

Environnement

1 PRÉSENTATION

Environnement, ensemble des caractéristiques physiques, chimiques et biologiques des écosystèmes plus ou moins modifiées par l'action de l'homme.

Les sciences de l'environnement étudient les conséquences de ces modifications sur les plantes, les animaux et l'homme aussi bien à l'échelle de l'individu ou de l'écosystème que de toute la biosphère. Il convient de distinguer les sciences de l'environnement de l'écologie qui étudie (dans la mesure où il en existe encore) des milieux naturels ou peu modifiés. Le mot « environnement », d'origine anglaise, s'est substitué peu à peu au mot « milieu » vers la fin du XIX^e siècle.

2 IMPACT DE L'HOMME SUR LA BIOSPHERE

L'homme moderne, *Homo sapiens sapiens*, est apparu tardivement sur la Terre. Les premiers hommes, peu nombreux et dépourvus de moyens techniques, ont vécu pendant longtemps en harmonie avec leur milieu, comme les autres animaux. Ils étaient des chasseurs-cueilleurs qui avaient besoin, pour survivre, de bien connaître les plantes et les animaux. Cet équilibre a profondément changé avec la première révolution agricole, au néolithique, qui a favorisé l'érosion du sol et la régression de la végétation naturelle. Tant que les hommes sont restés peu nombreux et leurs moyens techniques rudimentaires, leur impact sur la nature a été limité et localisé.

Aujourd'hui, il y a plus de six milliards d'hommes sur Terre, et certaines régions sont surpeuplées. Les besoins en terres cultivables, en matières premières et en sources d'énergie croissent constamment et les moyens techniques permettant de modifier ou même de détruire le milieu ont une puissance considérable. En outre, les hommes se concentrent dans des villes dont l'air est de plus en plus pollué et ils perdent le contact avec la nature.

La dégradation de la biosphère qui en résulte a déjà, et aura des conséquences de plus en plus préoccupantes.

3 GLOBAL CHANGE

L'expression anglaise *global change*, qui signifie « changement global », désigne un ensemble de perturbations dues à l'homme qui affectent la totalité ou une partie importante de la biosphère. Beaucoup de programmes internationaux se consacrent à ce sujet qui comporte trois thèmes principaux : l'effet de serre, la couche d'ozone et les pluies acides (*voir* atmosphérique, pollution).

3.1 Effet de serre

L'utilisation des combustibles fossiles (charbon, pétrole, gaz naturel) libère dans l'atmosphère une partie du carbone qui était stocké dans le sous-sol sous la forme de carbone fossile (*voir* carbone, cycle du). La teneur de l'atmosphère en gaz carbonique était, semble-t-il, restée stable pendant des siècles et était de l'ordre de **290 parties par million (ppm)**. Elle a augmenté, depuis 1850 environ, et est **aujourd'hui de 350 ppm**. Ce changement important provoque déjà des modifications de l'état général de la biosphère, et entraîne en particulier une amplification de l'effet de serre. Depuis 1850, la température moyenne de la surface du globe a ainsi augmenté de près de 1 °C. Les spécialistes prévoient que, si l'augmentation de la teneur de l'atmosphère en gaz carbonique continue à ce rythme, l'élévation de température sera dans un siècle comprise entre 2 °C et 6 °C.

Si rien n'est fait pour enrayer ces rejets de gaz carbonique, la fonte d'une partie des glaces polaires entraînera une élévation du niveau des mers (estimée à **80 mètres en l'an 2100**), ce qui submergera des régions littorales, dont certaines sont très peuplées. À Paris, par exemple, seules les tours de Notre-dame émergeront. Le régime des pluies sera perturbé et des régions aujourd'hui favorables à la culture, comme les plaines du Middle West américain, se transformeront en déserts de poussière. Beaucoup d'animaux et de végétaux inadaptés aux températures élevées disparaîtront ou devront migrer vers des régions situées plus au nord.

Le gaz carbonique n'est pas le seul gaz capable d'augmenter l'effet de serre. Le méthane, dont les émissions ont pour origine la décomposition organique anaérobie (rizières, sols, décharges) et la fermentation microbienne de nourriture dans l'appareil digestif des animaux d'élevage, ainsi que les chlorofluorocarbones (CFC) ont le même effet et sont, eux aussi, libérés dans l'atmosphère en quantités croissantes.

L'augmentation de ces gaz à effet de serre est à relier d'une part à l'augmentation de la population mondiale, et d'autre part au développement des techniques industrielles et aux besoins qu'elles impliquent.

3.2 Couche d'ozone

Il existe dans la stratosphère, vers 40 Km d'altitude, une couche d'ozone (O₃) qui est formée par des réactions photochimiques : combinaison d'oxygène moléculaire (O₂) et d'oxygène atomique (O) libéré par le rayonnement solaire. Cette couche d'ozone arrête une grande partie des rayons ultraviolets solaires et sans elle aucune vie ne serait possible sur Terre. Une diminution inquiétante de la quantité d'ozone au-dessus de l'Antarctique a été détectée entre 1970 et 1980. Cette destruction de l'ozone est liée à l'utilisation dans diverses industries (climatisation, réfrigération, solvants, aérosols) de composés à base de fluor et de chlore (le plus connu étant le Fréon) que l'on appelle communément les chlorofluorocarbones (CFC). Les CFC, dont la durée de vie est de 60 à 120 ans, s'élèvent jusqu'à la stratosphère, où les rayons solaires les dissocient, libérant leur chlore très réactif qui, brisent les molécules d'ozone. Chaque molécule de chlore peut détruire jusqu'à **100 000 molécules** d'ozone sans disparaître pour autant.

L'exposition à des doses de rayons ultraviolets plus importantes que la normale entraîne des conséquences néfastes pour les animaux et les végétaux. Les ultraviolets ralentissent le

processus de la photosynthèse, affectent la croissance du phytoplancton dans les océans et semblent, au moins en partie, responsables de phénomènes restés longtemps mystérieux comme la disparition progressive sur toute la Terre des amphibiens (crapauds, grenouilles, salamandres). Chez l'homme, les actions les plus évidentes des rayons ultraviolets sont l'augmentation du nombre de cancers de la peau et des cataractes, ainsi que la baisse d'activité du système immunitaire qui intervient en particulier dans la lutte contre les maladies infectieuses.

Le trou dans la couche d'ozone ne se limite plus à l'Antarctique. Il commence à apparaître d'une façon saisonnière au-dessus des régions peuplées des latitudes moyennes de l'hémisphère Nord. Compte tenu de cette menace, beaucoup de pays ont abandonné et interdit la production et l'utilisation des CFC. Cela a fait l'objet d'un accord international, le protocole de Montréal, signé en 1986. Toutefois, ces produits demeurant dans la stratosphère, pendant plusieurs décennies, la diminution de la couche d'ozone va se poursuivre. Reste à savoir si la biosphère pourra neutraliser à long terme les effets de cette action humaine.

3.3 Pluies acides

Les pluies acides sont, comme l'effet de serre, une conséquence de l'utilisation des combustibles fossiles. Elles sont provoquées par les rejets de dioxyde de soufre (ou gaz sulfureux) et d'oxyde d'azote dans l'atmosphère lors de la combustion qui a lieu dans les centrales thermiques, les chaudières de chauffage central ou les véhicules à moteur. Ces produits, en présence des rayons ultraviolets solaires, réagissent avec la vapeur d'eau atmosphérique et avec des oxydants comme l'ozone, se transformant en acide sulfurique et en acide nitrique, qui sont entraînés loin de leur lieu de production par les courants atmosphériques. Ces particules acides se déposent et s'accumulent sur les feuilles des arbres, puis sont lessivées par la pluie ou la neige. Ce lessivage entraîne alors une augmentation de l'acidité dans le sol.

L'acidité se mesure en déterminant le pH, qui est d'autant plus bas que l'acidité est plus forte. Les pluies normales ont un pH moyen de 5,6. Par définition, les pluies acides sont celles dont le pH est inférieur à 5,6. Dans le nord-ouest de l'Europe, le pH moyen des pluies est aujourd'hui de 4,3 et on a enregistré aux États-Unis un pH record de 2,3, égal à celui du vinaigre. Les pluies acides sont un exemple de pollution sans frontières. Celles qui dégradent les eaux douces du sud de la Norvège et font disparaître les poissons ont leur origine dans les zones industrielles d'Allemagne et d'Angleterre et celles qui provoquent le dépérissement des forêts d'érables à sucre au Québec proviennent du nord-est des États-Unis.

Les pluies acides corrodent les métaux, altèrent les édifices en pierre, détruisent la végétation, acidifient les lacs dont les poissons disparaissent. Elles ralentissent la croissance des arbres et sont responsables, au moins en partie, du dépérissement des forêts qui sévit en Europe et en Amérique du Nord.

4 POLLUTIONS LOCALISÉES

À côté des pollutions généralisées à presque toute la planète existe un grand nombre de pollutions, encore relativement localisées, mais qui se répandent de plus en plus.

4.1 Pollution atmosphérique

Un phénomène voisin des pluies acides est celui de la pollution de l'air des villes par le dioxyde de soufre provenant de la combustion de combustibles fossiles dans les chaudières de chauffage et par les oxydes d'azote rejetés avec les gaz d'échappement des véhicules à moteur. L'air pollué des villes contient de l'ozone, des oxydes d'azote et de l'acide sulfurique. Dans certaines agglomérations, comme Los Angeles ou Athènes, situées dans des régions ensoleillées, il se forme fréquemment une couverture grisâtre — renfermant des gaz toxiques — due aux réactions photochimiques activées par les rayons solaires. Ce brouillard toxique est connu sous le nom de « smog ». Ce genre de pollution commence à s'installer dans d'autres grandes villes européennes comme à Paris, où plusieurs alertes à la pollution ont déjà eu lieu. L'épisode de smog qui a sévi à Londres en décembre 1952 a causé la mort d'environ 4 000 personnes. Cette pollution atmosphérique est responsable d'un nombre croissant d'affections respiratoires, surtout chez les enfants et les adultes fragiles. Les coûts induits par la corrosion des métaux, des pierres et autres matériaux par l'air pollué des villes étaient déjà estimés à 500 millions d'euros par an en 1980.

Si la production de combustibles pauvres en soufre a fait régresser la pollution due au dioxyde de soufre, la seule solution contre la pollution par le dioxyde d'azote réside dans une réduction importante de la circulation des véhicules à moteur en ville (*voir* automobile, pollution).

La pollution provoquée par l'action de l'homme n'est pas un phénomène nouveau. On a retrouvé dans les glaces du Groenland du plomb dont une partie date de l'Antiquité romaine. À cette époque, la production d'objets en plomb était déjà importante, et elle se faisait à l'air libre, ce qui provoquait le rejet dans l'atmosphère de grandes quantités de ce métal très toxique. C'est la plus ancienne pollution à grande échelle jamais mise en évidence. Certains archéologues attribuent à la pollution par le plomb une part de responsabilité dans le déclin et l'effondrement de l'Empire romain. En effet, le plomb ingéré par les riches romains venait essentiellement des ustensiles de cuisine, mais aussi des systèmes d'adduction d'eau constitués de tuyaux de plomb entraînant de nombreux décès par la goutte saturnine (intoxication par le plomb). En France, c'est au début du XIX^e siècle, qu'une épidémie de saturnisme a touché les artisans parisiens (comme les plombiers et les peintres) dont 1 200 ont dû être hospitalisés.

4.2 Pollution par les pesticides

Les pesticides sont des produits destinés à lutter contre les insectes nuisibles (insecticides), les mauvaises herbes (herbicides) ou les champignons nuisibles (fongicides). La mise au point après 1945 d'insecticides de synthèse appartenant au groupe des hydrocarbures chlorés (dont le plus connu est le DDT) et leur utilisation massive dans la lutte contre les insectes ravageurs des cultures et nuisibles à l'homme, ont eu des effets catastrophiques. Ces insecticides sont très stables et ils résistent pendant des années à la dégradation. Ils peuvent s'accumuler dans le sol, dans les tissus des végétaux et des animaux, sur le fond vaseux des étangs et des rivières.

Les insecticides pulvérisés sur les cultures se diffusent dans l'atmosphère et se retrouvent partout dans le monde, contaminant des zones comme les régions polaires qui sont très éloignées des régions cultivées.

En raison des dangers que représentent les insecticides pour les animaux et pour l'homme, et de l'apparition d'insectes résistants à ces substances, l'utilisation de produits comme le DDT a diminué rapidement dans les pays occidentaux, mais ils sont encore en usage dans de nombreux pays en voie de développement. Les produits comme le dibromure d'éthylène, suspecté d'être cancérigène, sont aujourd'hui interdits dans plusieurs pays. Certains herbicides renferment des impuretés comme la dioxine qui est peut-être le produit le plus toxique que l'on connaisse, aussi bien pour l'homme que pour les animaux.

Les inconvénients nombreux des pesticides, et en particulier des insecticides, sont bien connus. C'est la raison pour laquelle on les remplace de plus en plus par la lutte biologique ou la lutte intégrée. Ces procédés ne sont pas nocifs pour l'environnement et ont déjà prouvé leur efficacité (*voir* parasites, lutte contre les).

Les polychlorobiphényles (PCB) constituent un autre groupe de composés chimiques voisins du DDT. Ils ont été longtemps utilisés dans l'industrie et répandus dans l'environnement. Leur impact sur la faune est identique à celui des pesticides ; ce sont des composés dont les propriétés physico-chimiques sont très proches de celles des dioxines. En raison de leur toxicité, l'usage des PCB est désormais limité à la construction des isolants des transformateurs électriques et des condensateurs.

4.3 Pollution nucléaire

Même si les essais des armes nucléaires dans l'atmosphère ont été arrêtés par la plupart des pays, éliminant une source importante de pollution radioactive (*voir* radioactives, retombées), celle-ci demeure cependant un sujet inquiétant. Les centrales nucléaires ne dégagent que des quantités limitées de déchets radioactifs dans l'air et dans l'eau, mais les risques d'accidents subsistent et les problèmes liés au stockage des déchets sont loin d'être résolus. En effet, du fait de leur propriété radioactive, les déchets restent toxiques pendant des périodes allant de quelques siècles à plusieurs millions d'années, et on ne dispose pas encore de méthode sûre pour les conserver pendant une durée aussi longue. L'accident en 1986 de la centrale nucléaire de Tchernobyl, située alors en URSS et aujourd'hui en Ukraine, doit inciter à la plus grande prudence (d'après certaines estimations, 150 000 personnes décéderont prématurément en Russie tandis que des milliers d'autres seront affectées par des cancers de la thyroïde, par des cataractes et par la stérilité).

4.4 Pollution de l'eau

L'approvisionnement en eau potable est devenu difficile dans beaucoup de pays. En effet 1 p. 100 seulement de l'eau présente sur Terre peut être capté dans la nappe aquifère ou dans les rivières tandis que 97 p. 100 de cette eau se trouvent dans les océans, ce qui la rend inutilisable (sauf si l'on emploie une méthode coûteuse, le dessalement de l'eau de mer).

De plus, cette eau est mal répartie : elle est rare dans les régions arides, et encore surabondante dans des pays comme le Canada. La situation déjà préoccupante se verra aggravée à terme dans des États comme la Libye ou l'Arabie saoudite, qui puisent inconsidérément dans des nappes d'eau souterraine non renouvelables. En Chine, trois cents villes risquent de manquer d'eau à brève échéance. En Californie, la ville de Los Angeles doit chercher son eau à plus de 500 Km dans la Sierra Nevada, entraînant la désertification de la région où ont lieu les prélèvements. La pénurie menace même le sud de l'Espagne, qui est en limite de région aride et qui a besoin de beaucoup d'eau pour assurer la culture des légumes primeurs qui s'est considérablement développée. Les besoins en eau posent des problèmes de frontière qui risquent d'engendrer des conflits, comme à propos de l'Euphrate dont l'eau est partagée entre la Turquie, la Syrie et l'Irak.

Partout dans le monde, on constate une baisse de la qualité de l'eau et des réserves disponibles. Environ 75 p. 100 de la population rurale et 20 p. 100 de la population urbaine mondiale ne bénéficient pas d'un accès direct à de l'eau non contaminée.

Dans de nombreuses régions agricoles ou d'élevage intensif (comme la Bretagne où l'on trouve une densité de 250 porcs par kilomètre carré en raison de la multiplication des porcheries industrielles), les réserves d'eau souterraines sont contaminées par des nitrates provenant soit d'un excès d'engrais azotés, soit du lisier des animaux domestiques, vaches et porcs. Les normes de l'Organisation mondiale de la santé (OMS), qui exigent que l'eau potable renferme moins de 40 mg de nitrates par litre, ne sont pas respectées dans beaucoup de cas. En effet, les stations de traitement des eaux capables d'en extraire les nitrates sont encore très rares car elles coûtent cher, entraînant par la même occasion l'augmentation du prix de l'eau potable. Ainsi, dans les pays pauvres, l'utilisation de l'eau insalubre cause des maladies qui tuent dix millions de personnes chaque année. *Voir aussi eau, pollution de l' ; hydrocarbures, pollution par les.*

4.5 Exploration pétrolière et pollution marine

L'homme gagne progressivement du terrain sur des régions restées intactes — ou presque — et inhabitées, s'étendant jusqu'aux contrées autrefois considérées comme inaccessibles. Des besoins en énergie sans cesse croissants conduisent à l'exploitation pétrolière des régions arctiques, mettant en péril le fragile équilibre des écosystèmes qui constituent la toundra. Une catastrophe comme celle du naufrage sur les côtes de l'Alaska du pétrolier *Exxon Valdez*, en 1989, a provoqué des dégâts considérables dans la riche faune marine de cette région (*voir hydrocarbures, pollution par les*).

4.6 Déforestation

Les forêts tropicales de l'Asie du Sud-Est et du bassin de l'Amazone sont détruites à un rythme alarmant pour en exploiter le bois, créer de nouvelles terres agricoles, des plantations de pins et des zones d'habitation. Au cours des années 1980, ces forêts tropicales ont disparu à la vitesse de 20 hectares par minute. Des renseignements fournis par les satellites indiquaient la destruction de 15 000 km² par an dans le seul bassin amazonien. Le feu (allumé volontairement ou accidentellement) est un moyen de déforestation qui peut anéantir des

surfaces considérables. *Voir aussi* protection de la nature ; espèces menacées ; parcs nationaux et réserves naturelles.

4.7 Érosion des sols

L'érosion des sols s'accélère sur tous les continents et elle concerne entre un cinquième et un tiers des terres cultivées. Elle représente une menace considérable pour l'approvisionnement en nourriture. Un cas spectaculaire d'érosion des sols a été l'épisode du « dust bowl » qui a sévi aux États-Unis de 1933 à 1936 et qui a été provoqué par la conjonction d'une période de sécheresse avec des pratiques culturales inadaptées lors de la mise en culture des Grandes Plaines du centre du pays. Une région plus grande que la France a été affectée. Cet épisode tragique a fourni à John Steinbeck le sujet de son roman *les Raisins de la colère*. L'Europe, qui semble bénéficier de conditions favorables, n'est pas à l'abri de l'érosion des sols. Celle-ci a commencé dès l'Antiquité et elle a été décrite par Platon dans le *Critias*. Aujourd'hui, des zones du sud de l'Espagne et certaines régions de France sont touchées. *Voir aussi* dégradation des sols.

Dans de nombreux pays, les besoins croissants en nourriture et en bois de chauffage ont conduit à la déforestation et à la mise en culture de terrains en pente sur lesquels sévit une très forte érosion. Ce problème est aggravé par l'industrialisation, les barrages, et le bétonnage, engendrés par l'urbanisation et la construction de routes. L'érosion du sol et la disparition des forêts réduisent la capacité des sols à retenir l'eau et provoquent une accumulation des sédiments dans les cours d'eau et les lacs ainsi que dans les barrages qu'il faut périodiquement vider et nettoyer.

4.8 Accroissement démographique

La population mondiale s'accroît rapidement d'une façon quasi exponentielle, comme le montrent les chiffres suivants : en 1800, 900 millions ; en 1950, 2,5 milliards ; en 1989, 5 milliards ; en 2000, 6,05 milliards ; en 2025, près de 8 milliards (estimation). La menace que fait peser sur l'humanité et sur la biosphère cette explosion démographique a été dénoncée dès 1968 par l'Américain Paul Ehrlich qui a créé l'expression aujourd'hui célèbre de « bombe P » (P comme population). Toute espèce, y compris l'homme, doit disposer, pour survivre, d'une quantité de nourriture et d'un espace suffisants. De nombreux pays ont des populations beaucoup trop élevées face aux ressources dont ils disposent : 407 habitants au km² aux Pays-Bas ; 538 au Bangladesh ; 38 pour l'ensemble de l'Égypte, mais 1 170 dans la vallée du Nil qui est la seule région fertile et habitable du pays.

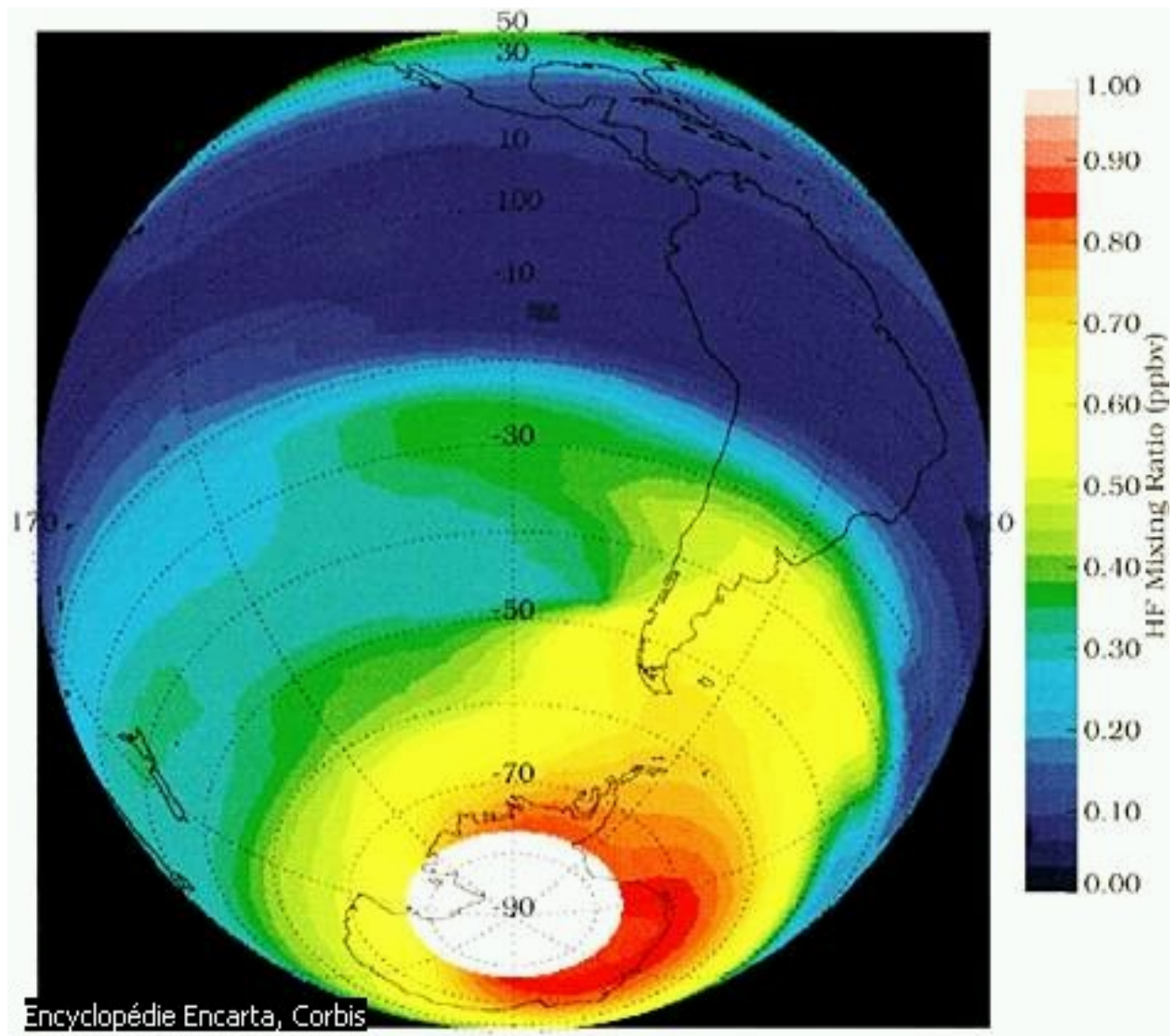
Une conséquence de la croissance démographique est l'impossibilité pour beaucoup de pays de subvenir aux besoins alimentaires de leur population malgré la recherche de nouvelles terres cultivables, de plus en plus rares. Une autre conséquence est l'urbanisation accélérée de la population : les hommes s'entassent dans des agglomérations gigantesques où les conditions de vie sont lamentables et les ressources inexistantes. Aujourd'hui, sur la Terre, la moitié des adultes ne savent ni lire ni écrire ; un homme sur cinq est mal nourri ; un homme sur six ne possède pas d'habitation correcte ; un homme sur quatre ne dispose pas d'eau potable. La croissance de la population n'est évidemment pas la seule cause de cet état de fait ; les

structures économiques et sociales qui sont devenues à peu près les mêmes dans tous les pays en sont également responsables. La croissance démographique, par les besoins en espace et en ressources qu'elle engendre, et par la destruction accélérée de l'environnement qu'elle provoque, est cependant l'un des problèmes qui engagent l'avenir de l'humanité.

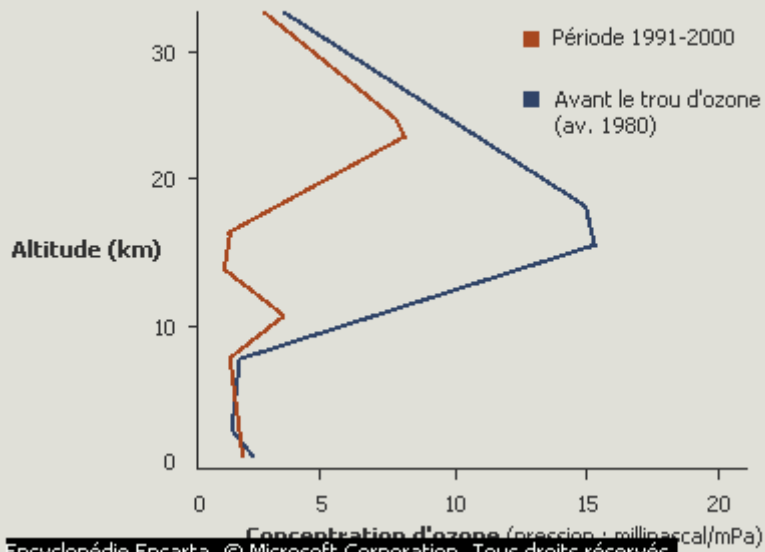
5 DÉVELOPPEMENT DURABLE

En juin 1992, une conférence des Nations unies sur l'environnement et le développement, appelée Sommet de la Terre, réunit les représentants de 172 pays à Rio de Janeiro, au Brésil. Les principaux sujets abordés sont les changements climatiques, la biodiversité et la protection de la nature. Un calendrier de protection de l'environnement est adopté et ses conséquences politiques et économiques sont envisagées. Cette réunion, très médiatisée, a toutefois bien peu de résultats concrets concernant la conservation de la nature et les multiples problèmes liés à la dégradation de l'environnement. La volonté de ne pas aborder des problèmes tels que ceux qui sont liés à la croissance démographique est l'une des raisons de ce semi échec.

La solution réside peut-être dans un ensemble de concepts et de propositions qui constituent le développement durable, « développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs » (définition de l'ONU en 1987). Il s'agit de trouver les moyens d'éviter une croissance destructrice de l'environnement (croissance démographique, industrielle, urbaine) et, par contrecoup, menaçant l'avenir de l'homme sur une planète dont on perçoit enfin qu'elle a des possibilités limitées et que ses ressources ne peuvent être exploitées et dilapidées indéfiniment.



Teneurs caractéristiques en ozone dans l'atmosphère de l'Antarctique en octobre



érosion glaciaire

érosion éolienne

érosion par les eaux de ruissellement

érosion marine

Principaux types d'érosion

Les manifestations de l'érosion à la surface de la Terre sont dues aux actions individuelles ou conjuguées de l'air et de l'eau. Ces fluides agissent par désagrégation mécanique à l'échelle macroscopique et par altération chimique à l'échelle microscopique. L'étude macroscopique présentée ici permet de présenter les principaux types d'érosion visibles : l'érosion éolienne, l'érosion glaciaire, l'érosion par les eaux de ruissellement, et l'érosion marine.

1. Principaux types d'érosion

1 sur 5

