pulmonaires obstructives chroniques, des grossesses difficiles et des cancers du poumon chez les femmes. Les affections respiratoires aiguës sont prévalentes dans les

Nombre de voitures par millier d'habitants (1996)



Les villes d'Asie ont un grave problème de pollution atmosphérique, mais le nombre de véhicules par habitant est inférieur de loin à la moyenne mondiale dans toutes les sous-régions, sauf l'Australie et la Nouvelle-Zélande.

Source : Banque mondiale, 2000.

campagnes et/ou les zones de montagne en Afghanistan, au Bangladesh, au Bhoutan, en Inde, au Népal, au Pakistan et à Sri Lanka où la pollution atmosphérique à l'intérieur des bâtiments est élevée. Le Bangladesh, l'Inde, l'Indonésie et le Népal contribuent à hauteur d'environ 40 % à la mortalité infantile mondiale par suite de pneumonie, de nombreux décès y étant imputables à des polluants provenant de la combustion de combustibles traditionnels (BASD, 2001). On estime qu'en Inde l'utilisation du charbon à des fins ménagères cause quelque 500 000 décès prématurés par an chez les femmes et chez les enfants âgés de moins de 5 ans. Il semble que la tuberculose et la cécité aillent de pair avec la pollution à l'intérieur des bâtiments — entre 5 et 6 % des maladies dont souffrent les femmes et les enfants en Inde étant imputables à pareille pollution (Holdren et Smith, 2000).

Il faudrait agir en priorité sur les domaines ci-après : utilisation de combustibles plus propres, comme le gaz à basse teneur en propane et le kérosène ; mise au point de combustibles de bonne qualité à partir de la biomasse ; conception de réchauds améliorés, et meilleure dissémination de ceux-ci, amélioration apportée aux logements ; progrès en matière d'éducation et de sensibilisation à l'environnement. En ce qui concerne la pollution atmosphérique à l'intérieur des bâtiments, l'Inde a implanté environ 3 millions d'usines fonctionnant au biogaz et installé plus de 22 millions de réchauds de meilleure

spécialement en Asie, compte tenu de ce que la Chine et l'Inde sont extrêmement dépendantes du charbon. Environ 0,28 million d'hectares de forêt sont réputés endommagés par les pluies acides dans le bassin de Sichuan en Chine. On estime que les émissions de SO₂ sont passées en Asie d'environ 26,6 à 39,2 millions de tonnes de 1985 à 1997 (Streets et autres, 2000). En Chine, on est parvenu à réduire de 3,7 millions de tonnes, soit 15,8 %, les émissions de SO₂ de 1995 à 2000 (SEPA, 2001). Au moins deux tiers des retombées d'acide dans la région sont dues à des centrales à charbon dont le matériel antipollution est obsolète.

Par ailleurs, les feux de forêt qui ravagent l'Asie du Sud-Est ne sont pas étrangers au phénomène de la brume sèche. Comme on l'a vu en 1997, et cela a été le cas le plus grave, les feux de forêt qui avaient pris naissance en Indonésie se sont étendus aux pays limitrophes, notamment le Brunéi Darussalam, la Papouasie-Nouvelle-Guinée, les Philippines, Singapour et la Thaïlande (PNUE, 1999). En 1995, un groupe d'études techniques sur la brume sèche avait été créé par les responsables de l'ANASE pour l'environnement ; en 1997, un plan d'action régional concernant la brume sèche a été approuvé (ANASE, 2001).

Le Réseau de surveillance des dépôts d'acide (EANET), qui a été créé avec la participation de 10 pays d'Asie de l'Est, a amorcé en avril 1998 la phase préparatoire de la surveillance des dépôts d'acide. En octobre 2000, le réseau a décidé d'entreprendre une surveillance régulière à partir de janvier 2001 (EANET, 2000). En Asie du Sud, la Déclaration de Malé concernant la prévention de la pollution atmosphérique et la lutte contre ce phénomène et ses effets transfrontières probables a été adoptée en 1998 par huit pays d'Asie du Sud.

Raréfaction de l'ozone

L'appauvrissement de la couche d'ozone stratosphérique est devenu un sujet de grave préoccupation dans la région. Selon des données provenant d'Australie et de Nouvelle-Zélande, il apparaît que le niveau du rayonnement ultraviolet augmenterait dans la région d'environ 10 % tous les 10 ans (McKenzie, Connor et Bodeker, 1999). De ce fait, le temps d'exposition moyen entraînant des coups de soleil en Australie a été réduit d'environ 20 % au cours des 20 dernières années.

L'Inde et la Chine sont les plus gros producteurs et utilisateurs de CFC dans la région. La Chine a augmenté sa consommation de substances menaçant l'ozone de plus de 12 % par an de 1986 à 1994. L'Inde est le deuxième producteur et le quatrième consommateur de CFC dans le monde (PNUE, 1998). Le Fonds multilatéral du Protocole de Montréal et le FEM aident la région à réaliser les objectifs du Protocole de Montréal. La Chine s'est engagée à mettre fin à la consommation de substances menaçant l'ozone d'ici à 2010. Elle a déjà interdit la création de nouvelles installations de production de CFC et de halons, et elle a mis au point des plans généraux et sectoriels avec l'aide de la Banque mondiale et du Fonds multilatéral. Ce

Le nuage asiatique de couleur brunâtre

Au printemps 1999, les chercheurs qui travaillaient sur le projet *Indian Ocean Experiment* (INDOEX) ont découvert une couche de brume dense et de couleur brunâtre due à la pollution s'étendant au-dessus de presque toute l'Asie du Sud et du Sud-Est, ainsi que sur la région tropicale de l'océan Indien. Ils ont suivi la trace de cette brume au-dessus d'une zone couvrant environ 10 millions de kilomètres carrés et estiment que celle-ci se forme au-dessus d'une grande partie du continent asiatique. Il s'agit d'un mélange de polluants, principalement de la suie, des sulfates, des nitrates, des particules organiques, des cendres volantes et de la poussière minérale, qui provient de la combustion de combustibles fossiles et de la biomasse rurale. Cette brume réduit la quantité de lumière solaire atteignant la surface tropicale de l'océan Indien, à des milliers de kilomètres de sa source, et ce, à hauteur de pas moins de 10 % — cette réduction étant plus importante encore au-dessus du sous-continent indien. En se fondant sur des simulations réalisées à l'aide de modèles climatiques mondiaux, on peut dire que cette brume pourrait avoir un impact important sur le mouvement des moussons, les régimes régionaux de précipitations et le profil vertical de la température de l'atmosphère.

Un programme appelé ABC (*Asian Brown Cloud*) a été lancé avec l'appui du PNUE. Dans la première phase de ce programme, il s'agira avant tout d'étudier l'impact de cette brume sur un certain nombre de paramètres, notamment la modification des moussons, le bilan hydrologique, l'agriculture et la santé. Les chercheurs envisagent de créer un réseau de stations de surveillance au sol à travers toute l'Asie pour étudier la composition et la structure saisonnière de cette brume. Le PNUE a annoncé qu'il entendait faciliter la poursuite du programme de recherche et, à long terme, aider à coordonner les mesures à prendre pour résoudre le problème.

Source : PNUE (2001) ; C4 et PNUE (sous presse).

qualité dans les campagnes et les zones reculées du pays, ce qui a permis d'économiser 21 millions de tonnes équivalent de feu de bois par an (*Times of India*, 2000).

Ces 10 dernières années, la brume sèche et les pluies acides ont été les nouveaux problèmes régionaux,

dernier a approuvé un projet de la Banque mondiale qui doit aider l'Inde à éliminer la production de CFC d'ici à 2010.

Les pays d'Asie centrale ont fait, eux aussi, des progrès considérables. L'Azerbaïdjan, l'Ouzbékistan et le Turkménistan s'emploient à éliminer le recours aux substances menaçant l'ozone pendant la période 2001-2003 (Oberthur, 1999).

Émissions de gaz à effet de serre et changement climatique

L'utilisation d'énergie commerciale par habitant a augmenté chaque année de 1,9 % en Asie du Sud et de 3 % en Asie de l'Est et dans le Pacifique entre 1980 et 1998 (Banque mondiale, 2001).

Le CO₂ est le principal gaz à effet de serre anthropique. Les émissions de méthane sont également élevées en Asie du Sud, où elles représentent environ 50 % du total des émissions anthropiques mondiales de CH₄ (PNUD, PNUE et WRI, 1992). En Nouvelle-Zélande, les émissions de CH₄ présentent un ordre de grandeur supérieur à la moyenne mondiale par habitant, en raison surtout du grand nombre de ruminants (MFE, 1997).

Au nombre des zones les plus menacées par les changements climatiques figurent les écosystèmes marins, les systèmes côtiers, les établissements humains et l'infrastructure (GIEC, 1998). Les pays des sous-régions du Pacifique Nord-Ouest et de l'Asie de l'Est, ainsi que les pays insulaires du Pacifique risquent d'être particulièrement exposés à des phénomènes comme la hausse du niveau des mers, du fait que leurs établissements humains et installations industrielles sont implantés dans des zones côtières et des basses terres. Pour les petits États insulaires

en développement, les changements climatiques et des phénomènes météorologiques extrêmes peuvent avoir un impact dramatique sur la diversité biologique terrestre, la cueillette de subsistance et les aliments tirés de la forêt. Les plaines côtières à population dense et faisant l'objet d'une exploitation intensive, les îles et les deltas d'Asie du Sud sont particulièrement exposés à l'érosion côtière et aux pertes de terres du fait des crues et des inondations, du mouvement vers l'amont de l'eau salée et de l'eau douce, ainsi que de l'intrusion d'eau de mer dans les aquifères d'eau douce (GIEC, 1998).

Le FEM et le PNUD favorisent des projets visant à aider les pays de la région à évaluer leurs émissions et à formuler des stratégies de réduction de celles-ci. Par exemple, les pays participant au projet axé sur des stratégies de réduction à moindre coût des gaz à effet de serre en Asie ont recensé un certain nombre d'options qui s'offrent au secteur de l'énergie pour réduire les émissions de gaz à effet de serre (FEM, 2000).

Chapitre 2, atmosphère, Asie et Pacifique. Références bibliographiques :

- ANASE (2001). *Second ASEAN State of the Environment Report, 2001*. Jakarta (Indonésie), Secrétariat de l'ANASE
- Banque mondiale (2000). *World Development Indicators*. Washington (É.-U.), Banque mondiale
- Banque mondiale (2001). *World Development Indicators*. Washington (É.-U.), Banque mondiale
- BASeD (1999). *Urban Sector Strategy*. Manille (Philippines), Banque asiatique de développement
- BASeD (2001). *Asian Environment Outlook 2001*. Manille (Philippines), Banque asiatique de développement
- C4 et PNUE (sous presse). *The South Asian Brown Cloud : Climate and Other Environmental Impacts*. A UNEP Assessment Report. Nairobi (Kenya), Programme des Nations Unies pour l'environnement
- CESAP/BASeD (2000). *State of the Environment in Asia and Pacific 2000*. New York (É.-U.), Nations Unies
- EANET (2000). Report of the Second Intergovernmental Meeting on the Acid Deposition Monitoring Network in East Asia (EANET). Niigata (Japon), Interim Network Centre, Réseau de surveillance des dépôts d'acide
- FAOSTAT (2001). *FAOSTAT Statistics Database*. Rome (Italie), Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture
- <http://www.fao.org> [Geo-2-068]
- FEM (2000). *GEF Contributions to Agenda 21 : the First Decade*. Washington (É.-U.), Fonds mondial pour l'environnement
- GIEC (1998). *The Regional Impacts of Climate Change : An Assessment of Vulnerability*. Cambridge (R.-U.), Cambridge University Press
- Gouvernement sri-lankais (1994). *State of the Environment, Sri Lanka*. Soumis au Programme de coopération environnementale de l'Asie du Sud. Colombo (Sri Lanka), Gouvernement sri-lankais, Ministère des forêts et de l'environnement
- Holdren, J.P. et Smith, K.R., dirs. de publ. (2000). *Energy, the Environment and Health*. In *World Energy Assessment : Energy and the Challenge of Sustainability*. New York (É.-U.), Programme des Nations Unies pour le développement
- McKenzie R., Connor B. et Bodeker G. (1999). Increased summertime UV radiation in New Zealand in response to ozone loss. *Science*. 285, 1709-11
- MFE (1997). *New Zealand : The State of New Zealand's Environment 1997*. Wellington (Nouvelle-Zélande), Ministère néo-zélandais pour l'environnement
- Oberthur, S. (1999). Status of the Montreal Protocol Implementation in Countries with Economies in Transition. Nairobi (Kenya), PNUE et FEM
- PNUD, PNUE et WRI (1992). *World Resources 1992-93*. New York (É.-U.) et Oxford (R.-U.), Oxford University Press
- PNUE (1998). *OzoneAction*. 28 octobre 1998
- PNUE (1999). *GEO 2000*. Programme des Nations Unies pour l'environnement. Bruxelles (Belgique) De Boeck Université
- PNUE (2001). *More Knowledge of Interactions between Asian Brown Haze, Global Warming and Ozone Urgently Needed Says UNEP*. Communiqué de presse du PNUE 01/46
- <http://www.unep.org/Documents/Default.asp?DocumentID=197&ArticleID=2813> [Geo-2-154]
- SEPA (2001). *Year 2000 Report on the State of the Environment in China*. Beijing (Chine), Administration d'État pour la protection de l'environnement
- Streets, D.G., Tsai, N.Y., Akimoto, H et Oka, K. (2000). Sulfur Dioxide Emissions in Asia in the Period 1985-1997. *Atmospheric Environment*. 34, 4413-24
- Times of India (2000). Indian Ocean Haze traced to Chulha smoke, aerosols. *Times of India*. 17 octobre 2000, 9

L'atmosphère : Europe

Pollution atmosphérique

L'Europe a reconnu très tôt que la pollution atmosphérique faisait peser une grave menace sur la santé et les écosystèmes. Dès la fin des années 70, en 1979, la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance a été signée ; elle est entrée en vigueur en 1983 et vise à réduire les émissions anthropiques de substances nocives.

Les principaux secteurs et activités qui sont à l'origine de la pollution atmosphérique en Europe occidentale, au

La pollution atmosphérique liée à la circulation routière et la santé en Autriche, en France et en Suisse

Selon une évaluation récente de l'impact sur la santé de la circulation routière réalisée en Autriche, en France et en Suisse, la pollution liée à l'automobile tue plus de personnes dans ces trois pays que les accidents de la route. L'exposition chronique à la pollution atmosphérique engendrée par les voitures est responsable chaque année de 21 000 décès prématurés d'adultes de plus de 30 ans victimes de maladies respiratoires ou cardiaques. Par comparaison, les accidents de la route causent chaque année dans ces trois pays 9 947 décès. Chaque année, on peut imputer à la pollution atmosphérique due aux voitures 300 000 bronchites d'enfants, 15 000 hospitalisations pour des maladies cardiaques, et 395 000 accès d'asthme chez les adultes et 162 000 chez les enfants — à quoi il faut ajouter l'obligation faite aux adultes de plus de 20 ans de réduire leurs activités en raison de troubles respiratoires qui se chiffre à 16 millions de personne-jours. Ainsi la facture sanitaire totale s'élève-t-elle chaque année à 27 milliards d'euros, soit 1,7 % du PNB combiné des trois pays en question, ce qui représente 360 euros par personne et par an (Kunzli et autres, 2000).

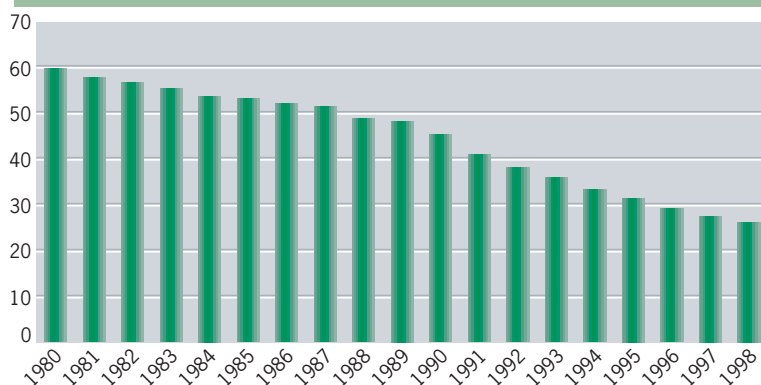
cours des 30 dernières années, sont l'énergie, les transports, l'industrie, l'agriculture et les solvants, ainsi que le stockage et la distribution des combustibles fossiles. Dans les pays d'Europe centrale et orientale, les secteurs

de l'électricité et des industries lourdes sont traditionnellement les principaux pollueurs, les transports ne jouant un rôle significatif que dans les grandes villes. Au début des années 90, la récession économique a contribué à y réduire la pollution atmosphérique, mais on a noté parallèlement une forte augmentation de l'utilisation des voitures privées. Par exemple, même au moment de la récession la plus forte (1990 à 1994), le nombre de voitures privées a augmenté de plus de 100 % en Arménie, Russie et Ukraine (FSRFHEM, 1996). Cette augmentation rapide a fait que le transport est un facteur toujours plus important de pollution atmosphérique dans cette sous-région d'Europe.

Depuis le début des années 80, les émissions de la plupart des polluants atmosphériques ont diminué dans l'ensemble de l'Europe. À la fin de 2000, les émissions de composés de soufre avaient été ramenées à moins d'un tiers de leurs niveaux de 1980 en Europe occidentale et à deux tiers de ces niveaux en Europe centrale et orientale (AEE, 2001a ; PNUE, 1999). L'équilibre acide naturel de l'eau et des sols a été rétabli de manière significative en Europe, principalement du fait de la réduction des émissions de SO_2 , même si ces émissions continuent d'être trop importantes pour pouvoir éviter un impact grave sur des écosystèmes sensibles. Toutefois, les moyennes dissimulent de grandes différences entre les différents pays et sous-régions. Par exemple, les émissions de SO_2 ont augmenté de 7 % en Grèce et de 3 % au Portugal entre 1990 et 1998, tandis qu'on observait une réduction de l'ordre respectivement de 71 % et 60 % en Allemagne et en Finlande (AEE, 2000). Les émissions de NO_x et de NH_3 n'ont pas diminué sensiblement en Europe occidentale, sauf en Allemagne et au Royaume-Uni, alors qu'elles ont été réduites dans de nombreux pays d'Europe centrale et orientale (Institut tchèque pour l'environnement et Ministère tchèque de l'environnement, 1996 ; AEE, 2001b ; GRID-Budapest, 1999 ; GRID-Varsovie, 1998 ; Comité statistique interétatique, 1999 ; OCDE, 1999a ; CEE-NU/EMEP/MS, 1998). Compte tenu de l'absence de surveillance des émissions de métaux lourds, des polluants organiques persistants et des particules en suspension, notamment dans les pays d'Europe centrale et orientale, il n'est pas possible de relever des tendances certaines, mais il est évident que les particules et les précurseurs de l'ozone troposphérique continuent de poser de graves problèmes (AEE, 2000).

En Europe occidentale, les émissions de SO_2 , NO_x et de NH_3 présentent un net découplage par rapport à la croissance du PIB, ce qui indique que les mesures prises ont eu une certaine efficacité (AEE, 2001a). Dans certains pays d'Europe centrale et orientale qui pourraient être les premiers à adhérer à l'Union européenne (UE), il semble que la restructuration économique et des initiatives écologiques aient contribué à réduire la pollution atmosphérique. Dans d'autres pays d'Europe centrale et

Émissions de SO_2 dans les pays membres de l'EMEP (millions de tonnes/an)



Au cours de la période 1980-1998, les émissions de SO_2 dans les pays membres du Programme concerté de surveillance continue et d'évaluation du transport à longue distance des polluants atmosphériques en Europe (EMEP) ont été réduites de 56 %.

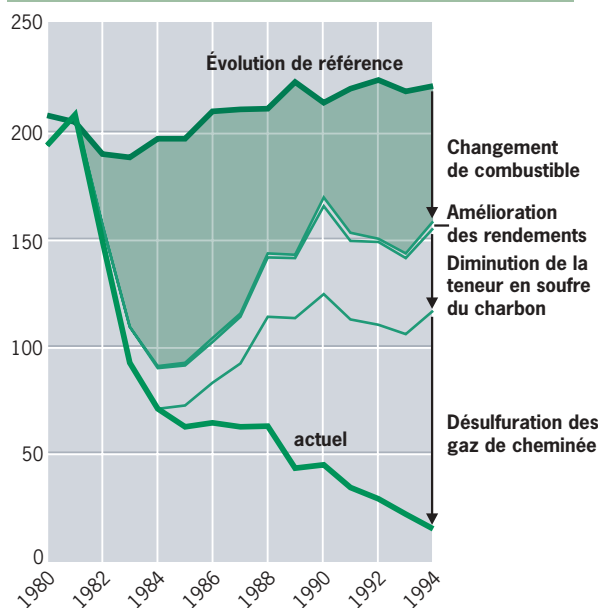
orientale, la chute de la production industrielle due à la récession semble avoir le principal facteur de la réduction de la pollution atmosphérique (OCDE, 1999a et b ; CEE-ONU, 1999). Dans des pays comme la Russie et l'Ukraine, les émissions par unité de PIB ont certes augmenté, mais leur effet a été masqué par la chute générale du PIB (SCRFEF, 1999).

Il est évident que la réduction des émissions s'explique en partie par des mesures prises aux échelons national et local pour atteindre les objectifs quantitatifs fixés par la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance et ses Protocoles, et par les Directives de l'UE concernant les émissions, comme la Directive relative à la limitation des émissions de certains polluants provenant de la combustion industrielle (1988), et diverses directives concernant les émissions des véhicules. Elle s'explique aussi par le passage à l'essence sans plomb, par l'adoption de carburant pour diesel de meilleure qualité et par l'amélioration de la conception des moteurs. Cela étant, de nombreux objectifs en matière de réduction de la pollution atmosphérique n'ont pas encore été atteints. En Europe occidentale, seuls les objectifs qualitatifs fixés pour le SO_2 par l'UE et la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance ont été atteints bien avant la date fixée (fin 2000), des progrès moindres ayant été enregistrés pour le NO_x , le NH_3 et les composés organiques volatils. Deux mesures européennes récentes devraient continuer à réduire la quantité de polluants atmosphériques, à savoir la proposition d'une directive de l'UE sur les plafonds nationaux d'émission de certains polluants atmosphériques et le Protocole relatif à la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance visant à réduire l'acidification, l'eutrophisation et l'ozone de la basse atmosphère. Dans beaucoup de pays d'Europe, il faudra prendre des mesures supplémentaires pour réaliser ces objectifs. En Europe occidentale, on attache désormais davantage d'importance aux mesures « non techniques » de lutte antipollution, comme les péages autoroutiers et les incitations fiscales (Commission européenne, 2000), mais il est peu probable que, dans les pays d'Europe centrale et orientale, la faiblesse actuelle des organes de protection de l'environnement permette à ceux-ci d'appliquer une stratégie efficace visant à réduire la pollution atmosphérique dans un proche avenir (OCDE, 1999b).

Appauvrissement de la couche d'ozone stratosphérique

L'épaisseur de la couche d'ozone au-dessus de l'Europe a diminué depuis les années 80. La perte moyenne d'ozone dans les latitudes nord moyennes est de 6 % en hiver et au printemps, mais à une certaine époque elle peut être plus importante. Par exemple, au printemps 1995, qui a suivi un hiver arctique particulièrement froid, la concentration

Émissions de SO_2 par 1 000 tonnes : politiques et réduction des émissions aux Pays-Bas



Aux Pays-Bas le remplacement du fioul par le gaz naturel s'est traduit par une nette diminution des émissions de SO_2 jusqu'au milieu des années 80 ; à cette date, l'augmentation de la part du charbon a renversé cette tendance. Depuis 1983, la teneur en soufre du charbon a été réduite, alors qu'en 1986 les centrales électriques se dotaient d'unités de désulfuration du gaz. En 1996, 96 % de ces centrales avaient des unités de désulfuration.

Note : La ligne de référence plus haut est basée sur l'électricité produite.

Source : AEE, 2000.

d'ozone stratosphérique au-dessus de l'Europe a été inférieure de 10 à 12 % par rapport à celle du milieu des années 70. L'hiver 1995-1996 a été plus froid encore et les concentrations d'ozone au-dessus du Royaume-Uni ont diminué de près de 50 % pendant la première semaine de mars, ce qui constitue la concentration la moins élevée jamais enregistrée (PNUE, 2000). De ce fait, le rayonnement ultraviolet a augmenté en Europe de 1980 à 1997, et cette augmentation a été nettement plus élevée dans le nord-est (AEE, 1999 ; Parry, 2000).

L'application de la Convention de Vienne et de son Protocole de Montréal a permis de diminuer de près de 90 % la production de substances menaçant l'ozone en Europe occidentale, cependant que la production d'hydrochlorofluorocarbones (HCFC) augmentait (Commission européenne, 1999 ; PNUE, 1998). En Europe centrale et orientale, la transition politique et économique a retardé l'élimination de la production et de la consommation de substances menaçant l'ozone, mais on note des progrès. Dans les années 90, le FEM a accueilli d'importantes contributions de donateurs en vue d'améliorer les techniques qui favorisent les substances propices à l'ozone. Il faut saluer la décision prise par la Fédération de Russie, principal producteur régional, d'arrêter en décembre 2000 la production des substances menaçant l'ozone figurant aux annexes A et B du Protocole de Montréal (PNUE, 2001).

Les émissions de gaz à effet de serre

De nombreux pays d'Europe se déclarent partisans de l'adoption d'un traité sur le changement climatique mondial, mais la région continue d'être un des grands

émetteurs anthropiques de gaz à effet de serre. La plupart des émissions de CO₂ proviennent de la combustion de combustibles fossiles (ETC/AE, 2000 ; OCDE, 1999b). Le secteur énergétique (électricité et chauffage) est le principal émetteur (32 % des émissions de CO₂ de l'UE), suivi par les transports, la combustion, l'industrie en général et l'industrie lourde (ETC/AE, 2000).

Les émissions de gaz à effet de serre ont diminué dans l'UE de 2 % entre 1990 et 1998 (Agence européenne pour l'environnement, 2001a), principalement du fait de la stabilisation des émissions de CO₂ et de la réduction des émissions de N₂O et de méthane. Cette diminution est due essentiellement à l'Allemagne (grâce à une meilleure efficacité des nouvelles centrales, aux économies d'énergie réalisées dans les ménages et les industries et à la restructuration économique opérée dans l'ex-Allemagne de l'Est) et au Royaume-Uni (grâce au passage du charbon au gaz). En Europe occidentale d'une manière générale, il y a eu un net découplage entre les émissions, la croissance

économique et la consommation d'énergie, grâce à une meilleure efficacité énergétique et à des politiques et initiatives visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre (ETC/AE, 2000). Cela étant, la réalisation des objectifs quantifiables du Protocole de Kyoto n'ira pas sans difficulté (Agence européenne de l'environnement, 2001a).

La transformation économique des pays d'Europe centrale et orientale a entraîné une diminution significative des émissions anthropiques de gaz à effet de serre. En 2000, dans neuf de ces pays, les émissions de CO₂ ont été inférieures de 8 % aux niveaux de 1990 (ETC/AE, 2000). Dans certains pays de la sous-région, la restructuration économique et des mesures écologiques semblent avoir contribué à réduire le CO₂ (OCDE, 1999a), cependant que dans la plupart des pays de la sous-région, la récession et la diminution de la production industrielle semblent avoir été le principal facteur de la réduction du CO₂ (OCDE, 1999a et b ; CEE-ONU, 1999).

Chapitre 2, atmosphère, Europe. Références bibliographiques :

AEE (1999). *Environment in the European Union at the Turn of the Century*. Environmental Assessment Report No. 2. Copenhague (Danemark), Agence européenne pour l'environnement

AEE (2000). *Environmental Signals 2000*. Environmental Assessment Report No. 6. Copenhague (Danemark) Agence européenne pour l'environnement

AEE (2001a). *Environmental Signals 2001*. Environmental Assessment Report No. 8. Copenhague (Danemark), Agence européenne pour l'environnement

AEE (2001b). *Databases on Air Quality and Emissions of Air Pollutants and Greenhouse Gases in Europe*. European Topic Centre on Air and Climate Change

<http://etc-acc.eionet.eu.int/databases> [Geo-2-005]

CE (1999). *Statistical Factsheet — Ozone-depleting Substances*. Bruxelles (Belgique), Commission européenne

CE (2000). *A Review of the Auto-Oil II Programme. (COM 2000) 626 final*. Bruxelles (Belgique), Commission européenne

CEE (1999). *Economic Survey of Europe, 2000*. Genève (Suisse), Commission économique pour l'Europe

CEE et EMEP/MSW (1998). *Transboundary Acidifying Air Pollution in Europe, Report 1/98*. Oslo (Norvège), Institut météorologique norvégien

ETC/AE (2000). *European Community and Member States Greenhouse Gas Emission Trends 1990-1998*. Topic report No. 6/2000. European Topic Centre for Air Emissions. Copenhague (Danemark), Agence européenne de l'environnement

FSRFHEM (1996). *Review of Environmental Pollution in the Russian Federation in 1995*. Moscou (Fédération de Russie), Federal Service of the Russian Federation for Hydrometeorology and Environmental Monitoring

GRID-Budapest (1999). *State of the Environment in Hungary*. Budapest (Hongrie), Base de données sur les ressources mondiales

GRID-Varsovie (1998). *State of the Environment in Poland*. State Inspectorate for Environmental Pollution

<http://pios.gov.pl/raport/ang> [Geo-2-006]

Institut environnemental tchèque et Ministère de l'environnement (1996). *Environment Year Book of the Czech Republic 1995*. Prague (République tchèque), Bureau de statistique tchèque

Kunzli, N., Kaiser, R., Medina, S., Studnicka, M., Chanel, O., Filliger, P., Herry, M., Horak Jr, F., Puybonnieux-Texier, V., Quenel, P., Schneider, J., Seethaler, R., Vergnaud, J.-C. et Sommer, H. (2000). Public-health impact of outdoor and traffic-related air pollution : a European assessment. *The Lancet*. 356, 795-801

OCDE (1999a). *Environment in the Transition to a Market Economy : Progress in Central and Eastern Europe and the New Independent States*. Paris (France), Centre de l'OCDE la coopération avec les économies européennes en transition

OCDE (1999b). *Environmental Data*. Paris (France), Organisation de coopération et de développement économiques

Parry, M.L. (2000). *Assessment of Potential Effects and Adaptations for Climate Change in Europe : Summary and Conclusions*. Norwich (R.-U.), Jackson Environment Institute, University of East Anglia

PNUE (1998). *Production and consumption of ozone-depleting substances 1986-1996*. Nairobi (Kenya), Programme des Nations Unies pour l'environnement

PNUE (1999). *GEO 2000*. Programme des Nations Unies pour l'environnement. Bruxelles (Belgique), De Boeck Université

PNUE (2000). *Action on Ozone*. Nairobi (Kenya), Programme des Nations Unies pour l'environnement

PNUE (2001). *Report of the 21th Meeting of the Open-Ended Working Group of the Parties to the Montreal Protocol*. 24-26 July 2001. Programme des Nations Unies pour l'environnement

<http://www.unep.org/ozone/pdf/21oewg-4.pdf> [Geo-2-007]

SCRFEP (1999). *National Report on the State of the Environment in the Russian Federation in 1999*. Moscou (Féd. de Russie), Comité d'État pour la protection environnementale

STATCIS (1999). *Official Statistics of the Countries of the Commonwealth of Independent States*. CD Rom. Moscou (Féd. de Russie), Comité de statistique de la Communauté d'États indépendants

Vestreng, V. et Støren, E. (2000). *Analysis of UNECE/EMEP Emission Data. MSC-W Status report 2000*. EMEP/MSW Note 1/00. Research Note No. 37. Oslo (Norvège), Institut météorologique norvégien

L'atmosphère : Amérique latine et Caraïbes

La pollution atmosphérique pose un grave problème d'environnement à la région d'Amérique latine et des Caraïbes, en raison de son impact sur la santé, surtout dans les zones urbaines. L'urbanisation rapide, l'accroissement de la population, l'industrialisation et le nombre croissant de véhicules à moteur sont les principales causes de la pollution atmosphérique. La région est également très exposée à l'impact négatif de l'appauvrissement de la zone d'ozone stratosphérique

Qualité de l'air

Les trois quarts de la population de la région vivent dans des villes. Celles-ci comptent plusieurs mégapoles, comme Buenos Aires, Mexico, Rio de Janeiro et São Paulo, qui ont chacune une population supérieure à 10 millions d'habitants, et la croissance économique enregistrée dans ces centres urbains a eu pour effet d'accroître la pollution atmosphérique (en particulier le CO, le NO_x, le SO₂, l'O₃ troposphérique, les hydrocarbures et les particules en suspension) ainsi que les impacts sanitaires connexes (PNUE, 2000). Aujourd'hui, le problème dépasse le cadre des grandes villes pour toucher également les villes moyennes et les petites îles (Dalal, 1979 ; Romieu, Weitzenfeld et Finkelman, 1990). Le secteur du transport contribue pour beaucoup à la pollution atmosphérique dans les villes : 70 % des émissions à Buenos Aires (OPS, 1998) et à Mexico (INEGI, 1998) sont liées au transport, le parc automobile de Mexico ayant quadruplé de 1970 à 1996 (CEPALC, 2000a). L'industrie, l'agriculture et le secteur municipal sont également des causes de pollution atmosphérique. À Santiago, la pollution atmosphérique est due principalement au transport et aux petites et moyennes entreprises (OMI, 1995). En outre, dans certaines villes, des conditions topographiques et météorologiques peu propices aggravent l'impact de la pollution. Ainsi la vallée de Mexico empêche la dispersion des polluants provenant de la zone métropolitaine, tout comme les collines entourant Santiago (CEPALC, 2000b).

La croissance qui a marqué les secteurs de l'industrie, de l'agriculture et des transports au cours des 30 dernières années s'est accompagnée d'une augmentation constante des émissions de CO₂, qu'on chiffre à 65 % de 1980 à 1998 (PNUE, 2001a). On estime qu'en 1991-1992, la région a produit 11 % des émissions anthropiques mondiales de CO₂, soit 4,5 % des émissions industrielles mondiales et 48,5 % des émissions imputables à la modification de l'utilisation des sols (PNUE, PNUE, Banque mondiale et WRI, 1996). On estime que la déforestation est la cause principale des émissions dans la région, surtout dans le bassin de l'Amazonie (PNUE, 1999). Par ailleurs, la déforestation et l'élevage (celui-ci est important en

Mortalité accrue due à la pollution atmosphérique

En 1992, on estimait que 76 millions de citoyens étaient exposés à des concentrations de polluants supérieures aux directives de l'OMS. On estime qu'annuellement 4 000 décès à São Paulo et Rio de Janeiro sont imputables à la pollution atmosphérique (CETESB, 1992). Des études faites au Brésil, au Chili et au Mexique ont montré qu'une augmentation de 10 mg/m³ de concentration de PM₁₀ (particules d'un diamètre inférieur à 10µ) dans l'atmosphère revient à un accroissement de 0,6 à 1,3 % de la mortalité chez les plus de 65 ans (OPS, 1998).

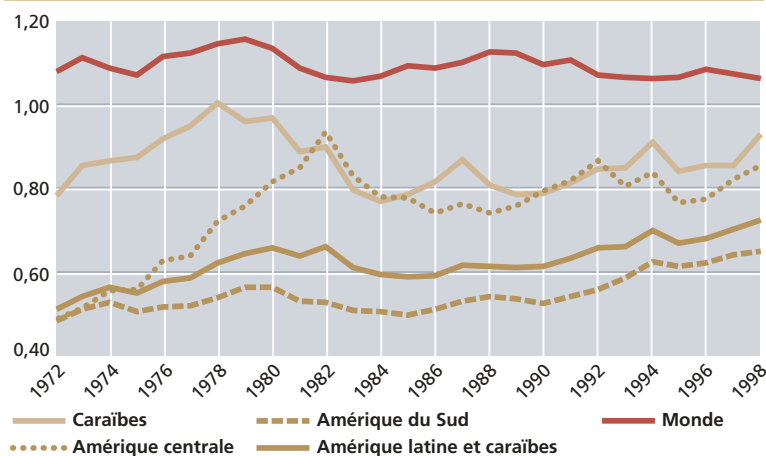
Argentine, au Chili et en Uruguay) provoquent de très importantes émissions de méthane dans la région, soit 9,3 % des émissions mondiales (CCNUCC-SBI, 2000).

En 1998, la moyenne annuelle des émissions industrielles de carbone par habitant a été de 0,73 tonne pour la région, soit moins que la moyenne mondiale qui est de 1,06 tonne (Marland, Boden et Andres, 2001). Le Mexique est le principal émetteur de carbone de la région.

Les polluants industriels proviennent principalement des processus de combustion utilisés dans le secteur de la production d'électricité, mais les émissions de métaux lourds, comme le plomb et le mercure, jouent également un rôle important (OPS, 1998). Dans les pays producteurs de pétrole, les émissions provenant des processus de raffinage sont également significatives. Par exemple, à Mexico, près de 60 % des émissions de SO₂ proviennent de l'industrie, notamment les raffineries de pétrole de la zone métropolitaine (INEGI, 1998). Dans beaucoup de pays, les activités minières sont une cause locale de détérioration de la qualité de l'air (OPS, 1998).

D'autres sources de pollution atmosphérique ont des impacts locaux et sous-régionaux, notamment l'utilisation de pesticides dans l'agriculture et les particules en

Émissions de gaz carbonique par habitant : Amérique latine et Caraïbes (tonnes carbone/habitant/an)



En 1998, la moyenne des émissions industrielles de carbone en Amérique latine et dans les Caraïbes a été de 0,73 tonne/an, par rapport à la moyenne mondiale, qui est de 1,06 tonne.

Source : D'après les chiffres de Marland, Boden et Andres, 2001.

Comment Mexico fait face à la pollution atmosphérique

Des études montrent qu'à Mexico, une des principales mégapoles du monde, il existe une corrélation étroite entre la pollution atmosphérique urbaine et l'accélération des maladies pulmonaires et du vieillissement observée dans le cadre des affections pulmonaires et respiratoires (Loomis et autres, 1999 ; OPS, 1998 ; OMS, 1999). En 1990, un vaste programme de lutte antipollution dans la vallée de Mexico a été lancé en vue d'améliorer la qualité des combustibles, de promouvoir les transports publics, de réduire les émissions des véhicules, de l'industrie et des services, et d'encourager la reforestation. Dans le cadre du programme 1995-2000 visant à améliorer la qualité de l'air à Mexico (Proaire), on a lancé de nouvelles activités dans le domaine de la surveillance, de l'éducation et de la participation du public. Au nombre des autres initiatives, il faut signaler la création du Fonds d'affectation spéciale pour l'environnement de la vallée de Mexico, qui est alimenté par une taxe sur le pétrole et qui finance des activités visant à améliorer la qualité de l'air, le Réseau de surveillance automatique de l'environnement, les programmes environnementaux d'urgence, le programme intitulé « Une journée sans voiture », un programme de reforestation et d'éducation à l'environnement dispensée dans la zone métropolitaine de Mexico (CEPALC, 2000a).

suspension provenant de l'érosion des sols et de la combustion de la biomasse. Selon des études réalisées en Colombie et en Équateur au début des années 90, plus de 60 % des travailleurs agricoles employés dans les cultures destinées à l'exportation présentaient les symptômes d'un grave empoisonnement par les pesticides (migraines, allergies, vertiges, dermatites, troubles visuels), et d'autres éprouvaient des effets chroniques graves (mortalité, fausses couches, troubles respiratoires et neurologiques). Les habitants du voisinage peuvent être touchés également, comme cela a été le cas pour les champs de coton au Nicaragua et les plantations de café au Costa Rica (PNUD, PNUE, Banque mondiale et WRI, 1998 ; PNUE, 2000).

Les feux de forêt sont un autre facteur important de pollution atmosphérique, et parfois ils ont un effet significatif à longue distance (CCAD et UICN, 1996 ; Nepstad et autres, 1997). Ainsi en 1997, par exemple, la fumée provenant de feux au Guatemala, au Honduras et au Mexique a été poussée loin au-dessus du sud-est des États-Unis, ce qui a amené les autorités texanes à publier une mise en garde à l'intention des habitants (PNUE, 2000).

En Amérique latine et dans les Caraïbes, environ un cinquième de la population utilise la biomasse comme principal combustible ménager, ce qui provoque une pollution à l'intérieur des bâtiments, au détriment surtout des femmes, des enfants et des personnes âgées qui se tiennent à l'intérieur, pendant de longues périodes. En Colombie et au Mexique, par exemple, les femmes utilisant la biomasse pour cuisiner sont exposées 75 fois plus que la moyenne de la population au risque de contracter une maladie pulmonaire chronique (PNUD, PNUE, Banque mondiale et WRI, 1998). Chaque année, on impute à la pollution atmosphérique 2,3 millions de cas d'affection respiratoire chronique chez les nourrissons et 100 000 cas de bronchite chronique chez les adultes (CEPALC, 2000b).

Ces dernières décennies, des efforts significatifs ont

été déployés pour lutter contre la pollution atmosphérique, surtout dans les zones urbaines (voir encadré à gauche), par le biais de stratégies de lutte contre les émissions, de modification des combustibles et de dispositifs d'urgence. À Santiago, les émissions de particules en suspension — et le nombre de jours où l'alerte a été donnée ou l'urgence déclarée — ont été réduites considérablement ces 10 dernières années, les concentrations de PM_{10} et de $PM_{2,5}$ ayant été réduites respectivement de 24,1 % et 47,4 % entre 1989 et 1999 (CAPP, 2000). Ces résultats sont imputables en grande partie à un plan lancé en 1990, qui comportait la lutte contre les émissions ménagères et industrielles, le développement de la capacité de surveillance, l'élimination des bus très polluants, la réglementation de la circulation des bus et de leurs émissions, l'introduction des convertisseurs catalytiques pour voitures, l'amélioration de la qualité des carburants et le pavage des rues (CEPALC, 2000c ; O'Ryan et Larraguibel, 2000).

Malgré ces progrès, la pollution atmosphérique dans les villes est un sujet de grave préoccupation, même dans les villes de petite et moyenne dimensions, en raison de la poursuite de la croissance du transport et de l'industrie, sans véritable contrepartie en matière de contrôle et de réglementation. L'augmentation du nombre de voitures, consécutive à l'augmentation des revenus réels et à la suppression des droits de douane, risque d'annuler les progrès enregistrés en matière d'amélioration de la qualité de l'air. D'ici à 2010, 85 % de la population devraient vivre dans des zones urbaines, ce qui fera de la lutte contre la pollution atmosphérique et de la prévention de ses effets sanitaires néfastes une priorité pour chacun des pays.

La défense de l'atmosphère dans le monde

L'appauvrissement de la couche d'ozone est une question importante pour la région, surtout pour les pays proches du trou d'ozone antarctique, comme l'Argentine et le Chili. Dans la foulée de la ratification du Protocole de Montréal, les gouvernements ont adopté une réglementation en collaboration avec le secteur privé et d'autres parties prenantes, ont créé des institutions et pris des mesures afin d'éliminer les substances menaçant l'ozone, le Brésil ayant arrêté la production de ces substances en 1999 (MMA, 2001). Des pays tels que l'Argentine, le Mexique (premier producteur régional de substances menaçant l'ozone) et le Venezuela qui continuent de produire des CFC ont mis au point des politiques et des mesures visant à en réduire la production et la consommation. Contrairement à d'autres régions en développement, l'Amérique latine et les Caraïbes ont réduit d'environ 21 % la production totale de CFC par rapport au niveau de 1986 (PNUE, 2001b).

Le changement climatique mondial risque d'avoir de graves conséquences pour la région, eu égard à sa vulnérabilité écologique et socioéconomique. Des

modifications survenant dans le cycle de l'eau peuvent représenter un danger pour des zones arides et semi-arides et avoir un impact sur la production de céréales, le bétail et la production d'hydroélectricité dans des pays tels l'Argentine, le Chili ou le Costa Rica et le Panama. En Amérique centrale, en Argentine, en Uruguay et au Venezuela, les zones littorales et les écosystèmes côtiers risquent d'être touchés et l'infrastructure côtière d'être endommagée. Nombre de zones métropolitaines sont particulièrement exposées à la hausse du niveau des mers, en particulier les grands ports. Dans les Caraïbes, les petits États insulaires seront probablement les premiers à pâtir de la hausse du niveau des mers, sans compter les risques sanitaires provoqués par une augmentation des

vecteurs de maladies épidémiques, ainsi que d'autres infections gastro-intestinales (OPS, 1998).

Les pays de la région ne sont liés par aucun engagement au titre de la CCNUCC ou du Protocole de Kyoto. Au nombre des activités de réduction et d'adaptation figurent des mesures d'économie d'énergie dans le transport, l'agriculture et la gestion des déchets, le développement des sources d'énergie renouvelables et de puits de carbone, essentiellement des forêts. Plusieurs pays, dont la Barbade, le Costa Rica et la Jamaïque, exploitent l'énergie éolienne. Une usine pilote de 2-MW qui utilise l'énergie thermique océanique a été construite à la Jamaïque (PNUE, 2000).

Chapitre 2, atmosphère, Amérique latine et Caraïbes. Références bibliographiques :

- CAPP (2000). *Estado del Medio Ambiente en Chile — 1999 : Informe País*. Santiago (Chili), Centro de Análisis de Políticas Públicas, Universidad de Chile
- CCAD et UICN (1996). Reducción del Efecto Invernadero Mediante la Limitación y Absorción del CO₂ en América Central : Propuesta Plan de Prevención y Combate de Incendios Forestales en América Central. San José, Costa Rica, Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo, Consejo Centroamericano de Bosques y Áreas Protegidas, Alliance mondiale pour la nature, Bureau pour l'Amérique centrale, San José (Costa Rica)
- CCNUCC-SBI (2000). National Communications from Parties not Included in Annex I to the Convention. Second Compilation and Synthesis of Initial National Communications from Parties not Included in Annex I to the Convention. Note by the Secretariat. FCCC/SBI/2000/15, 24 October. Bonn (Allemagne), Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, Groupe scientifique pour sa mise en oeuvre
- CEPALC (2000a). *De la Urbanización Acelerada a la Consolidación de los Asentamientos Humanos en América Latina y el Caribe*. Conférence régionale préparatoire pour l'Amérique latine et les Caraïbes pour préparer la séance spéciale sur l'examen et l'évaluation générale de la mise en oeuvre du programme Habitat, CEPAL/HABITAT, LC/G.2116
- CEPALC (2000b). *Conciencia Ciudadana y Pollution Atmosférica : Estado de Situación en la Ciudad de México*. CEPAL, LC/R. 1987. Santiago (Chili), Commission économique pour l'Amérique latine et les Caraïbes
- CEPALC (2000c). *Conciencia Ciudadana y Contaminación Atmosférica : Estado de Situación en el Área Metropolitana de Santiago de Chile*. CEPAL, LC/R. 2022. Santiago (Chili), Commission économique pour l'Amérique latine et les Caraïbes
- CETESB (1992). *Relatório de Qualidade do Ar em São Paulo*. São Paulo, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
- Dalal, R.C. (1979). Composition of Trinidad Rainfall. *Water Resource Research*. 15, 1217-23
- INEGI (1998). *Estadísticas del medio ambiente. México, 1997*. Aguascalientes (Mexique), Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática
- Loomis, D., Castillejos, M., Gold, D.R., McDonnell, W. et Borja-Aburto, V.H. (1999). Air pollution and infant mortality in Mexico City. *Epidemiology*. 10, 118-23
- Marland, G., Boden, T.A. et Andres, R.J. (2001). *Global, Regional, and National Fossil Fuel CO₂ Emissions*. US Department of Energy, Carbon Dioxide Information Analysis Center
http://cdiac.esd.ornl.gov/trends/emis/tre_and.html [Geo-2-046]
- MMA (2001). Programa Brasileiro de Eliminação da Produção e do Consumo das Substâncias que Destroem a Camada de Ozônio. Ministerio de Medio Ambiente, Brasil
<http://www.mma.gov.br/port/ascom/imprensa/mai02000/informma54.html> [Geo-2-047]
- Nepstad, D.N., Klink, C.A., Uhl, C., Vieira, I.C., Lefebvre, P., Pedlowski, M., Matricardi, E., Negreiros, G., Brown, I.F., Amaral, E., Homma, A. et Walker, R. (1997). Land-use in Amazonia and the Cerrado of Brazil. *Ciencia e Cultura - Journal of the Brazilian Association for the Advancement of Science*. 49, 1/2, 73-86
- O'Ryan, R. et Larraguibel, L. (2000). *Contaminación del Aire en Santiago : Estado Actual y Soluciones*. Santiago (Chili), Universidad de Chile
- OMI (1995). *Global Waste Survey — Final Report*. Manille (Philippines), Organisation maritime internationale
- OMS (1999). *Air Quality Guidelines*. Genève (Suisse), Organisation mondiale de la santé
- OPS (1998). *Health in the Americas. 1998 Edition*. Scientific Publication No. 569. Washington (É.-U.), Organisation panaméricaine de la santé
- PNUD, PNUE, Banque mondiale et WRI (1998). *World Resources 1998-99*. Washington (É.-U.), Institut des ressources mondiales
- PNUE (1999). *GEO 2000*. Programme des Nations Unies pour l'environnement. Bruxelles (Belgique), De Boeck Université
- PNUE (2000). *GEO Latin America and the Caribbean Environment Outlook*. Mexico (Mexique), Programme des Nations Unies pour l'environnement, Bureau régional pour l'Amérique latine et les Caraïbes
- PNUE (2001a). *GEO : Environmental Statistics for Latin America and the Caribbean (work in progress)*. Estadísticas ambientales de América Latina y el Caribe (trabajo en proceso). Mexico (Mexique), Programme des Nations Unies pour l'environnement, Bureau régional pour l'Amérique latine et les Caraïbes
- PNUE (2001b). Report of the Secretariat on Information Provided by the Parties in Accordance with Article 7 of the Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer. 13^e réunion des Parties au Protocole de Montréal, 16 au 19 octobre 2001, Colombo (Sri Lanka). UNEP/OzL.Pro.13/3
<http://www.unep.org/ozone/13mop-before.shtml> [Geo-2-155]
- Romieu, I., H., Weitzenfeld et Finkelman, J. (1990). Urban air pollution in Latin America and the Caribbean : Health Perspectives. *World Health Statistics Quarterly*. 43, 153-167

L'atmosphère : Amérique du Nord

Qualité de l'air

Au cours des 30 dernières années, la qualité de l'air s'est notablement améliorée sur les plans tant régional que local. Le niveau de nombreux polluants atmosphériques a été réduit progressivement, l'évolution enregistrée aux États-Unis (voir graphique) étant représentative de la région.

Des programmes de lutte contre les pluies acides ont permis de réduire substantiellement les émissions de soufre depuis 1995, la réduction étant de l'ordre de 10 à 25 % dans certaines parties du nord-ouest des États-Unis (EPA, 2000a). Selon des données récentes, toutefois, il semble que nombre de zones sensibles continuent d'enregistrer des retombées acides qui dépassent leur capacité d'assimilation et que les dommages causés par ces retombées soient plus importants qu'on ne l'avait imaginé (CEC, 2000 ; Munton, 1998).

De nouvelles préoccupations sont apparues en ce qui concerne l'ozone de la basse atmosphère et les fines particules, leurs émissions n'ayant pas diminué autant que d'autres polluants courants.

L'ozone de la basse atmosphère en Amérique du Nord

Les recherches menées ces 10 dernières années ont montré que l'O₃ a de plus importants effets sur la santé que l'on ne l'imaginait. Même en concentration moyenne, l'O₃ peut aggraver l'asthme et autres affections respiratoires, tout comme il peut empêcher ou gêner le bon fonctionnement du système immunitaire, spécialement chez les jeunes enfants, les personnes âgées et les adeptes des sports de plein air (OMA, 2000). Des études réalisées au Canada et aux États-Unis ont démontré à plusieurs reprises la corrélation étroite existant entre l'hospitalisation et l'arrêt de travail, d'une part, et des niveaux épisodiquement élevés d'O₃ (CEC, 1997).

touchées. Toutefois, dans de nombreux cas, ces mesures n'ont pas permis de réduire les concentrations d'ozone jusqu'à respecter les normes sanitaires nationales (EPA, 1997a).

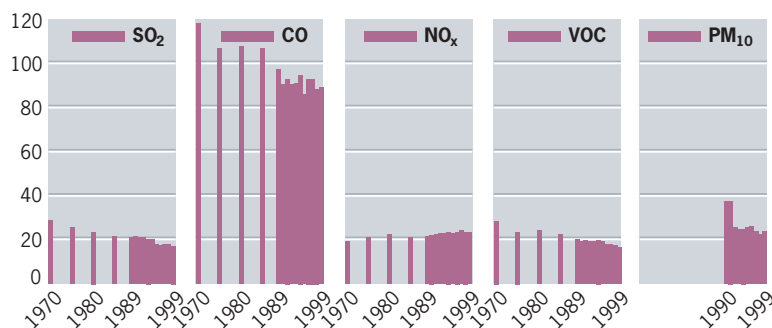
On a établi que les molécules d'ozone parcourent de grandes distances à partir des sources d'émission, dans un rayon de 240 à 800 kilomètres pour l'O₃ troposphérique (CEC, 1997). De 30 à 90 % de l'O₃ qu'on trouve dans l'est du Canada proviennent des États-Unis, tandis que la province de l'Ontario, qui est la région canadienne la plus touchée par les émissions d'O₃ est une source de NO_x sous le vent dans le nord-est des États-Unis (EC, 2000a).

Les centrales à combustibles fossiles sont les principales sources ponctuelles de NO_x, des quantités non négligeables d'O₃ étant constituées et transportées dans le panache des centrales. De plus, alors que les composés organiques volatils ont diminué au cours des 30 dernières années aux États-Unis, les émissions de NO_x y ont augmenté de 17 % entre 1970 et 1999 (EPA, 2000b). Ces conclusions ont amené l'Amérique du Nord à adopter une nouvelle approche fondée sur des stratégies agressives de réduction des émissions régionales de NO_x et sur la coopération entre les deux pays.

L'accord sur la qualité de l'air conclu entre le Canada et les États-Unis en 1991 fixe pour les deux pays des objectifs quantitatifs en matière de réduction des émissions de NO_x ; en octobre 2000, ils ont signé une annexe de cet accord en vue de réduire les émissions frontalières de NO_x provenant des centrales à combustibles fossiles (EC, 2000b). Les deux pays se sont également engagés dans la Stratégie nord-américaine de recherche sur l'ozone troposphérique de 1999 ; en 1999, ils ont signé le Protocole se rapportant à la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance et visant à diminuer l'acidification, l'eutrophisation et l'ozone de la basse atmosphère.

Ayant reconnu que le fait d'être exposé à des concentrations d'ozone inférieures à 0,08 ppm compromet gravement la santé, les États-Unis et le Canada ont été amenés à revoir les normes sanitaires en matière d'ozone (EC, 2000a ; EPA, 1997b). Les niveaux de particules en

Émissions des principaux polluants atmosphériques : États-Unis (millions de tonnes/an)



Les émissions de nombreux polluants atmosphériques ont été réduites au cours des 30 dernières années, particulièrement en ce qui concerne le CO, les composés organiques volatils et le SO₂.

Source : EPA, 2001.

Ozone de la basse atmosphère

L'O₃ de la basse atmosphère est un polluant atmosphérique courant, envahissant et nuisible (voir encadré). La combustion de combustibles fossiles est la source principale du NO_x, le transport à lui seul étant responsable de 60 % des émissions de NO_x au Canada (Hancey, 1999) et de 53 % aux États-Unis (EPA, 2000b).

De 1984 à 1991, la norme canadienne de 0,082 ppm d'ozone pendant une période d'une heure a été dépassée au moins une fois dans toutes les grandes villes (EC, 2000a). Aux États-Unis, des dizaines de millions de personnes vivent dans des zones où la norme d'ozone pour une heure (0,120 ppm) a été périodiquement dépassée (EPA, 2000b). Les mesures prises dans les années 70 ont été axées principalement sur la réduction des composés organiques volatils et, dans certains cas, des émissions de NO_x imputables aux usines et véhicules dans les régions les plus

Impact de la pollution atmosphérique sur la santé en Amérique du Nord

Il apparaît que la pollution atmosphérique favorise grandement certaines maladies respiratoires et cardiovasculaires. Environ 80 millions d'Américains sont exposés à des niveaux de pollution atmosphérique susceptibles de porter atteinte à leur santé et plus de 2 % des décès sont imputables chaque année à la pollution atmosphérique (PNUD, PNUE, Banque mondiale et WRI, 1998). Cette pollution est liée également à l'augmentation alarmante de la prévalence de l'asthme chez les enfants et les adolescents au cours des 20 dernières années. Plus de 5,5 millions d'enfants souffrent d'asthme en Amérique du Nord, où l'impact de la pollution de l'environnement sur la santé des enfants se voit assigner un rang de priorité élevé.

suspension ont diminué de 40 % depuis 1980, mais il ressort de recherches récentes que des concentrations ne dépassant absolument pas les niveaux acceptables risquent de compromettre gravement la santé en raison de la présence de fines particules en suspension émises principalement par les véhicules et les centrales. Aussi les normes nord-américaines pour les particules ont-elles été adaptées (EC, 1999 ; EC, 2000a ; OMA 2000).

L'appauvrissement de la couche d'ozone stratosphérique

Les régions septentrionales de l'Amérique du Nord souffrent gravement de l'appauvrissement de l'ozone stratosphérique. À la suite du Protocole de Montréal relatif à des substances qui appauvrissent la couche d'ozone (1987), les États-Unis et le Canada se sont engagés à prendre des mesures afin de protéger la couche d'ozone stratosphérique. Le Canada a adopté en 1990, pour la reformuler en 1999, une réglementation rigoureuse, qui a permis de réduire la production plus rapidement que ne l'exigeait le protocole, de 27 800 tonnes/an en 1987 à 900 tonnes/an en 1996 (EC, 2001). Aux États-Unis, l'utilisation et le commerce de substances menaçant l'ozone sont contrôlés par le biais d'un système de permis négociables et d'une redevance sur de telles substances. Le relèvement ultérieur du prix de ces substances a encouragé l'utilisation de substances de remplacement. Les deux pays ont ainsi ramené à zéro en 1996 leur consommation non indispensable de CFC (Potts, 2001).

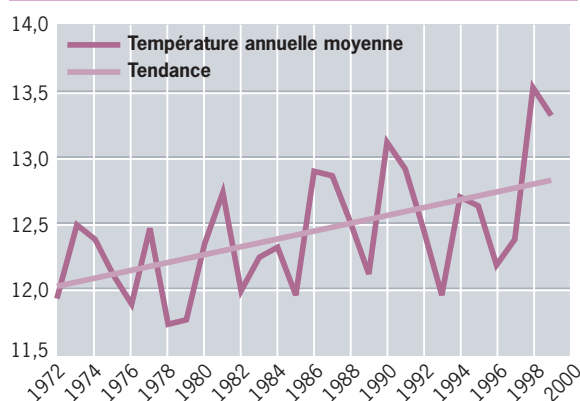
Les gaz à effet de serre et le changement climatique

Depuis 1972, le climat de l'Amérique du Nord s'est réchauffé considérablement, ce qui correspond à une tendance mondiale. Près de la moitié de la hausse moyenne de la température en surface enregistrée en Amérique du Nord au siècle dernier — soit plus de 0,6 °C — a eu lieu depuis la fin des années 70 (voir graphique). L'Amérique du Nord émet davantage de gaz à effet de serre que n'importe quelle autre région ; alors qu'elle représente environ 5 % de

la population mondiale, en 1998 elle a produit à peu près 26 % des émissions anthropiques mondiales de CO₂ (Marland, Boden et Andres, 2001). Son économie est une des économies du monde qui consomment le plus d'énergie. Le transport est la source la plus importante d'émissions de CO₂ ; en 1995, il a produit 30,1 % des émissions canadiennes (EC, 1998a), tandis qu'en 1993, les voitures et les camions légers ont produit plus de 20 % des émissions de CO₂ aux États-Unis (Glick, non daté). En 1997, le secteur des transports des États-Unis a produit environ 5 % des émissions anthropiques mondiales de CO₂ et consommé plus d'un tiers de l'énergie mondiale aux fins du transport (NRC, 1997 ; O'Meara Sheehan, 2001).

Deux hausses des prix brutales survenues sur le marché du pétrole dans les années 70 ont contribué à faire prendre conscience du fait que le pétrole n'était pas une ressource renouvelable. Des normes d'économie d'énergie applicables aux carrosseries et aux moteurs des nouvelles voitures ont été introduites dans les années 70 et

Températures moyennes aux États-Unis (°C)



Les températures annuelles moyennes ont augmenté aux États-Unis de plus 0,6 °C depuis la fin des années 70.

Source : DOC, NOAA et NCDC, 2000

renforcées dans les années 80 (OCDE, 1996 ; CEQ, 1997). Cependant, sous l'effet combiné de plusieurs facteurs, la consommation d'énergie a augmenté dans les années 80. On a noté un ralentissement des progrès réalisés en matière d'économie d'énergie dans l'ensemble et par habitant, et les émissions de CO₂ ont continué d'augmenter (CEQ, 1997 ; EC, 1997 ; OCDE, 1998).

On a eu beau redoubler d'efforts pour donner suite aux engagements consécutifs à la CCNUCC, cela n'a pas suffi pour freiner les émissions de CO₂ dans les années 90. En 1998, les émissions dépassaient respectivement de 14 et de 11 % les niveaux de 1990 au Canada et aux États-Unis (EPA, 2000a ; SRP, 2000). La production d'énergie à partir des sources renouvelables que sont l'hydroélectricité, le vent, le soleil, la biomasse et la géothermie augmentent, mais cela ne représente encore qu'une petite fraction des

besoins énergétiques, soit 7 % de la demande américaine d'énergie à des fins ménagères en 2000 (EIA, 2001).

Dans le secteur du transport, les progrès réalisés en matière d'économie d'énergie et de réduction des émissions des voitures ont été partiellement oblitérés par l'augmentation du nombre de voitures et des distances parcourues, ainsi que par une tendance qui s'est dessinée à partir de 1984 en faveur des camions légers et des véhicules loisir-travail (CEQ, 1997 ; EC, 1998a). Par exemple, de 1990 à 1995, les déplacements en voiture ont augmenté de 15 % au Canada, on s'est moins servi de la voiture en ville et la consommation totale de combustibles fossiles a augmenté de 6 % (EC, 1998b). En 1994, près de 60 % des familles américaines possédaient au moins deux voitures et 19 % en possédaient trois ou davantage (De Souza, 1999). Des parcs de stationnement bon marché et d'autres subventions cachées, comme les fonds pour le développement du réseau autoroutier, ainsi que le faible

prix des carburants, ont encouragé la dépendance à l'égard de la voiture (Miller et Moffat, 1993 ; EC, 1998a).

Conformément au Protocole de Kyoto de 1997, le Canada et les États-Unis s'étaient engagés à réduire, entre 2008 et 2012, leurs émissions de gaz à effet de serre respectivement de 6 et de 7 % en dessous des niveaux de 1990. Toutefois, au début de 2001, les États-Unis ont fait savoir que l'application du Protocole de Kyoto préjudicierait trop leur économie et qu'ils emprunteraient d'autres chemins pour faire face au changement climatique (EIA, 2001). À la Conférence des États parties à la CCNUCC tenue à Bonn en juillet 2001, on a réalisé un compromis — les forêts qui absorbent le carbone pouvant être échangées contre des émissions — et de ce fait le Canada pourrait réaliser plus de 20 % de son objectif quantitatif grâce à de tels crédits (MacKinnon, 2001).

Chapitre 2, atmosphère, Amérique du Nord. Références bibliographiques :

- CEC (1997). *Long-Range Transport of Ground Level Ozone and its Precursors*. Montréal (Canada), Commission for Environmental Cooperation
- CEC (2000). *Booming Economies, Silencing Environments, and the Paths to Our Future*. Montréal (Canada), Commission for Environmental Cooperation <http://www.cec.org> [Geo-2-026]
- CEQ (1997). *Environmental Quality — The World Wide Web : The 1997 Annual Report of the Council on Environmental Quality*. Washington (É.-U.), Maison-Blanche, Council on Environmental Quality
- De Souza, R.M. (1999). *Household Transportation Use and Urban Air Pollution : A Comparative Analysis of Thailand, Mexico, and the United States*. Washington (É.-U.), Population Reference Bureau
- DOC, NOAA et NCDC (2000). *Climate of 1999 Annual Review*. Asheville, North Carolina, US Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, National Climatic Data Center <http://ceq.eh.doe.gov/nepa/reports/statistics/tab6x1.html> [Geo-2-156]
- EC (1997). *Global Climate Change : The Greenhouse Gas Emissions Outlook to 2020*. Environnement Canada <http://www.ec.gc.ca/climate/fact/greenhou.html> [Geo-2-027]
- EC (1998a). *Canadian Passenger Transportation, National Environmental Indicator Series*. In *SOE Bulletin No. 98-5*. Ottawa (Canada), Environnement Canada, State of the Environment Reporting Program
- EC (1998b). *Cars more efficient, but Canadians driving more. Science and the Environment Bulletin*. June 1998
- EC (1999). *Canada Signs International Agreement on Acid Rain and Smog Reductions*. Environnement Canada http://www.ec.gc.ca/press/acidrn_n_e.htm [Geo-2-029]
- EC (2000a). *Clean Air*. Environnement Canada http://www.ec.gc.ca/air/introduction_e.cfm [Geo-2-030]
- EC (2000b). *Canada and the United States Reach a Draft Agreement to Reduce Transboundary Smog*. Environnement Canada http://www.ec.gc.ca/press/001013_n_e.htm [Geo-2-031]
- EC (2001). *Stratospheric Ozone*. Environnement Canada http://www.ec.gc.ca/ind/English/Ozone/Bulletin/stin_d1_e.cfm [Geo-2-032]
- EPA (1997a). *Regional Approaches to Improving Air Quality*. Environmental Protection Agency des États-Unis <http://www.epa.gov/oar/oaqps/airtrans/groundoz.html> [Geo-2-040]
- EPA (1997b). *National Ambient Air Quality Standards for Ozone : Final Rule*. Federal Register, 62, 38856-96. Washington (É.-U.), Environmental Protection Agency
- EPA (2000a). *National Air Quality and Emissions Trends Report, 1999*. Environmental Protection Agency <http://www.epa.gov/oar/aqtrnd98/html/> [Geo-2-042]
- EPA (2000b). *National Air Quality and Emissions Trends Report, 1998*. Environmental Protection Agency <http://www.epa.gov/Ozone/title6/phaseout/phasfrmtxt> [Geo-2-041]
- EPA (2001). *Average Annual Emissions, All Criteria Pollutants*. Environmental Protection Agency http://www.epa.gov/ttn/chief/trends/trends99/tier3_yrsemis.pdf [Geo-2-043]
- Glick, P. (non daté). *Global Warming : The High Costs of Inaction*. The Sierra Club : Understanding Green Markets Project <http://www.sierraclub.org/globalwarming/resources/inaction.asp> [Geo-2-033]
- Hancey, C. (1999). *Particulate Matter, Ground-Level Ozone, and the Canada-Wide Standards Regulatory Process*. The Sierra Club <http://www.sierraclub.ca/national/climate/ground-level-ozone.html> [Geo-2-034]
- MacKinnon, Mark (2001). *Pollution Pact Hailed as Crucial First Step*. *The Globe and Mail*, 24 July 2001, A1
- Marland, G., Boden, T.A. et Andres, R.J. (2001). *Global, Regional, and National Fossil Fuel CO2 Emissions*. US Department of Energy, Carbon Dioxide Information Analysis Center http://cdiac.esd.ornl.gov/trends/emis/tre_amd.html [Geo-2-035]
- Miller, P. et Moffet, J. (1993). *The Price of Mobility : Uncovering the Hidden Costs of Transportation*. New York (É.-U.), Natural Resources Defense Council
- Munton, D. (1998). *Dispelling the myths of the acid rain story*. *Environment*, 40, 6, 27-33
- NRC (1997). *Vehicle emissions*. *National Research Council*. XLVII, 3, 10
- O'Meara Sheehan, M. (2001). *Making better transportation choices*. In L. Starke (ed.), *State of the World 2001*. New York (É.-U.), W.W. Norton
- OCDE (1996). *Environmental Performance Reviews : United States*. Paris (France), Organisation de coopération et de développement économiques
- OCDE (1998). *Environmental Indicators : Towards Sustainable Development*. Paris (France), Organisation de coopération et de développement économiques
- OMA (2000). *The Illness Costs of Air Pollution*. Ontario Medical Association <http://www.oma.org/phealth/icap.htm> [Geo-2-036]
- PNUD, PNUE, Banque mondiale et WRI (1998). *World Resources 1998-99*. Washington (É.-U.), Institut des ressources mondiales
- Potts, J. (2001). *Ozone Depletion and the Illegal Trade of Ozone Depleting Substances*. Rapport inédit. Montréal (Canada), Commission for Environmental Cooperation
- SRP (2000). *The Sustainability Report*. Sustainability Reporting Program <http://www.sustreport.org> [Geo-2-037]
- US EIA (1999). *International Energy Annual 1999*. United States Energy Information Administration <http://www.eia.doe.gov/emeu/iea/tablef8.html> [Geo-2-038]
- US EIA (2001). *Energy Information Brief — United States of America*. Washington (É.-U.), US Energy Information Administration <http://www.eia.doe.gov/emeu/cabs/usa.html> [Geo-2-039]

L'atmosphère : Asie occidentale

Qualité de l'air

Par rapport à l'Europe et aux États-Unis, l'Asie occidentale a un niveau d'industrialisation moins élevé, mais la pollution atmosphérique y a connu des « pics » sous l'effet de l'accroissement de la population, de l'urbanisation et de la multiplication des industries liées au pétrole et aux autres activités industrielles. Dans les grandes villes et les complexes industriels, les concentrations des principaux polluants atmosphériques dépassent souvent de 2 à 5 fois les normes de l'OMS (Banque mondiale, 1995).

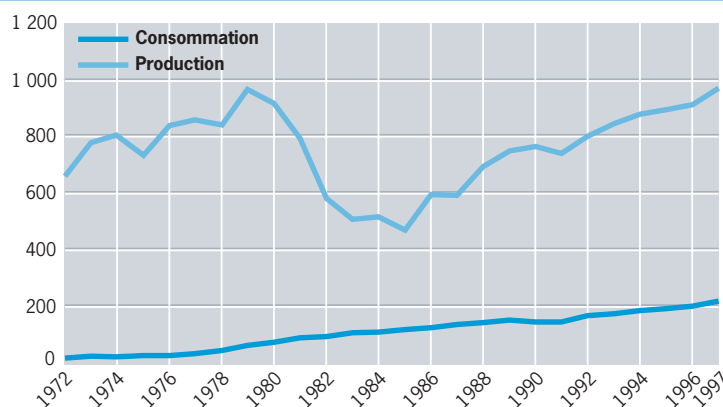
La combustion de combustibles fossiles est la cause principale de la pollution atmosphérique et la principale source des émissions anthropiques de CO₂. Elle vient en tête de la production d'énergie primaire commerciale en Asie occidentale, production qui est passée de 665,5 millions de tonnes équivalent-pétrole en 1972 à 974,2 millions de tonnes en 1997, alors que la consommation d'énergie augmentait, passant de 27 millions à 229,5 millions de tonnes pour la même période (compilation à partir de l'AIE, 1999).

Dans les pays du Conseil de coopération du Golfe (CCG), les principales sources de pollution atmosphérique sont les raffineries de pétrole, les centres de stockage, les plates-formes pétrolières, les usines pétrochimiques et les usines d'engrais, ainsi que les véhicules à moteur. Dans les pays du Machrek, des techniques obsolètes utilisées spécialement dans les centrales, les usines d'engrais, fonderies et cimenteries ont entraîné une détérioration de la qualité de l'air non seulement dans les sites industriels, mais également dans les établissements avoisinants. Parmi les polluants atmosphériques émis, les particules en suspension sont une source de grave préoccupation, leurs niveaux étant de loin supérieurs aux concentrations maximales autorisées. On évalue à près de 188 millions de dollars par an les pertes économiques imputables à l'impact de la mauvaise qualité de l'air sur la santé en Syrie (Banque mondiale et PNUD, 1998). Toutefois, une tendance est apparue récemment en Asie occidentale, et en particulier dans les pays du CCG, qui consiste à adopter des méthodes de production plus propres dans l'industrie, surtout dans les grands complexes pétroliers, pétrochimiques et métallurgiques et dans les usines d'engrais.

La cimenterie pollue l'atmosphère

La cimenterie, qui est la principale source industrielle des émissions de CO₂ dans la sous-région du Machrek, émet aussi de grandes quantités de poussière, poussière qui se pose sur la végétation avoisinante et compromet la santé et les écosystèmes. Au Liban, la cimenterie est responsable de 77,2 % des émissions industrielles (Gouvernement libanais, 1998). En Syrie, les particules émises par une cimenterie proche de Damas font que les niveaux de particules en suspension excèdent les normes admises dans un rayon de 3 kilomètres, ce qui se traduit par des maladies thoraciques et des affections respiratoires chez les travailleurs des communautés voisines (CAMRE et PNUE, 1997).

Consommation et production d'énergie en Asie occidentale (millions de tonnes équivalent-pétrole/an)



L'augmentation du parc automobile, la mauvaise gestion de la circulation, le vieillissement des voitures et les embouteillages dans les grandes villes élèvent le niveau de la pollution atmosphérique. Beaucoup de voitures sont mal entretenues et environ 30 % d'entre elles ont plus de 15 ans et produisent des émissions d'hydrocarbures et de NO_x beaucoup plus élevées que ne le feraient des voitures nouvelles (Banque mondiale et PNUD, 1998). En outre, l'essence au plomb est toujours utilisée dans beaucoup de pays, ce qui aggrave les problèmes de santé dans les villes et le long des grandes routes (Banque mondiale, 1995). Soucieux de venir à bout de ce problème, certains pays ont entrepris d'éliminer l'essence au plomb. Les pays du Conseil de coopération du Golfe et le Liban ont introduit l'essence sans plomb ; c'est le seul carburant produit à Bahreïn depuis juillet 2000 (BAPCO, 2000).

Outre la pollution atmosphérique causée par les activités humaines, les tempêtes saisonnières de sable et de poussière contribuent à la pollution atmosphérique en Asie occidentale en général et, en particulier, le long des côtes septentrionales du golfe Persique (ROPME, 1999). Les tempêtes de sable absorbent des polluants comme les pesticides et peuvent transporter ceux-ci sur de longues distances, avec les conséquences néfastes que cela comporte pour l'environnement, l'économie et la qualité de la vie. On estime que le montant annuel des retombées de poussières le long de la zone côtière du Koweït peut atteindre 1 000 tonnes/km² avec une concentration moyenne générale de 200 µg/m³ (Khalaf et autres, 1980 ; EPA, 1996).

La pollution atmosphérique transfrontière est un nouveau problème dans la région. Pour y remédier, il faut adopter des mesures et une réglementation plus strictes en matière d'émissions, encourager le recours à des techniques modernes et efficaces, et restructurer le prix des ressources énergétiques. Si l'on entend réduire la consommation d'énergie et les émissions corrélatives de gaz à effet de serre, il faut adopter des programmes de maîtrise de l'énergie dans les centrales et dans les secteurs du pétrole, du transport, de l'industrie, de l'agriculture et du logement.

La production d'énergie en Asie occidentale a dépassé le niveau maximum atteint en 1979 ; la consommation continue d'augmenter d'environ 3,5 % par an.

Source : Compilation établie à partir de l'AIE, 1999.

Appauvrissement de la couche d'ozone stratosphérique

Les États d'Asie occidentale (sauf l'Iraq) ont adhéré à la Convention de Vienne et au Protocole de Montréal, ainsi qu'à leurs modifications. Tous les pays de la région utilisent des substances menaçant l'ozone, mais tous n'en produisent pas ; on a mis au point des programmes nationaux et régionaux en vue de réglementer l'importation et l'utilisation desdites substances. On a édicté des règlements en vue de préciser les caractéristiques de ces substances et d'en contrôler les émissions, et l'on a créé des bureaux et comités de coordination de l'ozone chargés de surveiller les activités des sociétés qui consomment, manipulent et stockent ces produits chimiques. Les entreprises éliminent progressivement les substances menaçant l'ozone et la plupart des pays en ont gelé la consommation, comme l'exige le Protocole de Montréal. Il va falloir s'attaquer à l'élimination du bromure de méthyle, qui est toujours consommé en Jordanie, au Liban et en Syrie.

Changement climatique

La région d'Asie occidentale a peu de chance d'échapper au changement climatique. La péninsule Arabique et un certain nombre d'îles (comme Bahreïn) seront probablement exposés au risque de la hausse du niveau des mers. Des variations thermiques et des modifications du régime des pluies auront un impact sur les ressources

en eau et la capacité de production alimentaire. Dans certains pays, surtout dans les pays insulaires tels Bahreïn, l'impact sur le changement climatique se voit attribuer un degré élevé de priorité.

À la suite de la ratification de la CCNUCC, des comités nationaux sur les changements climatiques ont été créés et certains pays ont commencé à surveiller la qualité de l'air et les paramètres météorologiques. Plusieurs pays (Bahreïn, Jordanie et Liban) ont réalisé un inventaire des gaz à effet de serre et d'autres pays s'y attellent. Ces inventaires révèlent des chiffres qui dépassent respectivement de 59, 72 et 25 % (AGU et MoHME, 2000 ; GCEP, 1997 ; Gouvernement libanais, 1998) ce que signalaient le PNUD, le PNUE, la Banque mondiale et l'Institut mondial pour les ressources naturelles (1998).

Les émissions de CO₂ par habitant sont passées en Asie occidentale de 4,7 tonnes/an en 1972 à 7,4 tonnes/an en 1998, faisant ainsi écho aux tendances régionales en matière d'accroissement de la population, de développement et d'industrialisation. Les émissions dans les pays où les émissions par habitant étaient très élevées (Koweït, Qatar et Émirats arabes unis) ont chuté pendant cette période (Marland, Boden et Andres, 2001). Cette diminution est un des résultats des politiques nationales reposant sur des mesures et des programmes encourageant la mise au point d'énergies plus propres, l'introduction de techniques nouvelles à meilleur rendement et l'établissement de normes de qualité de l'air.

Chapitre 2, atmosphère, Asie de l'Ouest. Références bibliographiques :

AGU et MoHME (2000). *Bahrain Inventory of Greenhouse Gas Emissions Report under UNEP/GEF Project 2200-97-46*. Manama (Bahreïn), Arabian Gulf University et Ministère du logement, des municipalités et de l'environnement

AIE (1999). *Energy Balances of Non-OECD countries 1971-97*. Paris (France), Organisation de coopération et de développement économiques, Agence internationale de l'énergie

Banque mondiale (1995). *Middle East and North Africa Environmental Strategy : Towards Sustainable Development*. Washington (É.-U.), Banque mondiale

Banque mondiale et PNUD (1998). *State of the Environment in Syria*. Londres (R.-U.), Environmental Resources Management

BAPCO (2000). BAPCO Site for Information on the Introduction of Unleaded Gasoline. Frequently Asked Questions. Bahrain Petroleum Company
<http://www.unleadedbahrain.com/english/faq.htm#3> [Geo-2-044]

CAMRE et PNUE (1997). Study on the Application of the General Guidelines for the Identification of the Environment Impacts of Industry : Case Study on Adra Factory for Cement and Construction Materials in Syria. Damas (Syrie), Centre de recherche environnementale et scientifique, Commission générale chargée des affaires environnementales
EPA (1996). *Environment Protection Authority Annual Report*. Koweït City, Environment Protection Authority
GCEP (1997). *Initial Communication Report under the UN Framework Convention on Climate Change*. Amman (Jordanie), General Cooperation of Environment Protection

Gouvernement libanais (1998). *The First National Inventory of Greenhouse Gas Emission by Sources and Removals Sinks, Final Report*. Beyrouth (Liban), Programme des Nations Unies pour l'environnement, Fonds pour l'environnement mondial, Ministère libanais de l'environnement

Khalaf, F., Kadib, A., Gharib, I., Al-Hashash, M., Al-Saleh, A., Al-Kadi, A., Desouki, M., Al-Omran, L., Al-

Ansari, L., Al-Houti et Al-Mudhian, L. (1980). *Dust Fallout (Toze) in Kuwait : Mineralogy, Granulometry and Distribution Pattern*. Report No. KISR/PPI 108/EES-RF-8016. Koweït, Kuwait Institute for Scientific Research

Marland, G., Boden, T.A. et Andres, R.J. (2001). *Global, Regional, and National Fossil Fuel CO2 Emissions*. US Department of Energy, Carbon Dioxide Information Analysis Center

http://cdiac.esd.ornl.gov/trends/emis/tre_and.htm [Geo-2-035]

PNUD, PNUE, Banque mondiale et WRI (1998). *World Resources 1998-99*. Londres (R.-U.) et New York (É.-U.), Oxford University Press

ROPME (1999). *Regional Report of the State of Environment*. Koweït, Organisation régionale pour la protection du milieu marin

L'atmosphère : les régions polaires

Les questions atmosphériques essentielles qui se posent dans l'Arctique et l'Antarctique sont l'appauvrissement de la couche d'ozone stratosphérique, le transport sur de longues distances des polluants atmosphériques et le réchauffement associé au changement climatique mondial. Ces problèmes sont imputables principalement à des activités anthropiques qui ont lieu dans d'autres parties du monde.

L'appauvrissement saisonnier de l'ozone stratosphérique au-dessus de l'Antarctique, et plus récemment au-dessus de l'Arctique, est un des principaux problèmes écologiques régionaux depuis qu'on l'a observé en 1985 (Farman et autres, 1985). La profondeur, la superficie et la durée du trou d'ozone antarctique n'ont cessé d'augmenter, pour atteindre leur apogée à environ 29 millions km² en septembre 2000 (OMM, 2000 ; NASA, 2001).

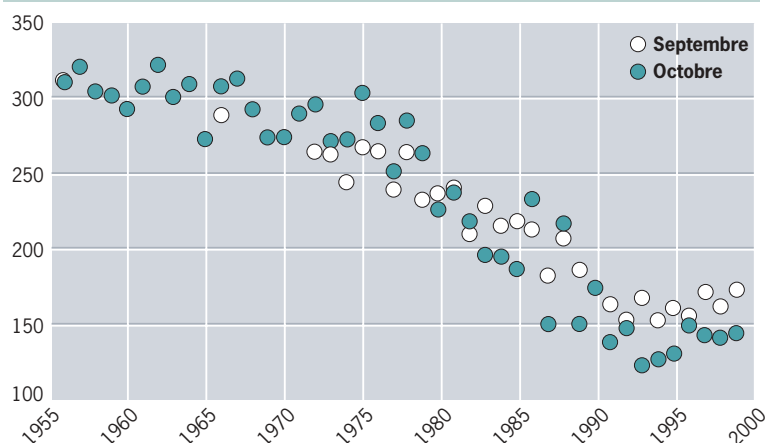
Dans l'Arctique, les niveaux annuels moyens de l'ozone ont diminué de 10 % dans les années 90 par rapport à la fin des années 70, ce qui accroît le risque de cécité des neiges et de coup de soleil pour les gens qui y vivent, du fait que l'azimut solaire est peu élevé et que le manteau neigeux est réfléchissant. L'exposition au rayonnement ultraviolet n'a jamais été très prononcé, car le soleil est bas, et l'augmentation du rayonnement nocif (pour la vie végétale et animale) est proportionnellement plus importante que sous les latitudes moyennes.

La reconstitution de la couche d'ozone stratosphérique dans les régions polaires dépend avant tout de l'application du Protocole de Montréal. Aussi les efforts déployés par les pays pour éliminer l'utilisation des substances qui appauvrissent l'ozone, même lorsqu'ils se situent loin des pôles, revêtent-ils une importance extrême (PNUE, 2000).

Les écosystèmes naturels des régions polaires ont une faible capacité d'adaptation et sont extrêmement vulnérables au changement climatique. Celui-ci devrait revêtir un caractère plus accentué dans les régions polaires qu'ailleurs (on a observé une tendance au réchauffement allant jusqu'à 5 °C sur de vastes étendues arctiques, même si les températures ont diminué dans certaines régions de l'est du Canada) et il aura probablement un important impact physique, écologique, social et économique sur l'Arctique et l'Antarctique (GIEC, 2001a et b). Sous l'effet d'une oscillation naturelle ou du changement climatique mondial, la température atmosphérique de l'Antarctique est en train de subir des changements. On observe une tendance marquée au réchauffement dans la péninsule antarctique, qui s'accompagne d'une perte spectaculaire de plates-formes flottantes et une augmentation de la couverture végétale terrestre supérieure, même si l'Arctique comporte également des zones de refroidissement prononcé — par exemple, au pôle Sud (Neff, 1999).

Il est presque établi que le changement climatique est responsable de la diminution de l'étendue et de l'épaisseur

Niveaux mensuels moyens d'ozone à Halley Bay dans l'Antarctique (unités Dobson)



de la glace de l'Arctique, du dégel du permafrost, de l'érosion côtière, de la modification de la nappe de glace et des plates-formes flottantes et de la modification de la répartition et de l'abondance des espèces dans les régions polaires (GIEC, 2001a). La tendance au réchauffement a d'autres effets, notamment une augmentation enregistrée de 15 % des précipitations arctiques, une augmentation des épisodes orageux, des printemps plus précoces et une survenance plus tardive du gel, ainsi qu'une diminution de la salinité marine (AMAP, 1997). Le dégel du permafrost est susceptible d'aggraver les conséquences du changement climatique ; par exemple, les émissions de méthane provenant de la toundra peuvent augmenter, tandis que la diminution de la neige extrêmement réfléchissante et de la couverture de glace ne peut qu'accroître le réchauffement. Ces effets peuvent

Niveaux mensuels moyens d'ozone relevés à Halley Bay au début du printemps antarctique.

Source : BAS, 2000.

Le permafrost s'étend sur 58 % du territoire de la Fédération de Russie. De nombreux établissements humains, usines et infrastructures industrielles se trouvent dans cette zone. Compte tenu de la tendance actuelle au réchauffement, la frontière de la zone de permafrost pourrait être repoussée de 300 à 400 kilomètres vers le nord d'ici à 2100. – Interagency Commission, 1998.

s'exercer pendant des siècles, longtemps après que les concentrations de gaz à effet de serre auront été stabilisées, et risquent de s'avérer irréversibles en ce qui concerne la nappe de glace, la circulation océanique mondiale et la hausse du niveau des mers (GIEC, 2001a).

La plupart des pays industrialisés se trouvant dans l'hémisphère Nord, l'Arctique est plus exposé à la pollution atmosphérique d'origine anthropique que ne l'est l'Antarctique. Les vents dominants emportent des substances polluantes, notamment des métaux lourds, des polluants organiques persistants et parfois des radionucléides, vers l'Arctique où elles peuvent rester en

Transport à longue distance des polluants vers les régions polaires

Certaines substances toxiques persistantes, notamment les polluants organiques persistants et le mercure, peuvent devenir volatils dans l'air chaud et être transportés par des masses d'air. Après dépôt, elles peuvent rentrer à nouveau dans l'atmosphère et poursuivre leur déplacement pour devenir des polluants à longue distance. Le processus peut se poursuivre jusqu'à ce qu'elles atteignent les zones polaires plus froides où elles se condenseront dès lors sous la forme de particules ou de flocons de neige qui finiront par retomber sur le sol. Étant peu solubles dans l'eau et très solubles dans les graisses, elles sont facilement incorporées aux réseaux alimentaires polaires riches en graisse et s'accumulent dans les biotes. Des conditions climatiques rigoureuses se combinant avec les propriétés physicochimiques des substances toxiques persistantes, les régions polaires, l'Arctique en particulier, créent un puits pour ces substances dont les niveaux peuvent finir par être plus élevés que dans les régions sources (AMAP, 1997). La mise en œuvre de la Convention de Stockholm sur les polluants organiques persistants, signée en mai 2001, pourrait aboutir à réduire les dépôts de pareilles substances dans les régions polaires.

suspension dans l'air pendant des semaines ou des mois et être transportées sur de longues distances (Crane et Galasso, 1999). Les niveaux de certains types de polluants sont à ce point élevés sur une grande partie de l'Arctique qu'on ne peut les attribuer à des sources sises dans la région ; ils viennent de beaucoup plus loin au sud.

Les principales sources de radionucléides anthropiques dans l'Arctique comprennent les retombées d'essais nucléaires, les rejets d'usines de retraitement du combustible nucléaire et les retombées de l'accident survenu dans la centrale nucléaire de Tchernobyl en 1986. Après cet accident, on a enregistré une augmentation importante de la radioactivité chez les populations autochtones de l'Arctique, en particulier chez celles qui consomment des quantités importantes d'aliments qui concentrent du césium radioactif, comme la viande de renne, les poissons d'eau douce, les champignons et les baies. Ce phénomène a été observé principalement de 1986 à 1989 chez les Samis de Norvège et de Suède et jusqu'en 1991 chez les populations autochtones de la péninsule de Kola (Fédération de Russie). Depuis lors, les niveaux sont retombés progressivement à ce qu'ils étaient avant l'accident (AMAP, 1997).

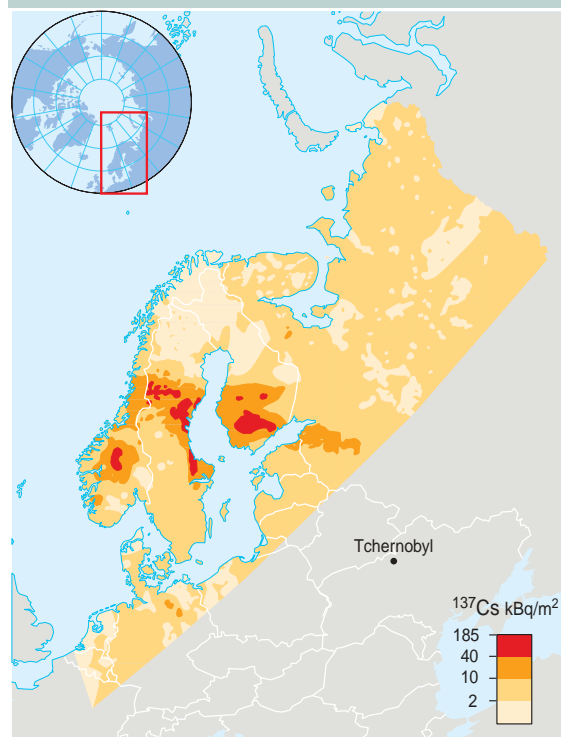
Les complexes industriels de la Fédération de Russie sont une source importante de pollution atmosphérique dans l'Arctique. Les émissions de composés de soufre et de métaux lourds provenant des fonderies ont beaucoup contribué au dépérissement des forêts de la péninsule de Kola et diminué le nombre d'espèces que comptait la région. La zone gravement touchée par la pollution atmosphérique dans le voisinage des fonderies de Nickel-

Pechenga et de Varanger est passée d'environ 400 km² en 1973 à 5 000 km² en 1988 (AMAP, 1997). Depuis 1990, les émissions provenant des fonderies russes ont diminué ou se sont stabilisées, principalement du fait du ralentissement de l'économie.

Le niveau de la pollution atmosphérique dans l'Arctique est à ce point élevé que la « brume arctique » est à présent considérée comme un grave problème. L'expression est née dans les années 50 pour décrire une réduction inhabituelle de la visibilité que les pilotes des avions américains de reconnaissance météorologique avaient observée en survolant les hautes latitudes arctiques. Cette brume est saisonnière, avec un pic au printemps, et provient de sources anthropiques d'émission situées hors de l'Arctique. Les aérosols de brume sont essentiellement soufrés (jusqu'à hauteur de 90 %) et proviennent de la combustion de charbon sous les latitudes moyennes du nord, en particulier en Europe et en Asie. Les particules sont à peu près de la même taille que la longueur d'onde de la lumière visible, ce qui explique pourquoi la brume est à ce point visible à l'œil nu.

L'amélioration de l'état de l'environnement polaire est tributaire avant tout des politiques et mesures mises en œuvre par ceux qui vivent tant dans la région qu'en

Contamination radioactive après Tchernobyl



Niveaux de césium 137 (1 000 Bq/m²) en Scandinavie, en Finlande et dans la région de Leningrad après l'accident de Tchernobyl en 1986

Source : AMAP, 1997.

L'importance de la brume arctique

La découverte de la brume arctique a fait litier de l'idée que la pollution par les aérosols ne pouvait avoir qu'un caractère local ou régional. L'air froid et sec des régions polaires permet aux particules de rester en suspension non pas pendant des jours entiers, mais pendant des semaines, ce qui à son tour permet aux polluants soufrés de se répandre à partir de sources industrielles situées en Eurasie à travers tout l'Arctique et en Amérique du Nord. Les particules de brume peuvent faciliter le transport de métaux et autres polluants vers la région polaire et à l'intérieur de celle-ci, et entraîner le dépôt de ces polluants sous la forme de précipitation au-dessus des grandes surfaces océaniques entourant l'Arctique (AMAP, 1997).

dehors. Les pays arctiques doivent prendre un certain nombre de mesures pour améliorer la qualité de l'air. Ils doivent notamment signer la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance et les protocoles s'y rapportant et appuyer la mise en oeuvre de la Convention de Stockholm sur les polluants organiques persistants. En outre, il faut savoir que des mesures de réglementation prises aux États-Unis et au Canada ont réduit les émissions de certains polluants organiques

persistants, de métaux lourds et de composés de soufre. Le succès des initiatives visant à remédier à l'appauvrissement de la couche d'ozone stratosphérique dépendra de l'application réussie du Protocole de Montréal par tous les pays (PNUE, 2000).

Eu égard à l'augmentation prévue de la température moyenne dans le monde, le changement climatique va exercer des pressions importantes sur les régions polaires au cours du XXI^e siècle. Ces pressions seront probablement exacerbées par la grande vulnérabilité et la faible capacité d'adaptation des écosystèmes polaires et de certaines populations autochtones traditionnelles. Des initiatives de plus en plus nombreuses sont prises sur les plans national et international, mais on a à peine commencé à prendre des mesures visant à remédier au problème du changement climatique mondial. Aussi le principal défi que doit relever la région consiste-t-il à renforcer son potentiel d'adaptation au changement, afin de réduire les impacts négatifs. Les pays arctiques ont entrepris une évaluation d'impact du climat arctique qui devrait être terminée en 2003. Elle sera intégrée dans les études régionales du GIEC (ACIA, 2001).

Chapitre 2, atmosphère, régions polaires. Références bibliographiques :

- | | | |
|--|--|--|
| <p>ACIA (2001). Arctic Climate Impact Assessment. http://www.acia.uaf.edu</p> <p>AMAP (1997). <i>Arctic Pollution Issues : A State of the Arctic Environment Report</i>. Oslo (Norvège), Programme de surveillance et d'évaluation de l'Arctique</p> <p>BAS (2000). BAS Ozone Bulletin 01/00. British Antarctic Survey. http://www.nerc-bas.ac.uk/public/icd/jds/ozone/bulletins/bas0100.htm [Geo-2-100]</p> <p>Crane, K. et Galasso, J.L. (1999). <i>Arctic Environmental Atlas</i>. Washington (É.-U.), Office of Naval Research, Naval Research Laboratory</p> <p>Farman, J.C., Gardiner B.J. et Shanklin, J.D. (1985). Large losses of total ozone in Antarctica reveals seasonal ClO_x/NO_z interaction. <i>Nature</i>, 315, 207-10</p> <p>GIEC (2001a). Climate Change 2001 : Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the</p> | <p>Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge (R.-U.) et New York (É.-U.), Cambridge University Press</p> <p>GIEC (2001b). Climate Change 2001 : The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge (R.-U.) et New York (É.-U.), Cambridge University Press</p> <p>Interagency Commission (1998). <i>The Second National Communication to the UNFCCC</i>. Moscou (Féd. de Russie), Commission russe interinstitutions sur les changements climatiques</p> <p>NASA (2001). <i>Largest-ever ozone hole observed over Antarctica</i>. NASA Goddard Space Flight Center http://www.gsfc.nasa.gov/gsf/earth/enviro/ozone/ozone.htm [Geo-2-017]</p> <p>Neff, W.D. (1999). Decadal time scale trends and variability in the tropospheric circulation over the South Pole. <i>Journal of Geophysical Research-Atmospheres</i>, 104, 27217-51</p> | <p>OMM (2000). <i>Antarctic Ozone Bulletin 5/2000</i>. Genève, Organisation météorologique mondiale</p> <p>PNUE (2000). Report of the Twelfth Meeting of the Parties to the Montreal Protocol. PNUE, Secrétariat de l'ozone</p> <p>http://www.unep.org/ozone/12mop-9.shtml [Geo-2-019]</p> |
|--|--|--|

NOTRE ENVIRONNEMENT EN MUTATION : Chomutov (République tchèque)



1979



2000

La pollution due aux centrales thermiques brûlant du charbon en République tchèque durant de nombreuses années a franchi les monts Erzgebirge et pénétré en Allemagne – du bas à droite vers le haut à gauche sur les images de gauche.



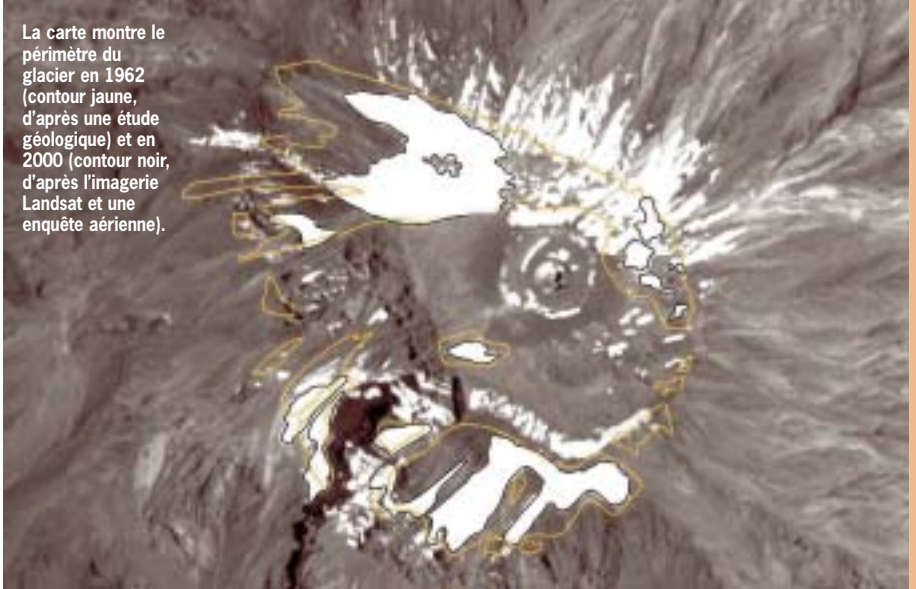
Les formes rectangulaires en vert correspondent à des mines à ciel ouvert de tourbe de mauvaise qualité à forte teneur en soufre brûlée dans les centrales thermiques. Cette combustion non seulement pollue l'atmosphère, mais aussi inflige de graves dommages aux forêts de l'Europe orientale.

Au début des années 1980 les arbres au-delà d'une certaine altitude ont commencé à dépérir. On en voit les effets à gauche et au centre sur les deux images. Dans le cliché pris en 1979, les parties foncées correspondent à des forêts denses en bon état. En 2000, dans les zones qui apparaissent en gris clair, la forêt a disparu, les arbres sont morts et le sol est dépouillé de son couvert végétal. Depuis, les arbres morts ou très malades ont été abattus, mais les efforts ultérieurs de reboisement ont généralement échoué.

NOTRE ENVIRONNEMENT EN MUTATION : le Kilimandjaro (Tanzanie)

Le mont Kilimandjaro, qui se trouve à environ 300 kilomètres au sud de l'Équateur, en Tanzanie, est la plus haute montagne d'Afrique. Avec ses neiges et glaces éternelles, il se dresse à près de 5 000 mètres au-dessus d'une plaine de savane vallonnée, et ne cesse de fasciner les habitants et les nombreux visiteurs qui parcourent la Tanzanie et le Kenya. Mais les glaciers du Kilimandjaro sont en train de disparaître en raison du réchauffement régional, qui est probablement lié au réchauffement mondial. La carte montre la perte de superficie des glaciers de 1962 à 2000. En 38 ans, le Kilimandjaro a perdu quelque 55 % de ses glaciers. Selon le Centre de recherche polaire Byrd de l'Université d'État de l'Ohio, le Kilimandjaro a perdu 82 % de la calotte de glace qu'il possédait, lorsqu'il a été étudié pour la première fois et méthodiquement en 1912.

La carte montre le périmètre du glacier en 1962 (contour jaune, d'après une étude géologique) et en 2000 (contour noir, d'après l'imagerie Landsat et une enquête aérienne).



Vue du flanc sud du Kibo (pic le plus élevé du Kilimandjaro).



Vue de la caldeira du Kibo



On aperçoit le trou qui s'approfondit sur le restant du flanc occidental du glacier nord.



Vestiges du flanc oriental du glacier nord.

