

repères

FRANÇOIS LERIN

Le B.A. - BA de l'effet de serre

L'effet de serre est naturel et vital...

■ L'effet de serre est un phénomène naturel : l'atmosphère terrestre agit comme un filtre qui laisse passer certains rayons lumineux du

soleil et retient suffisamment de chaleur pour assurer à la Terre une température propice à la vie. Certains gaz présents en très

faible quantité dans la basse atmosphère (en dessous de 10 kilomètres) ont la capacité d'absorber une partie du rayonnement solaire

réfléchi par la Terre : il s'agit de la vapeur d'eau, du dioxyde de carbone (CO₂), du méthane (CH₄), de l'oxyde nitreux ou pro-

toxyde d'azote (N₂O), de l'ozone troposphérique (à ne pas confondre avec l'ozone atmosphérique, celui de la couche d'ozone).

Sans l'effet de serre, la température moyenne à la surface du globe serait de -18°C et non de 15°C, comme elle l'est actuellement.

... mais son intensification est inquiétante

■ Depuis le début de l'ère industrielle, vers 1830, l'exploitation des combustibles fossiles, la modification de l'usage des sols (déforestation notamment) et les nouvelles pratiques agri-

coles (irrigation, utilisation des engrais) ont provoqué une augmentation de la concentration des gaz à effet de serre dans l'atmosphère. La teneur en CO₂ a ainsi crû de 30 %,

passant de 280 parties par million en volume (ppmv) au XVIII^e siècle à 359 ppmv en 1995, celle de méthane de 145 % (1720 parties par milliard en volume, ou ppbv, contre 700 en

1750), celle d'oxyde nitreux de 15 % (310 ppbv contre 275 en 1750). Des gaz jusqu'alors absents de l'atmosphère, les chlorofluorocarbures (CFC), sont apparus. L'aug-

mentation de ces concentrations est d'autant plus inquiétante que les gaz à effet de serre se répandent très vite dans l'atmosphère et que certains ont une durée de vie très

longue : au moins deux siècles pour le CO₂, 150 ans pour l'oxyde nitreux. La réduction des émissions ne peut donc pas avoir d'effet rapide sur la concentration globale.

Faible contre-poids des aérosols

■ L'activité de l'homme a aussi accru la concentration atmosphérique de fines particules, liquides ou solides, en suspension

dans l'air, que l'on appelle des aérosols. Ce sont pour l'essentiel des suies et sulfates issus de l'emploi des combustibles fos-

siles, des éruptions volcaniques et de la biomasse. Les aérosols, qui contribuent à l'effet de serre lorsqu'ils se trouvent à

basse altitude, refroidissent l'atmosphère lorsqu'ils s'élèvent. Mais comme ils restent localisés dans les zones où ils sont émis

et ont une durée de vie très brève, à l'inverse des gaz à effet de serre, leur influence ne peut compenser celle des

gaz à effet de serre que dans certaines régions, et de façon relativement ponctuelle.

Le constat des scientifiques

■ L'étude de l'effet de serre s'est beaucoup approfondie depuis une trentaine d'années. Les scientifiques ont cherché à reconstituer l'évolution des températures et des concentrations en gaz (CO₂ surtout) dans l'air et dans les océans, en procédant à l'analyse de glace prélevée à grande profondeur au Groenland et dans l'Antarctique ou en analysant les sédiments du fonds

des mers. Ils ont pu remonter jusqu'à 200 000 ans environ. Ils ont retrouvé la trace des grandes variations cycliques de climat dues à la position de la Terre par rapport au soleil, qui se traduisent par une succession de périodes glaciaires et interglaciaires ; ils ont observé à l'intérieur de chaque période des variations rapides de la température de l'air et de la concentration en

CO₂ résultant de phénomènes naturels pas toujours identifiés (éruptions volcaniques, taches solaires, déplacement de courants océaniques, etc.). A ces informations s'ajoutent aujourd'hui les données recueillies par les sondes spatiales et les satellites, qui améliorent les modèles théoriques établis p o u r repré-

senter le phénomène et faire des projections. A partir de 1988, la recherche s'est organisée au plan international avec la création du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (Giec) sous l'égide de l'Organisation météo-

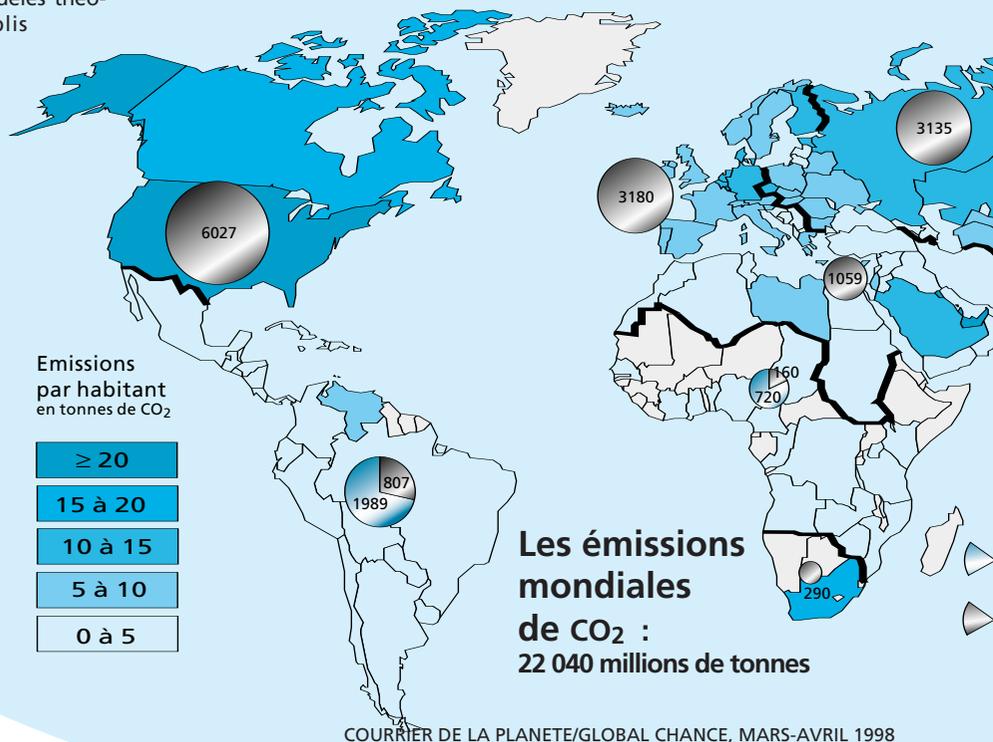
rologique mondiale et du Programme des Nations unies pour l'environnement. La connaissance des cycles et des variables climatiques demeure très incomplète, mais le Giec estime possible

d'affirmer que la température moyenne à la surface de la Terre s'est réchauffée depuis la fin du XIX^e siècle, et que cette augmentation est liée à l'activité humaine.

Les thermomètres

■ Le XX^e siècle a été le plus chaud des six derniers, et les années récentes les plus chaudes depuis 1860, malgré les aérosols dégagés lors de l'éruption du volcan Pinatubo en 1991, qui ont probablement modéré l'effet de serre jusqu'en 1994. La température moyenne s'est élevée de 0,3 à 0,6°C au cours du siècle, et le niveau moyen des mers a augmenté de 10

à 25 centimètres à cause de l'expansion thermique des océans. Les glaciers ont reculé. La tendance au renforcement de l'aridité se confirme dans plusieurs régions, notamment au Sahel et en Asie centrale. Les phénomènes climatiques extrêmes, comme les sécheresses ou les cyclones, semblent s'être renforcés et déplacés vers les zones tempérées.



Premier accusé : le CO₂ des combustibles fossiles

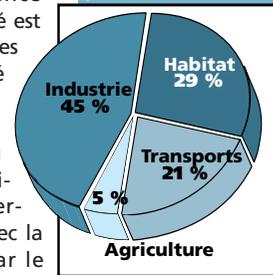
■ La communauté scientifique s'accorde à voir dans la hausse de la concentration en CO₂ la première cause du renforcement de l'effet de serre. Les deux principales sources de rejets de CO₂ d'origine humaine dans l'atmosphère sont la combustion des énergies fossiles (charbon, pétrole et gaz naturel) et la déforestation. En 1995, les émissions totales représentaient 22 milliards de tonnes de dioxyde de carbone, dont 19 milliards en provenance des énergies fossiles et 3 milliards de la déforestation. La génération

d'électricité dans les centrales à charbon, pétrole et gaz entraîne à elle seule 40 % des émissions. Viennent après les rejets industriels, les installations de chauffage, les fuites et torchères des puits de pétrole et de gaz. On trouve ensuite les transports utilisant les

moteurs à essence (leur responsabilité est plus lourde dans les pays où l'électricité est principalement d'origine hydraulique ou nucléaire). L'agriculture est en dernière position, avec la déforestation par le feu dans les pays tropi-

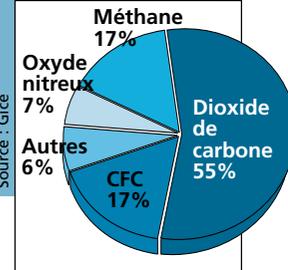
caux. Les rejets d'oxyde nitreux, d'ozone troposphérique et de chlorofluorocarbones sont plus difficiles à estimer. On comprend encore mal le mécanisme d'émission d'oxyde nitreux, et les estimations par pays sont peu fiables. L'ozone troposphérique est le produit de réactions chimiques

Emissions mondiales de CO₂ par secteur en 1997



Source : OCDE

Les gaz à effet de serre



Source : Giec

Méthane et agriculture

■ Le méthane est le deuxième gaz incriminé. L'agriculture est responsable de 55 % des émissions d'origine humaine. L'extension de la culture du riz aquatique en Asie et l'augmentation du cheptel des ruminants sur l'ensemble des continents sont mis en cause.

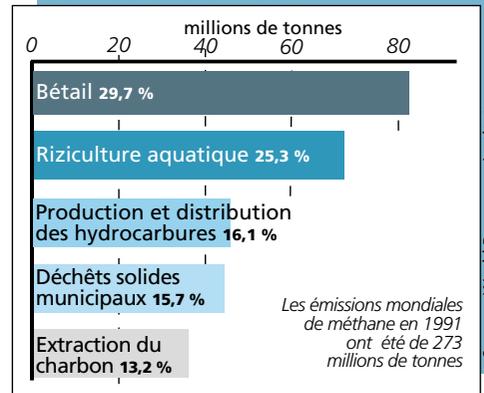
Vient ensuite le méthane relâché dans l'atmosphère lors de la production du pétrole et du gaz et de leur distribution (16 %), le méthane issu de la dégradation des déchets municipaux (15 %) et celui dégagé lors de l'extraction du charbon (15 %).

Les autres gaz

particulières auxquelles participent d'autres corps (méthane, oxyde de carbone, oxydes d'azote, hydrocarbures non méthaniques) en présence du soleil. Quant aux CFC, les rejets sont en voie d'être rapidement contrôlés depuis la signature du protocole de Montréal.

particulières auxquelles participent d'autres corps (méthane, oxyde de carbone, oxydes d'azote, hydrocarbures non méthaniques) en présence du soleil. Quant aux CFC, les rejets sont en voie d'être rapidement contrôlés depuis la signature du protocole de Montréal.

Origine des émissions mondiales de méthane en 1991



Source : World Resources Institute

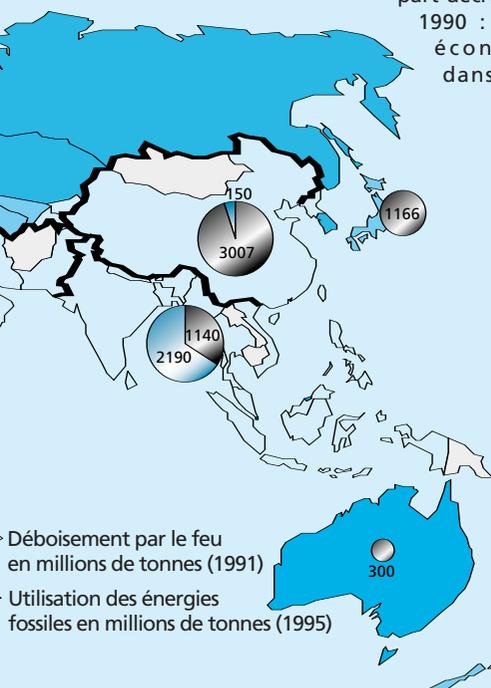
La responsabilité des pays industrialisés

■ La responsabilité des pays riches dans le renforcement de l'effet de serre est écrasante. Ils sont à l'origine des quatre cinquièmes du CO₂ d'origine humaine accumulé dans l'atmosphère depuis le début

de la révolution industrielle. Ils représentent aujourd'hui 50 % des émissions, et 75 % avec les pays de l'ancien bloc communiste, alors qu'ils comptent moins d'un quart de la population mondiale. Mais leur part décroît depuis 1990 : récession économique dans les an-

ciens pays communistes, amélioration de l'efficacité des procédés énergétiques au Nord, augmentation rapide de la demande d'énergie au Sud. La part des pays en développement dans les rejets de CO₂ devrait passer de 25 % en 1990 à 37 % en 2020. Sous l'effet de la croissance démo-

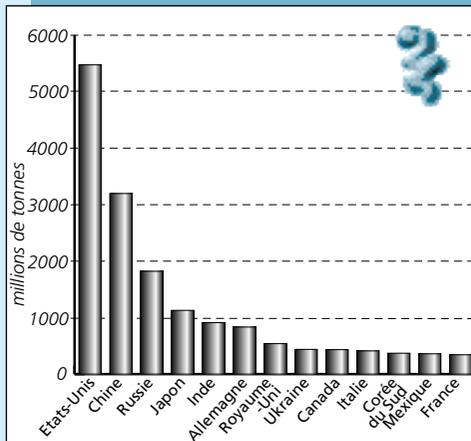
graphique et économique, la demande mondiale d'énergie continuera nécessairement à s'accroître durant au moins la première moitié du XXI^e siècle, même si les techniques les plus efficaces de production et de consommation d'énergie se généralisent.



Source : AIE / WRI (1996-1997)

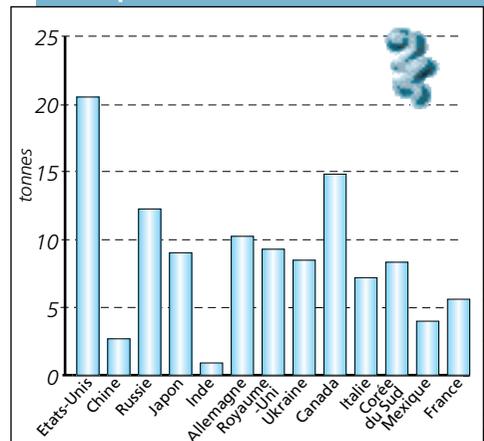
Déboisement par le feu en millions de tonnes (1991)
Utilisation des énergies fossiles en millions de tonnes (1995)

Les 13 premiers émetteurs de CO₂ en valeur absolue...



Source : Giec (1995)

... et par habitant



Source : Giec (1995)

Les risques du réchauffement

La température moyenne de l'atmosphère terrestre s'est réchauffée d'un demi degré depuis un siècle. On ne sait pas exactement quelle est la part du renforcement de l'effet de serre dans ce réchauffement, mais il est en revanche certain que le rythme d'émission de gaz à effet de serre se maintient, la température augmentera de 2 à 4 degrés d'ici à 2100. C'est surtout la rapidité du réchauffement qui est inquiétante : elle pourrait être incompatible

avec la capacité des écosystèmes et des sociétés humaines à s'adapter à ces nouvelles conditions. Les changements climatiques sont particulièrement menaçants pour les pays du Sud, qui ne sont pour l'instant guère responsables du renforcement de l'effet de serre. Or, à part les Etats insulaires, ils demeurent peu sensibles aux enjeux de la lutte contre le réchauffement, car leur priorité demeure le développement économique et la réduction de la pauvreté.

Le scénario moyen : 2 à 2,5°C de plus en 2100

Le Groupe intergouvernemental sur l'évolution du climat (Giec) a élaboré différents scénarios d'évolution des émissions de gaz à effet de serre et d'aérosols. Les modèles reposent sur une série d'hypothèses de croissance démographique, de croissance

économique, d'occupation des sols, de progrès technique, de demande énergétique et sur diverses combinaisons de sources d'énergie entre 1900 et 2100. Ils prennent également en compte diverses hypothèses de sensibilité du climat aux variations de

la concentration des gaz à effet de serre, qui reflètent les incertitudes quant au cycle du carbone, au cycle de l'eau, au rôle des nuages.

Selon le scénario optimiste, les émissions de CO₂ se situeraient à 22 milliards de tonnes par an en 2100, soit à

peu près le niveau actuel ; selon le scénario le plus pessimiste, elles s'établiraient à 132 milliards de tonnes. Les émissions de méthane, d'environ 500 térogrammes en 1990 (10¹² grammes), s'établiraient entre 540 (scénario optimiste) et

1170 térogrammes (scénario pessimiste), celles d'oxyde nitreux entre 14 et 19 térogrammes par an, contre 13 en 1990.

Quel que soit le scénario, la concentration de gaz à effet de serre continuerait de s'accroître sur toute la période, entraînant

une élévation de la température moyenne de 1 à 3,5°C d'ici à 2100. Le scénario moyen du Giec table donc sur un réchauffement de 2 à 2,5°C, correspondant à un doublement de la concentration actuelle en dioxyde de carbone.

Inégalité des régions face au risque climatique

Les scientifiques restent très prudents lorsqu'il s'agit de faire des prévisions régionales, qui dépendront de nombreuses variables climatiques complexes, dont on

connaît mal les interactions. Il est cependant probable que les changements climatiques ne s'exerceront pas de manière uniforme à la surface de la planète. Le réchauffement sera

plus important aux latitudes élevées, proches des pôles, où il atteindrait le double de la moyenne globale, mais c'est sous les latitudes tropicales que ses conséquences seront les

plus graves. Il se traduira en effet par une exagération des conditions climatiques extrêmes (tempêtes, sécheresses, inondations), touchant avant tout les régions déjà

plus vulnérables à la sécheresse et aux inondations : Afrique, Asie du Sud, où l'agriculture demeure la principale source de revenus pour la population et où les écosystèmes sont déjà

soumis à de fortes pressions. La situation alimentaire risque de se dégrader. En revanche, les effets du réchauffement pourraient être positifs sous les latitudes élevées.

Renforcement des contrastes hydriques

Le réchauffement atmosphérique renforçant l'évaporation au-dessus des océans, les précipitations devraient augmenter en moyenne, mais selon une répartition très inégale dans l'espace et dans le temps. Les pluies se déplaceraient vers les pôles, renforçant l'ari-

dité des zones allant du sud de l'Europe jusqu'au Cap Horn. En Amérique centrale, au sud de l'Europe et en Australie, elles pourraient augmenter en hiver mais se raréfier en été, ce qui accentuerait l'aridité des sols et la vulnérabilité de la végétation durant la

saison chaude. Aujourd'hui, 19 pays souffrent d'un manque d'eau, essentiellement au Moyen-Orient et en Afrique du Nord. Leur nombre pourrait doubler d'ici à 2025. En Asie du Sud-Est, en revanche, les précipitations changeraient peu en hiver, mais augmen-

teraient en été, renforçant les effets parfois dévastateurs de la mousson.

Les problèmes d'accès à l'eau potable se renforceraient, avec un risque d'intensification des conflits liés à la ressource hydrique (l'Onu en recense 70 aujourd'hui).

La fonte des glaciers aurait également de profondes répercussions sur l'environnement local. La répartition des débits fluviaux au cours de l'année, l'alimentation des centrales hydroélectriques et des exploitations agricoles seraient bouleversées.

Perte de diversité biologique

Les changements climatiques entraîneraient une modification de la composition et de la répartition géographique de l'ensemble des écosystèmes. Les zones climatiques glisseraient vers les pôles et vers les régions d'altitude, à un rythme trop rapide pour que la végétation et la faune qui lui est associée puissent s'y adapter. Dans l'ensemble, la diversité

biologique et végétale diminuerait. Un tiers des forêts mondiales subirait une vaste mutation, particulièrement forte dans les régions proches des pôles. De grandes quantités de carbone pourraient être rejetées dans l'atmosphère au cours de la période de transition entre deux types de peuplement forestier, le taux de déperdition du carbone

étant supérieur au taux de fixation en période de forte mortalité forestière. Concernant les lacs et les cours d'eau, le réchauffement serait positif aux latitudes élevées, où la productivité et la diversité biologique augmenteraient. Le nombre d'extinctions serait par contre maximal à la limite de basse latitude entre les espèces d'eau froide et d'eau fraîche.

Les écosystèmes côtiers (marais, lagunes, mangroves, récifs de corail, deltas fluviaux, etc.), zones de grande diversité biologique, seraient bouleversés par la montée des eaux. Les conséquences seraient dramatiques pour les ressources halieutiques, car ces écosystèmes intermédiaires servent de nurseries aux poissons. L'intrusion des eaux salées dans les

terres serait également fatale à de nombreuses espèces végétales, réduirait les ressources en eau potable et la surface agricole disponible. Quant aux régions désertiques, le réchauffement risque d'accroître leurs caractéristiques. Il pourrait mettre en danger des organismes déjà proches de leurs limites de tolérance thermique.



Chute des rendements agricoles en zone aride

■ La production agricole mondiale pourrait se maintenir au niveau actuel, en raison de l'action fertilisante du CO₂ sur les terres agricoles (encore que cette analyse ne tienne pas compte des incidences des parasites et d'un renforcement de la variabilité annuelle du climat). Mais les évolutions régionales seraient très contrastées. Les rendements agricoles chuteraient de 10 à 30 % dans les régions soumises à une recrudescence des

vagues de sécheresse : Afrique, Moyen-Orient, Asie du Sud, Amérique centrale, nord-est du Brésil,

désert central australien. Les risques de disette et de famine s'accroîtraient, notamment en zones arides

et semi-arides. Les migrations vers les villes s'accroîtraient. En revanche, au nord du continent eurasiatique

et à l'est de l'Amérique latine, l'agriculture bénéficierait du réchauffement précoce des sols.

Côtes en péril

■ Une élévation de 2°C de la température entraînerait une hausse de 50 centimètres du niveau des mers. Les Etats insulaires, situés surtout en zone tropicale, comme les Maldives, les Bahamas ou Kiribati, pourraient être submergés. En Chine, au Bangla-

desh, en Inde, en Egypte, des deltas très peuplés seraient inondés, condamnant des millions de personnes à migrer, forçant les industriels à relocaliser leurs unités de production. Les terres devraient reculer de 0,05 % en Uruguay, 1 % en Egypte, 6 %

aux Pays-Bas, 17,5 % au Bangladesh et 80 % dans l'île Majuro (archipel Marshall). Tous les pays dont le coût annuel de protection de côtes excéderait 0,5 % du PIB en cas d'élévation de un mètre du niveau de la mer sont des pays en développement, sauf

la Nouvelle-Zélande. Quant aux inondations, elles menacent à l'heure actuelle quelque 46 millions de personnes ; sans tenir compte de la croissance démographique, une hausse de 50 cm du niveau de la mer porterait ce nombre à 92 millions.

La santé menacée sous les tropiques et dans les villes

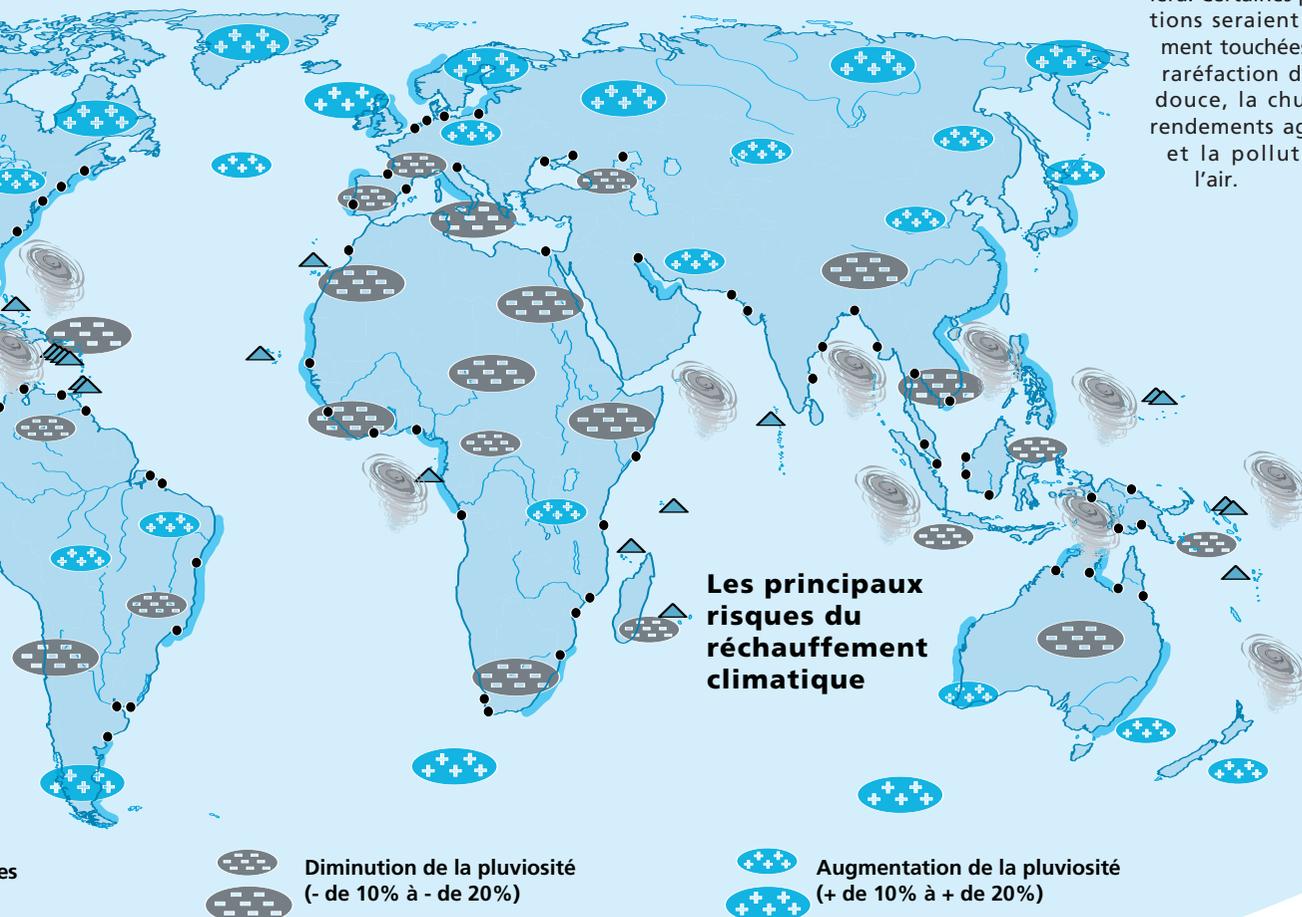
■ Hormis dans les régions froides, où la mortalité due au froid reculerait, le réchauffement climatique aurait essentiellement des conséquences préjudiciables sur la santé humaine. D'une part, le renforcement et

l'allongement des vagues de chaleur augmenteraient la mortalité et les affections cardiorespiratoires, surtout en ville. D'autre part, les aires touchées par les maladies infectieuses véhiculées par les insectes

tropicaux s'étendraient considérablement. Une hausse de 3 à 5°C permettrait au paludisme de coloniser 4 à 17 millions de kilomètres carrés supplémentaires, menaçant 60 % de la population mondiale, con-

tre 45 % aujourd'hui. L'Organisation mondiale de la santé s'attend également à une recrudescence et à une expansion de la fièvre jaune, de la dengue, de la cécité des rivières (onchocercose) et de la maladie

du sommeil. Le réchauffement et la multiplication des inondations provoqueraient aussi une extension des maladies infectieuses non véhiculées par des insectes, comme la salmonellose et le choléra. Certaines populations seraient également touchées par la raréfaction de l'eau douce, la chute des rendements agricoles et la pollution de l'air.



Les principaux risques du réchauffement climatique

Diminution de la pluviosité (- de 10% à - de 20%)

Augmentation de la pluviosité (+ de 10% à + de 20%)

Le coût du réchauffement

| | Coût d'un doublement de la concentration de CO ₂ en % du PIB |
|-----------------------------|---|
| Europe de l'Est/ex-URSS | - 0,3 % |
| OCDE Europe | 1,3 % |
| OCDE Amérique | 1,5 % |
| OCDE Pacifique | 2,8 % |
| Amérique Latine | 4,3 % |
| Economies planifiées d'Asie | 5,2 % |
| Asie du Sud et Sud-Est | 8,6 % |
| Afrique | 8,7 % |
| Monde | 1,9 % |

d'après le modèle de ToI (1995)

Source : Giec, le Monde

Source : ToI, Rapport du Giec

Chronologie d'une prise de conscience

1827 Première description de l'effet de serre

J. B. Fourier décrit le phénomène du réchauffement climatique par effet de serre.

1873 Organisation météorologique internationale

Fondée à Vienne. Début des observations standardisées par les services nationaux.

1895 Analyse de l'effet de serre

Le chimiste suédois S. Arrhénius suggère que les émissions de CO₂, en renforçant l'effet de serre, pourraient entraîner une hausse de la température moyenne de la Terre.

1938

Un scientifique britannique, G. S. Callendar, lie le réchauffement en Europe du Nord et en Amérique du Nord depuis 1880 à la hausse de 10 % de la concentration de CO₂ observée depuis cette date.

1954

Le biologiste américain Hutchinson suggère que la déforestation se traduira par un renforcement de la concentration de CO₂.

1957

Mesures systématiques du CO₂
Le scientifique américain Gilbert Plass relance le débat sur la responsabilité de l'homme dans le changement climatique. Les mesures systématiques de CO₂ démarrent à Hawaï et en Alaska.

1967

Prévisions de réchauffement
Les scientifiques Syukuro Manabe et Richard Wetherald prédisent un doublement de la concentration de CO₂ d'ici au début du XXI^e siècle et une élévation de la température moyenne de l'ordre de 2,5°C.

1976

CFC et méthane
Les chlorofluorocarbones, le méthane et l'oxyde nitreux sont identifiés comme des gaz à effet de serre. L'effet de refroidissement des aérosols est jugé négligeable au plan mondial par rapport à l'effet de serre.

1977

Lancement d'une revue scientifique spécialisée intitulée *Climate Change*.

1979

Première conférence mondiale sur le climat
Organisée à Genève par l'Organisation météorologique mondiale (OMM). Lancement d'un pro-

gramme mondial de recherche par l'OMM, le Programme des Nations unies pour l'environnement (Pnué) et l'International Council of Scientific Unions (ICSU).

1983

El Niño
Durant l'hiver 1982-83, le phénomène El Niño atteint une intensité exceptionnelle, avec des perturbations météorologiques catastrophiques sur le pourtour du Pacifique.

1986

Lancement du programme international Géosphère-Biosphère sous l'égide de l'ICSU.

1987

Réduction programmée des CFC

Le protocole de Montréal, entré en vigueur en juin 1989, organise la baisse de la production des chlorofluorocarbones (CFC) et d'autres produits chimiques responsables de l'amincissement de la couche d'ozone d'atmosphérique, qui réduit la pénétration des ultraviolets B et C. Les émissions de ces gaz à effet de serre ralentissent rapidement. Mais les produits de substitution sont accusés de contribuer aussi au réchauffement, quoique dans une moindre mesure.

1988

Création du Groupe intergouvernemental sur l'évolution du climat (Giec)

(*Intergovernmental Panel on Climate Change*, IPCC). Placé sous l'égide du Pnué et de l'OMM. Le Giec est chargé de suivre le problème du réchauffement climatique. Il a pour mission d'évaluer l'information scientifique sur les changements climatiques, leurs impacts et les mesures de prévention et d'adaptation envisageables.

Conférence de Toronto

Recommande une réduction de 20 % des émissions mondiales de CO₂ d'ici à 2005 et de 50 % d'ici à 2030. Idée d'une taxe sur les combustibles fossiles.

1990

Seconde conférence mondiale sur le climat

Elle réunit 137 Etats plus la Communauté européenne, dont les douze membres viennent de s'engager à stabiliser leurs émissions de CO₂ au niveau de 1990 d'ici à l'an 2000. La déclaration finale préconise l'instauration d'une convention internationale sur les changements climatiques.

Cinq attitudes face au risque climatique

1 Ne rien faire

Principe. Le coût à long terme des dommages dus aux changements climatiques est très faible par rapport au coût des actions de prévention du réchauffement. Les marchés sont les régulateurs centraux des systèmes économiques, et l'économie réelle actuelle fonctionne de manière presque optimale : il convient donc de s'en remettre aux marchés pour faire les meilleurs choix.

Action. Toute action de prévention du risque climatique ne peut que constituer un obstacle au développement et une entrave au bien-être.

2 Changer la société

Principe. Certains ingénieurs et militants associatifs aspirant au changement social estiment que le coût de la prévention du risque climatique est négatif ou nul. La prévention pourrait démarrer immédiatement, mais les intérêts commerciaux et

l'inertie des comportements bloquent sa mise en œuvre. Dans cette conception, l'économie est mue par la technologie, et les pouvoirs publics ont un rôle clef à jouer dans le choix des options technologiques et des politiques. Quant aux marchés, ils sont les principaux responsables des inégalités économiques et freinent souvent la pénétration des bonnes techniques dans les activités de production.

Action. Réglementation publique, diffu-

sion par les agences publiques des technologies permettant de prévenir le risque climatique.

3 Rendre justice au Sud

Principe. L'Occident a une responsabilité historique dans l'exploitation des ressources planétaires et la persistance du sous-développement. La lutte contre l'augmentation de l'effet de serre est l'occasion de dénoncer l'ordre économique et politique mondial et de transformer les rap-

ports politiques entre les pays industriels et les pays en développement.

Action. L'Occident doit accorder des réparations et des compensations. La revendication d'équité prime sur toute considération d'efficacité environnementale ou économique.

4 Se soumettre à la nature

Principe. Le développement économique doit être soumis aux exigences de la préservation

1991 Création du Fonds pour l'environnement mondial

Ce mécanisme financier des pays développés a pour objet d'aider les pays en développement à s'attaquer à quatre grands problèmes d'environnement, dont le réchauffement climatique et l'appauvrissement de la couche d'ozone.

1992 Convention-cadre sur les changements climatiques

Signée à Rio de Janeiro en juin 1992 dans le cadre du Sommet de la Terre. Entrée en vigueur en mars 1994. L'article 2 précise l'objectif de la convention-cadre : stabiliser les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère à un niveau qui empêche toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique. Les pays développés, les pays en transition et l'Union européenne, inscrits dans l'Annexe I de la convention, s'enga-

gent à stabiliser leurs émissions de gaz à effet de serre d'ici à l'an 2000 au niveau des émissions de 1990. Dans l'Annexe II, les pays développés et l'Union européenne s'engagent à financer les coûts encourus par les pays en développement pour respecter leurs engagements.

1995 Mandat de Berlin

En mars 1995, la première conférence des Parties à la convention climat reconnaît la nécessité d'un renforcement des engagements des pays développés. Parallèlement aux objectifs quantifiés de limitation et de réduction des émissions, elle prévoit d'élaborer des politiques et mesures.

Second rapport du Giec

En décembre 1995, le second rapport du Giec confirme la responsabilité humaine dans le changement climatique et la nécessité d'une action préventive,

en vertu du principe de précaution.

1996 Renforcement du mandat de Berlin

Avec la déclaration de Genève, la deuxième conférence des Parties entérine le rapport d'évaluation du Giec. Elle appelle à fixer des objectifs juridiquement contraignants, une option rendue possible par un changement de la position américaine.

vation des espèces, des écosystèmes et des régulations écologiques. Certains vont même jusqu'à prôner une économie mondiale stationnaire. Ce courant de pensée s'enracine principalement dans les sciences de la nature (biologie, thermodynamique) et défend une attitude éthique vis-à-vis des générations futures.

Action. Les simples incitations économiques ne suffisent pas. La prévention du risque climatique

constitue une obligation morale qui justifie d'importants sacrifices.

5 Utiliser les marchés

Principe. La prévention du risque climatique est avant tout l'occasion de renforcer les mécanismes de marché, notamment au plan international, et de développer de nouvelles formes de transactions et de nouveaux débouchés pour la technologie occidentale. L'idée centrale est que les forces du marché vont rele-

ver le défi écologique. Il faut obtenir la reconnaissance universelle de la figure du marché comme principe d'organisation des relations internationales, et de l'initiative privée comme ressort du développement. C'est la position notamment de la Banque mondiale et du Fonds monétaire international.

Action. Etendre l'espace laissé aux initiatives privées en soutenant les permis négociables et l'application conjointe.

D'après O. Godard

Décembre 1997 Le protocole de Kyoto

Objectif : -5,2 % au Nord

Les réductions des émissions de gaz à effet de serre inscrites dans le protocole ne s'appliquent qu'aux pays industrialisés, figurant dans l'Annexe I de la convention-cadre (certains pays industrialisés, inscrits sur la liste B de l'Annexe I, en particulier la Turquie, sont exclus de l'obligation de réduction). Le cumul des différents engagements de réduction aboutirait à une baisse de 5,2 % des émissions des pays de l'Annexe I entre 2008 et 2012 par rapport à 1990. L'Union européenne s'engage à réduire globalement ses émissions de 8 %, les Etats-Unis de 7 %, le Canada et le Japon de 6 %. La Russie et l'Ukraine obtiennent un objectif zéro. L'Australie, soulignant sa dépendance à l'égard du charbon, arrache le droit à une hausse de 5 %. Quant aux pays en développement, ils ne sont pas concernés par les quotas de réduction.

Six gaz sont concernés

Il s'agit du dioxyde de carbone (CO₂), du méthane (CH₄), de l'oxyde nitreux (N₂O) et de trois substitués des chlorofluorocarbures : l'hydrofluorocarbure (HFC), le perfluorocarbure (PFC) et l'hexafluorure sulfuré (SF₆). Kyoto renvoie au protocole de Montréal en ce qui concerne les CFC. Les objectifs de réduction sont définis en équivalent CO₂ total, et non pour chaque gaz pris séparément. Cette approche globale ou panier rend les engagements plus flous. En outre, les émissions sont calculées sur une base nette, c'est-à-dire en retranchant certains puits de gaz à effet de serre, comme les forêts, les sols, les océans, que l'on évalue encore très mal. Autre lacune du protocole, il ne tient pas compte des émissions apatrides de gaz à effet de serre des secteurs de l'aviation et du transport maritime.

Consécration du marché

Les mesures contraignantes telles que l'écotaxe ou les normes de consommation ont été rejetées. Les « politiques et mesures » envisagées au début des négociations, qui auraient encouragé l'harmonisation de l'ensemble des politiques nationales énergétiques et technologiques de lutte contre l'effet de serre, ont également été écartées au profit de l'instauration de mécanismes de marché. La définition des règles présidant à l'échange des permis négociables est toutefois renvoyée à la prochaine conférence des parties, qui se tiendra en novembre 1998 à Buenos Aires. La discussion sur le « mécanisme de développement propre », qui permettra aux pays du Nord d'acquiescer des droits à polluer supplémentaires en contrepartie d'investissements dans des technologies non polluantes dans des pays en développement, est également reportée à la prochaine conférence.

Novembre 1998

Buenos Aires

Agenda de Buenos Aires

La quatrième conférence des parties se tiendra à Buenos Aires en novembre 1998. Les négociations porteront essentiellement sur les règles de mesures des émissions, les règles du marché des permis d'émission et le mécanisme de développement propre.

Des moyens d'action

Comment les Etats peuvent-ils respecter leurs engagements de réduction des émissions de gaz à effet de serre ? Ont-ils d'autres voies que celle de la récession économique, qui s'est traduite dans les anciens pays communistes par une baisse de 30 % des émissions de CO₂ depuis 1990 ? Presque personne ne défend une solution aussi radicale, qui ruinerait tout effort de développement. D'autant qu'en profitant des cycles de renouvellement des infrastructures de production et

surtout en s'efforçant de modifier les structures de consommation, on peut limiter les émissions nettes de gaz à effet de serre à un coût économique faible ou nul. L'influence de l'homme sur le climat est un processus cumulatif, et les émissions futures de gaz à effet de serre dépendent de choix de production et de consommation faits aujourd'hui. Les pouvoirs publics peuvent jouer un rôle déterminant dans les options prises aujourd'hui pour le long terme.

Produire de l'énergie autrement

■ **Améliorer les rendements.** Le rendement énergétique moyen des centrales électriques est de 30 %. Les meilleures centrales au charbon ou au gaz ont des rendements de 45 % et 52 % respectivement, qui pourraient passer à plus de 60 % d'ici à 2020-2050. La cogénération, c'est-à-dire la production combinée d'électricité et de chaleur, renforce considé-

rament le rendement énergétique. On peut également améliorer le rendement des réseaux de chaleur et d'électricité et limiter les rejets de polluants en évitant les fuites des gazoducs, et réduire les émissions de CH₄ et CO₂ dues aux puits de gaz, de pétrole et aux mines de charbon.

■ **Le gaz plutôt que le charbon.** On peut assez

rapidement réduire les émissions de CO₂ en privilégiant les combustibles fossiles ayant la plus faible teneur en carbone. Passer du charbon au gaz naturel ou au fuel réduit jusqu'à 50 % les émissions de CO₂. Pour des pays dont la capacité énergétique repose sur l'exploitation du charbon, comme l'Australie, ce type de solution a cependant très peu de chances d'être

retenu. Dans les transports, le gaz naturel pourrait remplacer des carburants plus polluants, comme le gasoil et l'essence.

■ **Energies non productrices de CO₂.** Il s'agit des énergies renouvelables (solaire, éolien, hydraulique, géothermie), de la biomasse et de l'énergie nucléaire (qui pose des problèmes d'une autre nature). En 1990, les

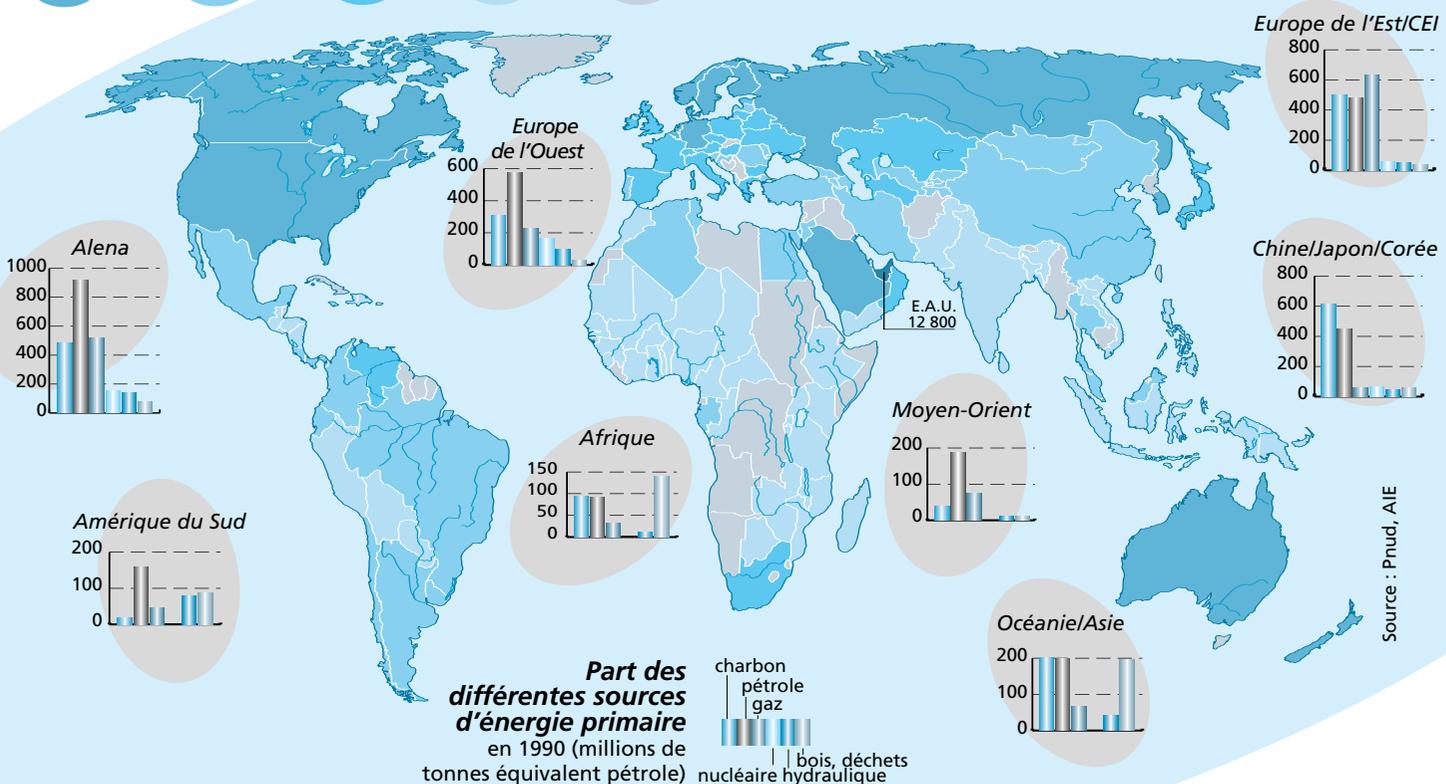
sources d'énergie renouvelables (hydro-électricité surtout) et le bois de chauffage représentaient 20 % environ de la consommation mondiale d'énergie primaire. A long terme, leur potentiel de développement est important. Le cas de la biomasse est très particulier : mal exploitée, elle n'a pas le temps de se reconstituer, et dégage plus de CO₂ pour être

transformée en énergie qu'elle n'en fixe par photosynthèse. Dans certaines régions, en particulier en Afrique, il n'est absolument pas certain que la biomasse puisse rester une source d'énergie aussi importante qu'elle l'est actuellement. La difficulté est de résoudre le problème de la concurrence avec d'autres types d'exploitation du sol.

La consommation d'énergie primaire

consommation nette d'énergie commerciale en 1994 (kg/habitant)

4001 à 8000 501 à 2000 2001 à 4000 0 à 500 pas de données



Capter les gaz à effet de serre

■ **Décarburation des gaz brûlés.** Extraire et stocker le CO₂ contenu dans les gaz de combustion des combustibles fossiles réduit de 85 % les émissions. Mais l'opération diminue le rendement des centrales électriques et accroît les coûts de production. La décarbura-

tion peut aussi se faire en produisant des combustibles à haute teneur en hydrogène à partir des combustibles fossiles de base. Les deux techniques génèrent des sous-produits riches en CO₂ pouvant être stockés en souterrain, comme dans des gisements épuisés de gaz

naturel. Mais le recours à la décarburation est peu probable à moyen terme, car on évalue mal le coût et les effets à long terme du stockage.

■ **Les forêts, puits de CO₂ ?** Cette question est controversée. La contribution de la forêt

à la fixation de CO₂ dépend notamment de son stade de croissance (une forêt parvenue à maturité dégage plus de CO₂ qu'elle n'en fixe) et de son mode d'exploitation. Les forêts des latitudes hautes et moyennes constituent un puits net de CO₂ à raison de

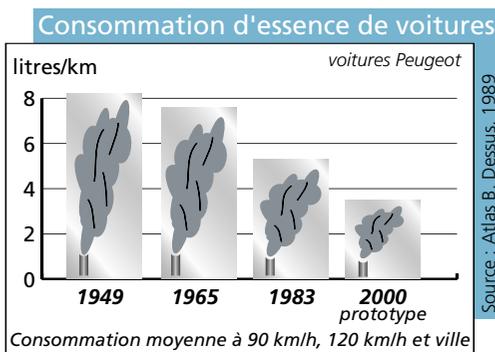
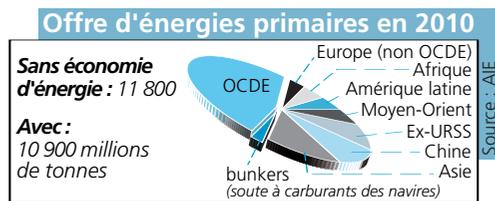
2,6 milliards de tonnes (+/-0,7) par an. Celles des latitudes basses sont une source nette de CO₂, à raison de 5,9 milliards de tonnes par an (+/-1,5), principalement à cause du défrichement et de la dégradation des forêts. Ces chiffres sont à rapprocher des 22 milliards

de tonnes de CO₂ émises en 1995. Le ralentissement de la déforestation, l'aide à la régénération et à la création de forêts, l'agroforesterie permettraient de fixer de grandes quantités de carbone au cours des cinquantes prochaines années.

Consommer moins d'énergie

■ **Economies d'énergie.** La demande mondiale d'énergie croît de 2 % par an en moyenne depuis la révolution industrielle. Elle ralentit dans les pays industrialisés, mais se renforce ailleurs. L'évolution de la consommation énergétique au cours du XXI^e siècle dépendra en partie de deux variables largement incontrôlables, la croissance démographique et la croissance économique. Mais elle dépendra aussi de choix technologiques. Or les gisements d'économie d'énergie sont importants. L'intensité énergétique, la quantité d'énergie qui entre dans la constitution d'une unité de PIB, décroît de 1 % par an depuis un siècle. La consommation des ampoules électriques a ainsi été divisée par 100 en 70 ans. Plusieurs études indiquent que le rendement énergétique peut s'accroître de 10 à 30 % à faible coût d'ici à 30 ans.

■ **Choix à long terme.** L'amélioration serait encore plus forte dans les pays en développement ou en transition, qui construisent leurs infrastructures de production et de consommation. Mais ils ne suivront probablement pas une politique énergétique de long terme si elle implique un ralentissement de leur crois-



sance, même avec un soutien financier. Il faut les convaincre que la liaison entre croissance économique et demande d'énergie n'est pas rigide, et que les choix de rationalité énergétique vont dans le sens du développement.

■ **L'industrie : 45 % des rejets de CO₂.** Dans les pays industrialisés, les émissions d'origine industrielle resteront stables ou diminueront dans les prochaines décennies en raison de la restructuration et de l'innovation technique. Elles augmenteront dans les pays en développement, qui bâtissent leurs infrastructures. **Pour réduire les besoins.** X Adoption de procédés de production

moins consommateurs d'énergie et de matières premières. X Modification des procédés de fabrication qui mettent en œuvre des réactions chimiques entraînant des émissions de gaz à effet de serre (production de ciment, de fer, d'acier, d'ammoniaque). X Élimination des fuites de certaines installations. X Production combinée d'électricité et de chaleur (cogénération). X Recyclage des matériaux. X Recyclage du gaz polluant : les décharges et les stations d'épuration des eaux usées dégagent ainsi du méthane que l'on peut récupérer et exploiter comme combustible.

■ **L'habitat : 29 % des rejets de CO₂.** Du fait de la croissance

démographique, la consommation d'énergie de ce secteur doublerait d'ici à 2050 si aucune mesure d'économie n'est adoptée. Mais la consommation prévue pourrait diminuer d'un quart grâce à l'emploi de technologies plus performantes. Les logements actuels consomment déjà trois fois moins d'énergie de chauffage que ceux des années 50.

Pour réduire les besoins. X Architecture bioclimatique, bien exposée au soleil et protégée des vents. X Meilleure isolation thermique (toiture, murs, double vitrage). X Appareils de chauffage et de climatisation

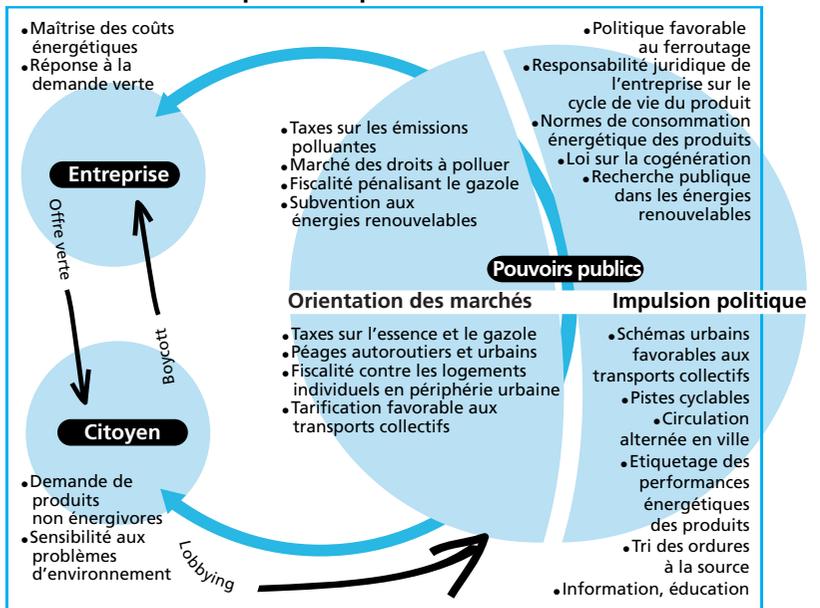
plus performants. ■ **Les transports : 21 % des rejets de CO₂** C'est là que les émissions augmentent le plus vite depuis 20 ans. Sans mesures d'économie, la consommation d'énergie doublera d'ici à 2025. Mais la consommation prévue pourrait diminuer d'un tiers.

Pour réduire les besoins. X Aménagement du territoire et des villes favorable aux transports collectifs. X Rééquilibrage des interventions publiques au profit des transports collectifs. X Amélioration des interfaces entre les modes de transport (transport

combiné rail/route pour les marchandises, bus ou métro puis taxi en centre ville pour les passagers, etc.). X Schémas de transport organisés selon les besoins de la production. X Efforts technologiques dans chaque filière (moteurs moins polluants, systèmes de climatisation mieux isolés).

■ **L'agriculture et la forêt : 5 % des rejets de CO₂, 55 % des rejets de CH₄** **Pour réduire les émissions.** X Meilleure gestion de la biomasse. X Lutte contre la déforestation. X Utilisation plus rationnelle des engrais. X Récupération du méthane pro-

Le rôle central des pouvoirs publics



Statistiques

Ressources mondiales 1996-1997, **CRDI-Comité 21-World Resources Institute**, 1997.

World Development Indicators, **Banque mondiale**, 1997. Sur CD-Rom également.

Key World Energy Statistics 1997, **Agence internationale de l'énergie**.

Politiques

Le changement climatique, dimensions économiques et sociales, 4D, 1997. Edition française de la 3^e partie du **second rapport du Giec** (1996), consacrée aux enjeux économiques et sociaux : coût social du changement climatique, évolution des politiques, estimation des coûts des politiques de maîtrise des émissions... Diffusion : La Documentation française.

Techniques, politiques et mesures d'atténuation des changements climatiques, document technique 1 du Giec, 1996. Secteur par secteur (résidentiel, transports, industrie, énergie), un tableau complet des différentes mesures pour économiser l'énergie et leurs performances.

Energie 2010-2020, Rapport final de l'atelier « Les défis du long terme », **Commissariat général du Plan**, octobre 1997. Le rapport de la Commission de l'énergie du Plan français : analyse des différents risques (risque climatique, épuisement des ressources énergétiques, nucléaire), l'offre et la demande d'énergie à long

terme et les politiques à imaginer pour répondre aux besoins du futur dans une perspective de développement durable.

Energie, un défi planétaire, **Benjamin Dessus**, Belin, 1996. Le développement économique n'est pas incompatible avec la protection de l'environnement. Les technologies actuelles rendent possible des scénarios de croissance peu consommateurs d'énergie.

Atlas des énergies pour un monde vivable, **Benjamin Dessus**, FPH-Syros, 1994. Les scénarios d'efficacité énergétique à la portée de tous, à l'aide de cartes très parlantes.

Rising Sun, Gathering Winds: Policies to Stabilize the Climate and Strengthen Economies, **Christopher Flavin et Seth Dunn**, Worldwatch Paper n°138, Worldwatch Institute, novembre 1997. Présente notamment une comparaison des politiques d'action contre le risque climatique menées par dix différents pays industrialisés.

Le coin des revues

Les cahiers de Global Chance traitent régulièrement du risque climatique. Consulter notamment : Effet de serre : les experts ont-ils changé d'avis ? n°7, juillet 1996 ; De Rio à Kyoto, n°9, novembre 1997

Aménagement et nature, Face aux changements climatiques, n°126 septembre 1997.

Le point sur la modification du climat, ses conséquences sur la couvert végétal et l'agriculture.

Courrier de l'environnement de l'Inra, supplément au n°31 (août 1997).

Risques climatiques, mécanismes de marché, réponses techniques : quatre articles pour faire le point sur l'effet de serre et ses enjeux.

Le climat sur internet

Données de base

Secrétariat de la convention sur le climat
<http://www.unfccc.de>

Le protocole de Kyoto et autres textes officiels, l'agenda des négociations, statistiques sur les émissions, rapports nationaux des Parties.

Groupe intergouvernemental d'experts sur le climat (Giec)
<http://www.ipcc.ch>
Rapports du Giec, notes techniques, programmes de recherche.

Organisation météorologique mondiale
<http://www.wmo.ch>

Agence internationale de l'énergie
<http://www.iea.org>
Toutes les statistiques sur la consommation énergétique.

Du côté des ONG

Institute for global communications
<http://www.igc.org/igc/issues/ac/or.html>
Une liste importante de sites sur les politiques climatiques, la recherche, les ONG, proposée par l'IGC, qui anime également des forums de discussion. Un très bon point de départ.

Climate Action Network et ECO
<http://www.econet.apc.org/climate/Eco.html>
Version Web d'Eco, publié quotidiennement à Kyoto par le réseau d'ONG Climate Action Network.

Global Warming and the Third World
<http://www.cru.uea.ac.uk/tiempo>
Une cyber-bibliothèque sur le climat et les rapports Nord-Sud créée par l'Université d'East Anglia et l'International Institute for Environment and Development (IIED), qui publie aussi le journal électronique Tiempo. Site bien organisé.

Earth Negotiations Bulletin
<http://www.iisd.ca/linkages/climate>
L'excellent moniteur des conférences internationales publié par l'International Institute on Sustainable Development (Canada).

Resources For the Future
<http://www.weathervane.rff.org>
Un site très dynamique de l'ONG américaine RFF. Nombreux articles, en particulier sur la politique américaine.

Global Chance
<http://www.tribunes.com/tribune/gc/accueil.htm>
Editions web des Cahiers de *Global Chance*.