

# Résumé officiel

## Synthèse du deuxième rapport d'évaluation du GIEC

*Groupe intergouvernemental sur l'évolution du climat*  
(Version provisoire du texte officiel)

### 1. L'article 2 de la Convention-cadre

1.1 A la suite d'une résolution du Conseil exécutif de l'Organisation météorologique mondiale (juillet 1992), le Groupe intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) a décidé d'inclure dans son programme de travail l'étude de divers aspects de l'article 2 de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques. En octobre 1994, à l'invitation du gouvernement brésilien, le GIEC a organisé un atelier à ce sujet à Fortaleza, au Brésil. Par la suite, le président du GIEC a réuni sous sa présidence une équipe d'auteurs principaux (dont on trouvera la liste dans l'Appendice) chargée de rédiger le Document de synthèse. L'équipe a rédigé une version préliminaire de ce document, qui a été soumise à l'appréciation des experts et des gouvernements. La version définitive a été approuvée mot à mot par le GIEC lors de sa onzième session (Rome, 11-15 décembre 1995), à laquelle ont assisté des représentants de 116 gouvernements, de 13 organisations intergouvernementales et de 25 organisations

non gouvernementales. On notera à titre indicatif que tous les Etats Membres de l'Organisation météorologique mondiale et de l'Organisation des Nations Unies font partie du GIEC et peuvent participer à ses réunions ainsi qu'à celles de ses groupes de travail. Le Document de synthèse, fondé sur le Deuxième Rapport d'évaluation du GIEC, présente des informations sur les questions scientifiques et techniques liées à l'interprétation de l'article 2 de la CCNUCC. Le Document de synthèse ne constituant pas un simple résumé du Deuxième Rapport d'évaluation du GIEC, il convient de consulter également les résumés à l'intention des décideurs rédigés par les trois groupes de travail du GIEC pour obtenir un aperçu complet de ce rapport.

1.2 Depuis quelques dizaines d'années, deux facteurs importants concernant les rapports entre l'homme et le climat de la Terre ont émergé. D'abord, les activités humaines – et notamment l'emploi de combustibles fossiles, la modification de l'occupation des sols et l'agriculture – entraînent une augmentation de la

concentration atmosphérique de gaz à effet de serre (qui ont tendance à réchauffer l'atmosphère) et, dans certaines régions, d'aérosols (particules microscopiques en suspension dans l'air ayant tendance à refroidir l'atmosphère). On prévoit que les variations de la concentration de gaz à effet de serre et d'aérosols, dans leur ensemble, vont conduire, à l'échelle régionale et globale, à une évolution de paramètres climatiques ou liés au climat tels que la température, les précipitations, l'humidité du sol et le niveau de la mer. Ensuite, la vulnérabilité<sup>1</sup> de certaines collectivités humaines face à des dangers tels que tempêtes, inondations et sécheresses s'est accrue en raison de l'augmentation de la densité de peuplement de certaines régions à risque comme les aires de drainage des cours d'eau et les plaines côtières. Des modifications potentiellement graves ont été identifiées, y compris, dans diverses régions, une multiplication des phénomènes extrêmes liés à des températures élevées, des inondations et des sécheresses, entraînant des incendies, une augmentation de parasites et certaines conséquences pour la composition, la structure et le fonctionnement des écosystèmes, notamment leur productivité primaire.

**1.3** Le GIEC a procédé à des évaluations scientifiques et techniques des changements climatiques et de leurs incidences. Son Premier Rapport d'évaluation, publié en 1990, a servi de base scientifique et technique à la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC), dont la procédure de ratification a été ouverte lors du Sommet de la Terre à Rio en 1992.

**1.4** L'objectif ultime de la Convention-cadre sur les changements climatiques, stipulé dans l'article 2 de la CCNUCC, est 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. Il conviendra d'atteindre ce niveau dans un délai convenable pour que les écosystèmes puissent s'adapter naturellement aux changements climatiques, que la production alimentaire ne soit pas menacée et que le développement économique puisse se poursuivre d'une manière durable."

**1.5** L'article 2 confronte le décideur avec les problèmes de déterminer quelles concentrations de

gaz à effet de serre seraient à considérer comme source de "perturbation anthropique dangereuse du système climatique" et de planifier un avenir permettant un développement économique durable. Le présent Document de synthèse, fondé sur les rapports présentés en 1994 et 1995 par les groupes de travail du GIEC, a pour objet d'offrir des informations d'ordre scientifique, technique et socio-économique susceptibles de contribuer à la résolution de ce problème.

**1.6** Ce document s'attache aux diverses questions abordées dans l'article 2. Il commence par résumer brièvement l'importance des changements climatiques – source de "perturbation du système climatique" – prévus en raison des activités humaines. Il indique ensuite ce que nous savons de la vulnérabilité des écosystèmes et des sociétés humaines face aux changements climatiques probables, en ce qui concerne en particulier l'agriculture et la production alimentaire, ainsi que d'autres facteurs tels que la quantité d'eau disponible, la santé et l'élévation du niveau de la mer, éléments importants d'un développement durable. Le GIEC a pour tâche d'établir un fondement scientifique solide permettant aux décideurs de mieux définir ce qui constitue une perturbation anthropique dangereuse du système climatique.

**1.7** Vu la tendance actuelle à l'augmentation des émissions de la plupart des gaz à effet de serre, la concentration atmosphérique de ces gaz va augmenter au cours du XXI<sup>e</sup> siècle et au-delà. Cette évolution va intensifier les perturbations du système climatique et accroître le risque d'incidences de changements climatiques susceptibles d'être considérées comme dangereuses. On a donc envisagé des évolutions possibles des futures émissions nettes pouvant aboutir à une stabilisation à divers niveaux et les contraintes générales que cela impliquerait. Cette analyse, qui constitue la partie suivante du présent document, est suivie d'un récapitulatif des techniques et des mesures permettant de réduire les émissions et d'accroître les puits de gaz à effet de serre.

**1.8** Le Document de synthèse aborde ensuite des questions liées à l'équité et à la garantie d'un développement économique durable. Il s'agit, par exemple, d'évaluer les dommages que pourrait entraîner l'évolution du climat et les incidences – coûts et

avantages, notamment – des mesures d'adaptation et d'atténuation considérées. Enfin, dans la section sur les perspectives d'avenir, on s'est fondé sur certains aperçus que permettent d'obtenir les études actuellement disponibles pour proposer des mesures initiales, même s'il est difficile, pour l'instant, de fixer un objectif en matière de concentrations atmosphériques, notamment dans le temps, en vue d'éviter "toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique".

**1.9** L'évolution du climat présente pour les décideurs un redoutable ensemble de difficultés : des incertitudes considérables inhérentes à la complexité du système, le risque de coûts ou de dommages irréversibles, une planification à très longue échéance, un décalage important entre les émissions et leurs impacts, de vastes différences régionales dans les causes et les effets, un problème irréductiblement global et de nombreux gaz à effet de serre et aérosols à prendre en compte. Le fait que la protection efficace du système climatique exige une collaboration à l'échelle mondiale complique encore la situation, étant donné les grandes différences existant en matière de revenus, de souplesse d'évolution et de perspectives d'avenir, ce qui pose des problèmes d'efficacité et d'équité nationale, internationale et entre générations. L'équité est un facteur important de légitimation des décisions et d'incitation à la coopération.

**1.10** Les décisions découlant de l'article 2 de la CCNUCC impliquent trois choix distincts mais liés : le niveau de stabilisation, l'évolution des émissions nettes et les techniques et mesures d'atténuation. Le présent document présente les informations scientifiques et techniques disponibles concernant ces trois choix. Il précise également les incertitudes restantes quant à ces informations. L'article 3 de la CCNUCC expose un ensemble de principes devant guider entre autres choses les mesures à prendre pour atteindre l'objectif ultime de la Convention, stipulé dans l'article 2. L'article 3.3<sup>2</sup> porte notamment sur les mesures à adopter en cas d'absence de certitude scientifique absolue, indiquant qu'il incombe aux Parties :

*"... de prendre des mesures de précaution pour prévoir, prévenir ou atténuer les causes des changements climatiques et en limiter les effets néfastes. Quand il y a risque de perturbations graves ou irréversibles,*

*l'absence de certitude scientifique absolue ne doit pas servir de prétexte pour différer l'adoption de telles mesures, étant donné que les politiques et mesures qu'appellent les changements climatiques requièrent un bon rapport coût/efficacité, de manière à garantir des avantages globaux au coût le plus bas possible. Pour atteindre ce but, il convient que ces politiques et mesures tiennent compte de la diversité des contextes socio-économiques, soient globales, s'étendent à toutes les sources et à tous les puits et réservoirs de gaz à effet de serre pertinents, comprennent des mesures d'adaptation et s'appliquent à tous les secteurs économiques. Les initiatives visant à faire face aux changements climatiques pourront faire l'objet d'une action concertée des Parties intéressées."*

Le Deuxième Rapport d'évaluation du GIEC présente également des informations à cet égard.

**1.11** Les grandes échelles de temps mises en jeu par le système climatique (par exemple le temps de résidence des gaz à effet de serre dans l'atmosphère) et le planning de remplacement des infrastructures, ainsi que le décalage, allant de plusieurs décennies à plusieurs siècles, entre la stabilisation des concentrations et la stabilisation des températures et du niveau moyen de la mer, indiquent l'importance de prendre des décisions au bon moment.

## **2. Les perturbations anthropiques du système climatique**

**2.1** Pour comprendre ce que représentent des concentrations de gaz à effet de serre à un niveau qui empêche toute perturbation dangereuse du système climatique, il faut d'abord analyser les concentrations actuelles de ces gaz dans l'atmosphère, leurs évolutions et leurs incidences (présentes et prévues) sur le système climatique.

**2.2** La concentration atmosphérique de gaz à effet de serre, parmi lesquels le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), le méthane (CH<sub>4</sub>) et l'oxyde nitreux (N<sub>2</sub>O) a fortement augmenté depuis l'époque préindustrielle (c'est-à-dire depuis 1750 environ) : le CO<sub>2</sub> est passé de 280 à près de 360 ppmv<sup>3</sup>, le CH<sub>4</sub> de 700 à 1720 ppbv et le N<sub>2</sub>O de 275 à 310 ppbv environ. Cette évolution est largement attribuable aux activités humaines : emploi de

combustibles fossiles, modification de l'occupation des sols et agriculture pour l'essentiel. La concentration d'autres gaz à effet de serre anthropiques a également augmenté. Globalement, l'augmentation de la concentration de gaz à effet de serre entraîne le réchauffement de l'atmosphère et de la surface de la Terre. De nombreux gaz à effet de serre restent dans l'atmosphère et influent sur le climat pendant une longue période.

**2.3** Les aérosols troposphériques provenant de la combustion de combustibles fossiles et de la biomasse ainsi que d'autres sources ont entraîné un forçage négatif direct, ainsi, probablement, qu'un forçage négatif indirect d'une valeur comparable. Le forçage négatif est concentré dans certaines régions et certaines zones subcontinentales, mais il peut avoir des incidences à des échelles continentales à hémisphériques, sur les caractéristiques du climat. A l'échelle locale, le forçage négatif imputable aux aérosols est parfois supérieur au forçage positif dû aux gaz à effet de serre. Contrairement aux gaz à effet de serre à longue durée de vie, les aérosols d'origine humaine ont une durée de vie très courte dans l'atmosphère. C'est pourquoi le forçage radiatif qui leur est imputable suit rapidement l'augmentation ou la diminution des émissions.

**2.4** En moyenne globale, la température à la surface a augmenté de 0,3 à 0,6°C environ depuis la fin du XIXe siècle. Cette évolution n'est vraisemblablement pas d'origine strictement naturelle. Les faits observés – les variations de la température moyenne mondiale de l'air à la surface et du profil spatial, saisonnier et vertical des températures dans l'atmosphère en particulier – concordent pour indiquer une influence perceptible de l'homme sur le climat. Il existe des incertitudes quant à certains facteurs clés, notamment l'ampleur et les caractéristiques de la variabilité naturelle à long terme du climat. En moyenne globale, le niveau de la mer s'est élevé de 10 à 25 cm au cours des cent dernières années. Ce phénomène est attribuable en grande partie à l'augmentation de la température moyenne dans le monde.

**2.5** Les données dont on dispose sont insuffisantes pour déterminer si des changements significatifs de la variabilité du climat ou des conditions météorologiques extrêmes se sont produits à l'échelle planétaire

au cours du XXe siècle. A l'échelle régionale, il existe des signes clairs d'évolution de certaines conditions extrêmes et de certains indicateurs de la variabilité du climat. Certains de ces changements semblent indiquer une augmentation de la variabilité du climat, d'autres une diminution. Cependant, il n'a pas été possible d'établir jusqu'à présent un rapport indubitable entre ces changements et les activités humaines.

## Conséquences éventuelles des perturbations futures

**2.6** En l'absence de politiques d'atténuation ou de progrès techniques sensibles permettant de réduire les émissions et/ou d'accroître les puits, on s'attend à une croissance de la concentration de gaz à effet de serre et d'aérosols tout au long du siècle prochain. Le GIEC a élaboré une série de scénarios, les scénarios IS92a à f, concernant la progression à venir des émissions de gaz à effet de serre et de polluants précurseurs d'aérosols. Ces scénarios reposent sur certaines hypothèses ayant trait à la croissance démographique et économique, à l'occupation des sols, aux progrès techniques, à l'approvisionnement énergétique et à divers combinaisons de sources d'énergie entre 1990 et 2100<sup>4</sup>. Dans ces scénarios, les émissions de dioxyde de carbone, en 2100, devraient se situer entre 6 GtC<sup>5</sup> par an environ, ce qui correspond à peu près au niveau d'émission actuel, et 36 GtC par an, la valeur la plus basse du GIEC correspondant à l'hypothèse d'une faible croissance démographique et économique d'ici 2100. Les émissions de méthane devraient se situer entre 540 et 1170 Tg<sup>6</sup> de CH<sub>4</sub> par an (alors qu'elles s'établissaient à environ 500 Tg de CH<sub>4</sub> en 1990), alors que les émissions d'oxyde nitreux devraient se situer entre 14 et 19 Tg de N par an (contre 13 Tg de N en 1990). Dans tous les cas de figure, la concentration de gaz à effet de serre dans l'atmosphère et le forçage radiatif total continueraient de s'accroître pendant l'intégralité de la période étudiée, de 1990 à 2100.

**2.7** Si, dans l'hypothèse du scénario moyen du GIEC (IS92a), l'on introduit dans les modèles la "valeur la plus probable" de la sensibilité du climat<sup>7</sup> et qu'on tient compte de l'incidence de l'augmentation prévue de la concentration d'aérosols, les modèles aboutissent à une augmentation de la température moyenne

globale à la surface d'environ 2°C entre 1990 et 2100. Cette valeur est d'un tiers inférieure environ à la "valeur la plus probable" déterminée en 1990. Une telle différence est due essentiellement au plus faible niveau d'émissions prévu par le scénario (en particulier pour le CO<sub>2</sub> et les CFC), à la prise en compte de l'effet de refroidissement des aérosols sulfatés et à l'amélioration du traitement du cycle du carbone. Si on combine le scénario du GIEC correspondant aux émissions les plus basses (IS92c), avec une "faible" valeur de la sensibilité du climat et qu'on tient compte de l'incidence de la progression prévue de la concentration d'aérosols, on aboutit à une augmentation de température d'environ 1°C en 2100. Si on combine le scénario correspondant aux émissions du GIEC les plus élevées (IS92e) avec une valeur "élevée" de la sensibilité du climat, on aboutit à un réchauffement de 3,5°C environ. Dans tous les cas de figure, le réchauffement se produirait à un taux moyen probablement plus élevé que ce qu'on a connu depuis 10 000 ans, mais l'évolution réelle à échéance de un à dix ans comprendrait une part considérable de variabilité naturelle. Les variations régionales des températures pourraient être sensiblement différentes de leur valeur en moyenne globale. En raison de l'inertie thermique des océans, la température de l'air, en 2100, n'aurait progressé que de 50 à 90 % vers son point d'équilibre; elle continuerait d'augmenter au-delà de cette date, même si la concentration de gaz à effet de serre s'était alors stabilisée.

**2.8** On prévoit une élévation du niveau moyen de la mer suite au réchauffement des océans et à la fonte des glaciers et des calottes glaciaires. Si, dans l'hypothèse du scénario moyen du GIEC (IS92a), l'on introduit dans les modèles la "valeur la plus probable" de la sensibilité du climat et qu'on tient compte de l'incidence de l'augmentation prévue de la concentration d'aérosols, les modèles aboutissent à une élévation du niveau de la mer d'environ 50 cm entre aujourd'hui et 2100. Cette valeur est inférieure de 25 % environ à la "valeur la plus probable" déterminée en 1990, en raison d'une élévation de température moindre selon les nouvelles projections, mais aussi en raison de l'amélioration des modèles du climat et de la fonte des glaces. Si on combine le scénario du GIEC correspondant aux émissions les plus basses (IS92c), avec une "faible" valeur de la sensibilité du climat et qu'on tient compte de l'inci-

dence des aérosols, on aboutit à une élévation du niveau de la mer de 15 cm environ entre aujourd'hui et 2100. Si on combine le scénario correspondant aux émissions du GIEC les plus élevées (IS92e) avec une valeur "élevée" de la sensibilité du climat, on aboutit à une élévation du niveau de la mer de 95 cm environ entre aujourd'hui et 2100. Le niveau de la mer continuerait de s'élever à une allure semblable au-delà de cette date, même si la concentration de gaz à effet de serre s'était alors stabilisée. Il continuerait de s'élever après que la température moyenne globale se soit stabilisée. A l'échelle régionale, les variations du niveau de la mer pourraient être différentes de leurs variations en moyenne globale à cause de mouvements de terrain et de modifications des courants océaniques.

**2.9** Les résultats des modèles climatiques couplant l'océan et l'atmosphère inspirent davantage confiance à l'échelle hémisphérique à continentale qu'à l'échelle régionale pour laquelle le degré de confiance reste bas. On a plus confiance dans les résultats relatifs à la température que dans ceux qui concernent l'hydrologie.

**2.10** Dans toutes les simulations obtenues à partir de modèles, que l'on tienne compte du forçage dû à l'augmentation de la concentration de gaz à effet de serre et d'aérosols ou uniquement du forçage dû à l'augmentation de la concentration de gaz à effet de serre, on aboutit aux résultats suivants : augmentation de la température en surface plus importante sur terre que sur mer en hiver; augmentation de la température de surface maximale dans les latitudes élevées de l'hémisphère Nord en hiver; faible augmentation de la température de surface dans l'Arctique en été; intensification du cycle hydrologique global moyen et accroissement de la hauteur des précipitations et de l'humidité du sol dans les latitudes élevées en hiver. Toutes ces variations s'expliquent par des mécanismes physiques identifiables.

**2.11** L'augmentation des températures va entraîner le renforcement du cycle hydrologique, d'où un risque d'aggravation des sécheresses et/ou des inondations à certains endroits et une possibilité de diminution de l'ampleur de ces phénomènes à d'autres endroits. Plusieurs modèles prévoient une augmentation de l'intensité des précipitations, ce qui pourrait conduire

à des épisodes pluvieux plus extrêmes. Nos connaissances actuelles sont insuffisantes pour qu'on puisse dire si le nombre ou la répartition géographique de fortes tempêtes telles que les cyclones tropicaux va varier.

**2.12** Actuellement, de nombreuses incertitudes et de nombreux facteurs limitent notre capacité à prévoir et à détecter les changements climatiques à venir. Des variations inattendues, rapides et de grande ampleur du système climatique (comme il s'en est produit par le passé) sont difficiles à prévoir de par leur nature même. La future évolution du climat risque donc de nous réserver des "surprises", dues notamment au caractère non linéaire du système climatique. En cas de forçage rapide, les systèmes non linéaires sont particulièrement susceptibles de comportements imprévisibles. Il est possible de réaliser des progrès en étudiant les processus et les sous-éléments non linéaires du système climatique. Citons, parmi les exemples de phénomènes non linéaires, les bouleversements rapides de la circulation dans l'Atlantique Nord et les rétroactions liées aux changements dans les écosystèmes terrestres.

### **3. Sensibilité et adaptation des systèmes à l'évolution du climat**

**3.1** On trouvera dans la présente section des informations scientifiques et techniques pouvant servir notamment à évaluer si l'ensemble prévu d'incidences envisageables de l'évolution du climat est susceptible d'entraîner des "perturbations anthropiques dangereuses du système climatique", telles que définies dans l'article 2 de la Convention-cadre, ainsi qu'à évaluer les possibilités d'adaptation à cette évolution. Cependant, il n'est pas encore possible de relier certains impacts avec des concentrations spécifiques de gaz à effet de serre dans l'atmosphère.

**3.2** La santé humaine, les écosystèmes terrestres et aquatiques et les systèmes socio-économiques (agriculture, exploitation forestière, pêche et ressources en eau, par exemple), éléments indispensables au développement et au bien-être de l'humanité, sont sensibles, à la fois, à l'ampleur et au rythme des variations climatiques. Si de nombreuses régions sont

susceptibles de souffrir des effets négatifs de l'évolution du climat, dont certains risquent d'être irréversibles, quelques-uns des effets du changement climatique seront vraisemblablement bénéfiques. C'est pourquoi les divers secteurs de la société doivent s'attendre à être confrontés à des bouleversements multiples et à la nécessité de s'y adapter.

**3.3** Les changements climatiques d'origine humaine représentent une contrainte supplémentaire notable, surtout pour les nombreux écosystèmes et systèmes socio-économiques déjà touchés par la pollution, l'exigence croissante de ressources et les pratiques de gestion non durable. La vulnérabilité des systèmes sanitaires et socioéconomiques – et, dans une moindre mesure, des écosystèmes – dépend des conditions économiques et de l'infrastructure institutionnelle. Il s'ensuit qu'en général, les systèmes sont plus vulnérables dans les pays en voie de développement, où les conditions économiques et institutionnelles sont moins favorables.

**3.4** Bien que nos connaissances se soient sensiblement améliorées depuis une dizaine d'années et qu'il soit désormais possible de procéder à des évaluations qualitatives, toute évaluation quantitative des incidences de l'évolution du climat sur un système donné et à un endroit donné est difficile à établir du fait de l'incertitude des prévisions climatiques à l'échelle régionale, d'une connaissance actuellement limitée de nombreux processus essentiels, de la sensibilité des systèmes à de multiples contraintes climatiques et non climatiques dont les interactions ne sont pas toujours linéaires ou additives, et du fait que très peu d'études ont porté sur les réactions dynamiques des systèmes à une augmentation progressive de la concentration de gaz à effet de serre ou sur les conséquences d'une augmentation des concentrations allant au-delà d'un doublement des concentrations équivalentes de CO<sub>2</sub>

**3.5** Pendant plusieurs dizaines d'années, il sera très difficile de déterminer avec certitude dans quelle mesure les changements dans la plupart des écosystèmes et des systèmes socio-économiques sont imputables à l'évolution du climat, en raison de la complexité de ces systèmes, de leurs nombreuses rétroactions non linéaires et de leur sensibilité à une multitude de facteurs climatiques et non climatiques

qui, vraisemblablement, vont continuer à évoluer simultanément. Il est d'autant plus probable que l'avenir nous réservera des surprises et des changements rapides inattendus que l'évolution envisagée du climat dépasse les limites de nos connaissances empiriques (qui se limitent aux incidences connues des variations des climats du passé).

## Sensibilité des systèmes

### *Ecosystèmes terrestres et aquatiques*

**3.6** Les écosystèmes représentent la totalité du réservoir terrestre de diversité génétique et de diversité entre espèces et sont à l'origine d'un grand nombre de biens et de services essentiels aux individus et à la société. Ces biens et ces services comprennent i) la production de la nourriture, des fibres, des médicaments et de l'énergie, ii) la transformation et le stockage du carbone et d'autres éléments nutritifs, iii) l'assimilation des déchets, l'épuration de l'eau, la régularisation du ruissellement et la lutte contre les inondations, la dégradation des sols et l'érosion des plages, et iv) des possibilités d'activités récréatives et touristiques. La composition et la répartition géographique de nombreux écosystèmes (forêts, prairies, déserts, écosystèmes de montagne, lacs, zones humides et océans, par exemple) vont se modifier à cause des réactions de diverses espèces à l'évolution du climat. La diversité biologique et les biens et services que les écosystèmes offrent à la société vont vraisemblablement diminuer. Il faudra sans doute plusieurs centaines d'années après la stabilisation du climat pour que certains écosystèmes parviennent à un nouvel équilibre. La présente section illustre les incidences des changements climatiques sur certains écosystèmes déterminés.

**3.7 Forêts.** Selon les modèles, en raison de l'évolution possible des températures et de la quantité d'eau disponible que pourrait entraîner un doublement de la concentration équivalente de CO<sub>2</sub>, une proportion importante des zones actuellement boisées (un tiers en moyenne mondiale – d'un septième aux deux tiers selon les régions) subiraient une vaste mutation des grands types de végétation, maximale aux latitudes élevées et minimale aux latitudes tropicales. On s'attend à ce que le climat évolue

à une allure rapide par rapport au rythme de croissance, de reproduction et de régénération des essences forestières. Ainsi, les espèces composant les forêts changeront probablement; certains types de forêts pourront entièrement disparaître, tandis que de nouvelles espèces s'assembleront pour donner lieu à de nouveaux écosystèmes. De grandes quantités de carbone pourraient être rejetées dans l'atmosphère lors de la transition entre deux types de peuplement forestier, car en période de mortalité forestière élevée, le taux de déperdition du carbone est supérieur à son taux de fixation lors de la phase de croissance vers la maturité.

**3.8 Déserts et désertification.** Les conditions des régions désertiques risquent de devenir plus extrêmes : à quelques exceptions près, on prévoit que ces régions deviendront plus chaudes mais guère plus humides. Un réchauffement pourrait mettre en danger des organismes déjà proches des limites de la tolérance thermique. La désertification – dégradation des sols dans les zones arides, semiarides et subhumides sèches, due à divers facteurs dont les variations climatiques et les activités humaines – risque d'autant plus de devenir irréversible que l'environnement deviendra plus sec et que les sols seront plus dégradés par l'érosion et le tassement.

**3.9 Ecosystèmes de montagne.** Il est prévu que la répartition de la végétation selon l'altitude se déplace vers le haut. Certaines espèces ayant une aire de répartition climatique limitée aux sommets des montagnes risquent l'extinction à cause de la disparition de leur habitat ou de la réduction de leur potentiel de migration.

**3.10 Ecosystèmes aquatiques et côtiers.** En ce qui concerne les lacs et les cours d'eau, le réchauffement climatique aurait les répercussions biologiques les plus marquées aux latitudes élevées, où la productivité biologique augmenterait, ainsi qu'à la limite de basse latitude entre les zones de répartition des espèces d'eau froide et d'eau fraîche, où le nombre d'extinctions serait maximal. La répartition géographique des zones humides risque de se modifier en raison de l'évolution des températures et des précipitations. On prévoit des réactions très diverses des écosystèmes côtiers, dont l'importance économique et écologique est considérable, face à la modification du climat et du

niveau de la mer. Certains écosystèmes côtiers sont particulièrement menacés, notamment les marais d'eau salée, les mangroves, les marécages côtiers, les plages de sable, les récifs de corail, les atolls coralliens et les deltas fluviaux. L'altération de ces écosystèmes aurait de graves conséquences pour le tourisme, l'alimentation en eau douce, la pêche et la biodiversité.

### ***Hydrologie et gestion des ressources en eau***

**3.11** Selon les modèles, une proportion de un tiers à la moitié de la masse des glaciers alpins actuels pourrait disparaître au cours des 100 prochaines années. La réduction de la superficie des glaciers et de l'enneigement risque de se répercuter sur la répartition saisonnière des débits fluviaux et de l'alimentation en eau des centrales hydroélectriques et de l'agriculture. Les bouleversements hydrologiques prévus et la réduction de la superficie et de l'épaisseur du pergélisol pourraient entraîner une détérioration à grande échelle de l'infrastructure, un rejet plus important de dioxyde de carbone dans l'atmosphère et la modification des processus qui contribuent au rejet de méthane dans l'atmosphère.

**3.12** L'évolution du climat va conduire à une intensification du cycle hydrologique global et peut avoir d'importantes répercussions sur les ressources régionales en eau. Les variations de la hauteur totale, de la fréquence et de l'intensité des précipitations se répercutent directement sur l'ampleur et la répartition dans le temps du ruissellement ainsi que sur l'importance des inondations et des sécheresses. Cependant, on connaît mal actuellement les effets de ces variations à l'échelle régionale. Des variations relativement faibles des températures et des précipitations, associées à leurs effets non linéaires sur l'évapotranspiration et l'humidité du sol, peuvent entraîner une altération assez sensible du ruissellement, surtout dans les régions arides et semi-arides. La quantité et la qualité des eaux de distribution posent déjà de sérieux problèmes dans de nombreuses régions, et notamment dans certaines zones côtières, dans certains deltas et sur certaines petites îles, ce qui rend les pays concernés particulièrement vulnérables en cas de nouvelles réductions de la quantité d'eau disponible *in situ*.

### ***Agriculture et exploitation forestière***

**3.13** Les variations de la production et de la productivité agricoles imputables à l'évolution du climat vont être extrêmement variables selon les régions et les endroits, ce qui transformera les modes de production. Il est prévu que la productivité augmente dans certaines régions et diminue dans d'autres, surtout aux latitudes tropicales et subtropicales. Les études effectuées jusqu'à présent à partir de modèles supposant un doublement de la concentration équivalente de CO<sub>2</sub> indiquent que dans l'ensemble, la production agricole mondiale pourrait se maintenir par rapport au niveau actuel. Cette conclusion tient compte du rôle fertilisant du CO<sub>2</sub> mais non des incidences des parasites et des conséquences possibles d'une modification de la variabilité climatique. Cependant, l'examen de la production agricole mondiale ne rend pas compte des conséquences graves que peuvent avoir des différences sensibles à l'échelle locale et régionale, même dans les moyennes latitudes. Les risques de disette alimentaire et de famine pourraient s'accroître à certains endroits. C'est parmi les populations les plus pauvres du monde (notamment celles des régions tropicales et subtropicales qui, dans les zones arides et semi-arides, dépendent de systèmes d'exploitation agricole isolés) que le problème de la faim est susceptible de s'intensifier le plus. Au cours du XXI<sup>e</sup> siècle, l'approvisionnement mondial en bois risque de correspondre de moins en moins à la demande envisagée en raison de facteurs tant climatiques que non climatiques.

### ***Infrastructure humaine***

**3.14** De toute évidence, l'évolution du climat va accroître la vulnérabilité de certaines populations côtières face aux inondations et au recul des terres par érosion. On estime actuellement à 46 millions par an le nombre de personnes menacées d'inondations dues à des tempêtes. Faute de mesures d'adaptation et si l'on ne tient pas compte de la croissance démographique prévue, une élévation de 50 cm du niveau de la mer porterait ce nombre à environ 92 millions, tandis qu'une élévation d'un mètre le porterait à 118 millions. Diverses études prévoyant une élévation d'un mètre indiquent que les petites îles et les deltas sont particulièrement exposés. Une telle élévation

correspond à la limite supérieure des estimations établies par le Groupe de travail I du GIEC pour 2100. Il est à noter cependant que, selon les modèles, le niveau de la mer devrait continuer à monter au-delà du XXI<sup>e</sup> siècle. Compte tenu de l'état actuel des dispositifs de protection, le recul des terres prévu est par exemple de 0,05% pour l'Uruguay, de 1,0% pour l'Égypte, de 6,0% pour les Pays-Bas, de 17,5% pour le Bangladesh et d'environ 80% pour l'île Majuro, dans l'archipel Marshall. Certains petits États insulaires et d'autres pays seront plus vulnérables en raison de la relative faiblesse des dispositifs actuels de protection maritime et côtière. Les pays ayant une plus forte densité de population seront aussi plus vulnérables. Les tempêtes et les inondations menaceraient ainsi des civilisations entières. L'élévation du niveau de la mer pourrait y obliger des populations entières à des migrations internes ou internationales.

### *Santé humaine*

**3.15** L'évolution du climat risque d'avoir des conséquences nombreuses et essentiellement préjudiciables pour la santé et d'accroître sensiblement la mortalité. Les conséquences directes de cette évolution seraient l'accroissement de la mortalité et des affections (en majorité cardiorespiratoires) imputables à l'augmentation prévue de l'intensité et de la durée des vagues de chaleur. Le réchauffement des régions froides pourrait se traduire par une diminution du taux de mortalité dû au froid. Les conséquences indirectes de l'évolution du climat, qui devraient être prédominantes, seraient le risque de recrudescence de maladies infectieuses à transmission par vecteur (telles que le paludisme, la fièvre dengue, la fièvre jaune et certaines encéphalites d'origine virale) imputable à l'extension de l'aire de répartition et à l'allongement de la période de reproduction des vecteurs. Selon des projections obtenues à partir de modèles (nécessitant l'emploi d'hypothèses simplificatrices), si l'on suppose un réchauffement planétaire de 3 à 5°C d'ici 2100 – contre 1 à 3,5°C selon la projection du GIEC –, on pourrait observer une recrudescence du paludisme (de l'ordre de 50 à 80 millions de cas supplémentaires par an par rapport à un total mondial évalué à 500 millions de cas), surtout dans les régions tropicales et subtropicales et parmi les populations les moins bien protégées de la zone tempérée. Les mala-

dies infectieuses à transmission non vectorielle telles que la salmonellose, le choléra et la giardiase pourrait également s'étendre en raison de l'élévation des températures et de la multiplication des inondations. La raréfaction de l'eau douce et des denrées alimentaires nutritives et l'aggravation de la pollution de l'air vont également se répercuter sur la santé.

**3.16** Il est difficile de quantifier les incidences prévues de l'évolution du climat sur la santé, car la gravité des problèmes sanitaires imputables à cette évolution dépend de nombreux facteurs concomitants et interdépendants qui caractérisent la vulnérabilité de la population concernée : conditions ambiantes et socio-économiques, état nutritionnel et immunitaire, densité de la population et accessibilité à des services de santé de qualité. Ainsi, la vulnérabilité des populations face aux incidences des changements climatiques sur la santé dépendrait de leurs ressources naturelles, techniques et sociales.

### **Techniques et mesures d'adaptation envisageables**

**3.17** De façon générale, les progrès techniques ont élargi les possibilités d'adaptation des systèmes gérés par l'homme. En ce qui concerne les ressources en eau douce, les mesures d'adaptation envisageables comprennent une gestion plus efficace des ressources et de l'infrastructure actuelles, des dispositions institutionnelles visant à limiter la demande future et à promouvoir la conservation de ces ressources, l'amélioration des mécanismes de prévision et de suivi des inondations et des sécheresses, la remise en état des bassins versants, surtout dans les régions tropicales, et la construction de nouvelles retenues. En matière d'agriculture, ces mesures d'adaptation consistant par exemple à modifier les cultures ou les variétés cultivées, à améliorer les techniques de gestion des eaux et d'irrigation et à modifier le calendrier des plantations et les techniques agricoles, joueront un rôle important pour limiter les effets négatifs de l'évolution du climat et pour bénéficier de ses effets positifs. Une gestion efficace des zones côtières et une réglementation de l'aménagement du territoire pourraient contribuer à éloigner les populations de secteurs vulnérables tels que zones d'inondation, collines escarpées ou zones côtières de

basse altitude. Les mesures d'adaptation permettant de réduire les incidences de l'évolution du climat sur la santé sont les dispositifs de protection (logement, climatisation, épuration des eaux et vaccinations), la préparation à des catastrophes et les soins de santé appropriés.

**3.18** Cependant, l'accès de nombreuses régions du monde à ces techniques et aux informations appropriées est actuellement limité. Pour certains États insulaires, le prix de la protection est pratiquement prohibitif, en raison essentiellement de la faiblesse des capitaux susceptibles d'être investis. L'efficacité et l'utilisation à bon compte des stratégies d'adaptation va dépendre de la disponibilité de ressources financières, des transferts de technologies et des pratiques culturelles, pédagogiques, administratives, institutionnelles, juridiques et réglementaires sur le plan national et international. La prise en compte des problèmes posés par l'évolution du climat dans les décisions concernant l'utilisation des ressources et le développement et dans les plans ordinaires d'investissements d'infrastructure va faciliter l'adaptation à cette évolution.

#### **4. Approche analytique de la stabilisation de la concentration de gaz à effet de serre**

**4.1** L'article 2 de la Convention-cadre sur les changements climatiques parle explicitement de "*stabiliser [...] les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère*". On trouvera dans la présente section des informations sur l'importance relative des divers gaz à effet de serre pour le forçage du système climatique et sur la façon de faire varier les émissions de ces gaz en vue d'en stabiliser la concentration dans l'atmosphère à des niveaux choisis.

**4.2** Les émissions de dioxyde de carbone, de méthane et d'oxyde nitreux sont d'origine soit naturelle, soit anthropique. Depuis l'époque préindustrielle (c'est-à-dire depuis 1750 environ), les émissions anthropiques de ces gaz ont contribué à 80% environ du forçage climatique supplémentaire dû aux gaz à effet de serre. Les émissions de CO<sub>2</sub>, environ quatre fois plus élevées que celles de CH<sub>4</sub>, contribuent à 60% de ce forçage.

**4.3** Les autres gaz à effet de serre comprennent l'ozone troposphérique (dont les précurseurs chimiques sont les oxydes d'azote, les hydrocarbures non méthaniques et le monoxyde de carbone), les hydrocarbures halogénés<sup>9</sup> (dont les HCFC et les HFC) et l'hexafluorure de soufre. Les aérosols et l'ozone troposphériques ont une répartition hétérogène dans le temps et l'espace et une courte durée de vie dans l'atmosphère (de quelques jours à quelques semaines). Les aérosols sulfatés sont susceptibles d'être l'objet de mesures de réduction, prises d'ailleurs en compte dans les scénarios du GIEC.

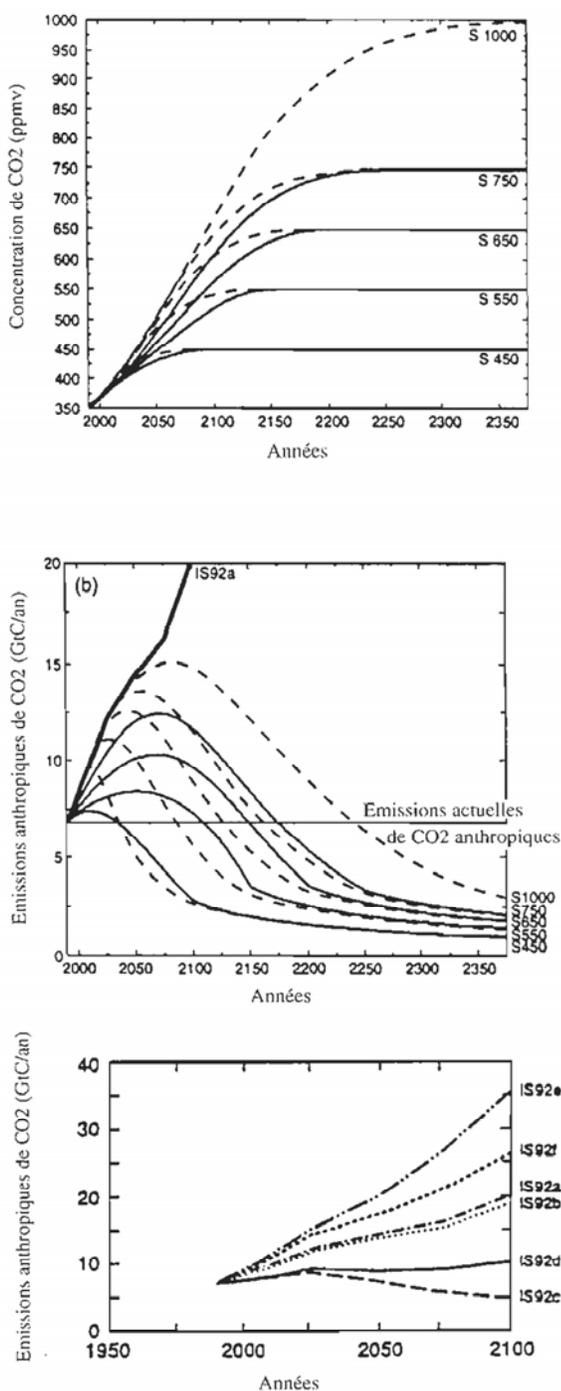
**4.4** Selon la plupart des scénarios concernant les émissions, faute de politiques d'atténuation, les émissions de gaz à effet de serre vont continuer de s'accroître au cours du XXI<sup>e</sup> siècle, entraînant des concentrations dont les modèles prévoient qu'elles apporteront au climat des modifications plus profondes que celles qui correspondent à un doublement de la concentration de dioxyde de carbone par rapport à l'époque préindustrielle.

#### **Stabilisation des gaz à effet de serre**

**4.5** Pour envisager la stabilisation de la concentration des gaz à effets de serre, il convient de considérer l'ensemble des gaz concernés. Nous allons commencer par le dioxyde de carbone, qui, en raison de son importance et de la complexité de son comportement, nécessite une étude plus approfondie que les autres gaz à effet de serre.

#### *Le dioxyde de carbone*

**4.6** Divers processus se déroulant à des échelles de temps différentes sont à l'origine de l'élimination du dioxyde de carbone de l'atmosphère. Le CO<sub>2</sub> a une durée de vie relativement longue dans l'atmosphère, de l'ordre d'un siècle ou davantage. Si les émissions nettes globales d'origine humaine<sup>10</sup> devaient se maintenir à leur niveau actuel (environ 7 GtC par an, y compris les émissions dues à la combustion de combustibles fossiles, à la production de ciment et à la modification de l'occupation des sols), la concentration de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère s'élèverait de façon pratiquement constante pendant au moins 200 ans,



**Figure 1 (a). Profils de la concentration de dioxyde de carbone** devant permettre une stabilisation au niveau 450, 550, 650 ou 750 ppmv selon les trajets établis par le GIEC (1994) (traits pleins) et en supposant que le scénario IS92a sera vérifié au moins jusqu'en 2000 (tirets). Un seul profil a été tracé pour la stabilisation de la concentration de dioxyde de carbone au niveau 1000 ppmv, en supposant que le scénario IS92a sera suivi au moins jusqu'en 2000. Le dioxyde de carbone seul (c'est-à-dire sans tenir compte de l'incidence des autres gaz à effet de serre (GES) et des aérosols) entraînerait une élévation de la température d'équilibre par rapport à 1990<sup>15</sup> d'environ 1°C (fourchette de 0,5 à 1,5°C) en cas de stabilisation au niveau 450 ppmv, d'environ 2°C (fourchette de 1,5 à 4°C) pour 650 ppmv et d'environ 3,5°C (fourchette de 2 à 7°C) pour 1000 ppmv. En cas de doublement de la concentration de CO<sub>2</sub> par rapport à l'époque préindustrielle (où elle s'établissait à 280 ppmv), cette concentration atteindrait 560 ppmv. En cas de doublement par rapport à aujourd'hui (358 ppmv), elle atteindrait à peu près 720 ppmv.

**Figure 1 (b). Emissions de dioxyde de carbone** permettant une stabilisation de la concentration au niveau 450, 550, 650, 750 ou 1000 ppmv selon les profils indiqués en (a), d'après un modèle moyen du cycle du carbone. Les résultats obtenus à partir d'autres modèles pourraient varier jusqu'à  $\pm 15\%$  par rapport aux chiffres présentés ici. A titre de comparaison, on a également représenté les émissions de CO<sub>2</sub> selon le scénario IS92a et les émissions actuelles (traits pleins fins).

**Figure 2. Emissions anthropiques annuelles de dioxyde de carbone** selon les divers scénarios IS92. (On trouvera de plus amples détails dans le tableau 1 du Résumé à l'intention des décideurs publié par le Groupe de travail II du GIEC.)

atteignant 500 ppmv environ vers la fin du XXI<sup>e</sup> siècle (soit près du double de la concentration de 280 ppmv observée avant l'ère industrielle). Les modèles du cycle du carbone indiquent qu'une stabi-

lisation immédiate de la concentration de dioxyde de carbone à son niveau actuel ne pourrait être obtenue qu'au prix d'une réduction immédiate de 50 à 70% des émissions de ce gaz et de réductions plus importantes par la suite.

**Tableau 1.** Emissions mondiales totales de dioxyde de carbone d'origine humaine cumulées de 1991 à 2100 (en GtC) selon les divers scénarios IS92 (voir le tableau 1 dans le Résumé à l'intention des décideurs publié par le Groupe de travail II du GIEC) et en cas de stabilisation de la concentration de CO<sub>2</sub> à divers niveaux selon les deux ensembles d'échelonnements de l'évolution présentés dans la figure 1(a). Les émissions cumulées de dioxyde de carbone permettant une stabilisation de la concentration aux niveaux définis ont été calculées à partir d'un modèle moyen du cycle du carbone. Les résultats obtenus à partir d'autres modèles pourraient varier jusqu'à ± 15 % par rapport aux chiffres présentés ici.

Scénarios IS92	Emissions de dioxyde de carbone cumulées de 1991 à 2100 (en GtC) <sup>a</sup>
c	770
d	980
b	1 430
a	1 500
f	1 830
e	2 190

Niveau de stabilisation	Profils A <sup>b</sup>	Profils B <sup>c</sup>
450 ppmv	630	650
550 ppmv	870	990
650 ppmv	1 030	1 190
750 ppmv	1 200 <sup>d</sup>	1 300 <sup>d</sup>
1 000 ppmv	–	1 410 <sup>d</sup>

a On notera à titre de comparaison qu'entre 1860 et 1994, les émissions ont totalisé environ 360 GtC, dont 240 imputables à l'emploi de combustibles fossiles et 120 au déboisement et à la modification de l'occupation des sols.

b Selon les profils de l'évolution établis par le GIEC (1994) : voir la figure 1(a) (traits pleins).

c Profils supposant que le scénario IS92a sera suivi au moins jusqu'en 2000 : voir la figure 1(a) (tirets).

d Concentrations non stabilisées en 2100.

**4.7** Les modèles du cycle du carbone ont été employés afin de prévoir, pour les émissions de dioxyde de carbone, des profils permettant d'aboutir à une stabilisation des concentrations à divers niveaux. De tels profils ont été établis pour certains niveaux caractéristiques : 450, 550, 650, 750 et 1000 ppmv. La figure 1 illustre deux des nombreux échelonnements de l'évolution envisageables pour obtenir une stabilisation aux niveaux 450, 550, 650 et 750 ppmv, et un de ces échelonnements pour le niveau 1000 ppmv. Dans ces scénarios, plus la courbe représentant l'augmentation des émissions (donc la concentration) est prononcée, plus l'évolution du climat se produira rapidement.

**4.8** Toute stabilisation des concentrations à un moment donné dépendra davantage des émissions cumulées de CO<sub>2</sub> d'origine humaine de maintenant au moment de la stabilisation que de l'évolution de ces émissions pendant cette période. Cela implique que pour obtenir la stabilisation des concentrations à un certain niveau, il faudra réduire les émissions davantage ultérieurement si elles restent plus élevées dans un premier temps. Le tableau 1 indique les émissions cumulées de 1991 à 2100 correspondant aux niveaux définis, ainsi que les émissions cumulées de dioxyde de carbone pour l'ensemble des scénarios IS92 du GIEC. (On trouvera des détails sur ces scénarios dans la figure 2 ci-après ainsi que dans le tableau 1 du Résumé à l'intention des décideurs publié par le Groupe de travail II du GIEC.)

**4.9** La figure 1 et le tableau 1 illustrent certaines des contraintes imposables aux émissions futures de dioxyde de carbone afin que la concentration de CO<sub>2</sub> se stabilise aux niveaux indiqués. Ces exemples ne constituent nullement des recommandations quant à la façon d'atteindre les niveaux définis ni quant au niveau auquel la concentration de CO<sub>2</sub> devrait être stabilisée.

**4.10** On peut, en se fondant sur les émissions cumulées et sur le scénario IS92a du GIEC pour la période

1990-2100 en matière démographique et économique, calculer, selon les divers scénarios de stabilisation, la moyenne annuelle globale des émissions de dioxyde de carbone par habitant ou par unité d'activité économique. Pour que la concentration de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère reste inférieure à 550 ppmv, la moyenne annuelle globale des émissions ne devra pas dépasser la moyenne actuelle globale au cours du siècle prochain et devra même devenir nettement inférieure avant la fin et au-delà du XXI<sup>e</sup> siècle. Pour que cette concentration se stabilise à un niveau situé entre 750 et 1000 ppmv, les émissions pourront être plus élevées en moyenne annuelle globale. Néanmoins, même pour obtenir un tel niveau, il faudra limiter la moyenne annuelle globale des émissions à moins de 50% du niveau actuel par habitant ou par unité d'activité économique<sup>12</sup>.

**4.11**<sup>13</sup> Actuellement, la moyenne mondiale annuelle des émissions de dioxyde de carbone s'élève à 1,1 tonne (de carbone) par habitant. En outre, le déboisement et la modification de l'occupation des sols produisent des émissions nettes égales à 0,2 tonne par habitant. Dans les pays développés ou ceux dont l'économie est en transition, la moyenne annuelle des émissions dues aux combustibles fossiles s'élève à environ 2,8 tonnes par habitant, avec une fourchette de 1,5 à 5,5 tonnes. Dans les pays en voie de développement, elle s'élève à 0,5 tonne, avec une fourchette de 0,1 tonne à plus de 2,0 tonnes dans un petit nombre de cas (l'ensemble de ces chiffres étant valables pour 1990).

**4.12**<sup>14</sup> Selon les données de la Banque mondiale sur le PIB (produit intérieur brut) au taux de change du marché, la moyenne mondiale annuelle des émissions de dioxyde de carbone liées à l'énergie est actuellement de 0,3 tonne par millier de dollars US (au taux 1990) de PIB. Les émissions mondiales nettes dues à la modification de l'occupation des sols s'élèvent à environ 0,05 tonne par millier de dollars US (au taux 1990) de PIB. La moyenne annuelle des émissions liées à l'énergie, pour US\$ 1000 (au taux 1990) de PIB évalué au taux de change du marché, est actuellement d'environ 0,27 tonne dans les pays développés ou dont l'économie est en transition et d'environ 0,41 tonne dans les pays en voie de développement. En utilisant les estimations du PIB faites par la Banque mondiale avec des taux de

change fondés sur la parité de pouvoir d'achat, la moyenne annuelle des émissions liées à l'énergie est actuellement, pour US\$ 1000 (au taux 1990) de PIB, d'environ 0,26 tonne dans les pays développés ou dont l'économie est en transition et d'environ 0,16 tonne dans les pays en voie de développement<sup>15</sup>.

### *Le méthane*

**4.13** La concentration de méthane dans l'atmosphère suit l'évolution des émissions d'origine humaine sur une période de 9 à 15 ans. Pour que cette concentration se stabilise au niveau d'aujourd'hui, il faudrait que les émissions soient immédiatement réduites d'environ 30 Tg CH<sub>4</sub> par an (soit 8% environ des émissions anthropiques actuelles). Si les émissions de méthane devaient se maintenir au niveau actuel, la concentration de méthane (qui était de 1720 ppbv en 1994) passerait à 1820 ppbv d'ici 40 ans.

### *L'oxyde nitreux*

**4.14** L'oxyde nitreux a une longue durée de vie (120 ans environ). Pour que la concentration d'oxyde nitreux se stabilise à peu près au niveau actuel (312 ppbv en 1994), il faudrait que les sources anthropiques de ce gaz soient immédiatement réduites de plus de 50%. Si les émissions devaient se maintenir au niveau actuel, la concentration d'oxyde nitreux passerait à 400 ppbv environ sur plusieurs centaines d'années, multipliant par quatre son forçage radiatif différentiel par rapport au niveau actuel.

### *Autres éléments concernant la stabilisation*

**4.15** La stabilisation de la concentration de gaz à très longue durée de vie tels que l'hexafluorure de soufre et les hydrocarbures perfluorés ne peut s'obtenir de façon effective qu'en mettant fin aux émissions de ces gaz.

**4.16** Dans tous les scénarios IS92 (a à f), le forçage climatique dû au CO<sub>2</sub> par rapport à celui imputable aux autres gaz à effet de serre s'accroît avec le temps. Dans le scénario IS92a, par exemple, il doit passer de

60% actuellement à 75% environ en 2100. Pendant la même période, le forçage dû au méthane et à l'oxyde nitreux s'accroît de deux à trois fois en valeur absolue.

**4.17** On exprime fréquemment le forçage radiatif combiné dû à l'ensemble des gaz à effet de serre sous forme de concentration équivalente de dioxyde de carbone qui aboutirait au même forçage. En raison des effets des autres gaz à effet de serre, la stabilisation à un niveau donné de la concentration équivalente de dioxyde de carbone impliquerait le maintien de la concentration de dioxyde de carbone à un niveau plus bas.

**4.18** La stabilisation de la concentration de gaz à effet de serre ne signifie pas pour autant que le climat cesserait d'évoluer. Après cette stabilisation, la température moyenne globale à la surface continuerait d'augmenter pendant quelques centaines d'années et le niveau de la mer de s'élever pendant beaucoup de centaines d'années.

## 5. Techniques et mesures d'atténuation envisageables

**5.1** Dans le Deuxième Rapport d'évaluation du GIEC (1995), un grand nombre de mesures visant à réduire les émissions et à accroître les puits de gaz à effet de serre sont étudiées. On trouvera dans la présente section des informations techniques sur les solutions pouvant être adoptées afin de réduire les émissions d'origine humaine et accroître les puits des principaux gaz à effet de serre en vue de stabiliser la concentration de ces gaz dans l'atmosphère. Cependant, cette analyse ne cherche pas à quantifier les éventuelles conséquences macro-économiques des mesures d'atténuation envisageables.

**5.2** Des réductions sensibles des émissions nettes de gaz à effet de serre sont techniquement possibles et peuvent être économiquement réalisables. Ces réductions peuvent être obtenues en utilisant une vaste gamme de techniques et de mesures politiques accélérant le développement, la diffusion et le transfert de technologies dans tous les secteurs, y compris le secteur énergétique, industriel, des transports, résidentiel/commercial et agricole/forestier.

**5.3** La mesure dans laquelle les possibilités technologiques et l'efficacité économique seront concrètement réalisées va dépendre d'initiatives visant à remédier à la pénurie d'informations et à surmonter les obstacles culturels, institutionnels, juridiques, financiers et économiques qui peuvent s'opposer à la diffusion des techniques et à l'évolution des comportements.

**5.4** D'ici 2100, le système mondial de fourniture commerciale d'énergie aura été remplacé au moins deux fois, ce qui permettra de modifier le système énergétique sans réforme prématurée des investissements. D'importantes immobilisations corporelles vont être également remplacées dans les secteurs industriel, commercial, résidentiel et agricole/forestier. Ces cycles de remplacement des investissements donnent la possibilité d'exploiter des techniques nouvelles, plus performantes.

## La demande d'énergie

**5.5** Le GIEC (1992 et 1994) prévoit que faute d'intervention, les émissions dues aux secteurs industriel, des transports et des bâtiments à usage commercial ou d'habitation pourraient augmenter sensiblement. Plusieurs études indiquent que dans de nombreuses régions du monde, le rendement énergétique peut être accru de 10 à 30% par rapport au niveau actuel dans chacun de ces secteurs à un coût négatif<sup>16</sup> ou nul, grâce à des mesures techniques d'économie et à l'amélioration des pratiques de gestion au cours des 20 à 30 prochaines années. En utilisant les techniques qui, actuellement, fournissent la plus grande quantité de services énergétiques pour un apport d'énergie donné, il serait techniquement possible, dans de nombreux pays, d'aboutir à des gains d'efficacité de 50 à 60% pendant la même période. La concrétisation de ces possibilités dépendra de la réduction des coûts, du rythme de développement, de la mise en œuvre de nouvelles techniques, du financement et du transfert de technologies, ainsi que des mesures qui seront adoptées pour surmonter divers obstacles non techniques. Comme la consommation d'énergie s'accroît à l'échelle planétaire, les émissions de gaz à effet de serre pourraient continuer à augmenter dans l'absolu à l'avenir, même si l'on remplace les techniques actuelles par des techniques plus efficaces.

Parmi les techniques et mesures permettant de réduire les émissions de gaz à effet de serre chez les utilisateurs du secteur énergétique, on peut citer les suivantes.

- **Industrie** : amélioration du rendement, recyclage des matériaux, utilisation de matériaux utilisant moins d'émissions de gaz à effet de serre et mise au point de processus consommant moins d'énergie et de matière première
- **Transports** : véhicules utilisant des systèmes de propulsion très efficaces, de construction légère et de conception aérodynamique, utilisation de véhicules plus petits, modification du schéma d'occupation des sols, des systèmes de transport, de la conception de la mobilité et du mode de vie, mise en place de moyens de transport moins consommateurs d'énergie, utilisation de carburants de remplacement et d'électricité provenant de sources renouvelables ou d'autres sources n'entraînant pas d'augmentation des concentrations de gaz à effet de serre.
- **Secteur résidentiel et commercial** : réduction des échanges thermiques par les structures des bâtiments et accroissement du rendement énergétique des appareils de climatisation, de l'alimentation en eau, des dispositifs d'éclairage et des appareils électriques.

## L'offre d'énergie

**5.6** Il est possible, sur le plan technique, de réduire sensiblement d'ici 50 à 100 ans les émissions imputables aux différentes filières énergétiques si l'on fait appel à des stratégies de substitution dans le cadre du planning normal des investissements nécessaires pour remplacer les infrastructures et les équipements à mesure de leur usure ou de leur obsolescence. Voici certaines techniques prometteuses, qui ne sont pas classées ici par ordre de priorité.

a) Réduction des émissions de gaz à effet de serre en cas d'utilisation de combustibles fossiles :

- augmentation du rendement de conversion des combustibles fossiles (par exemple : production combinée d'électricité et de chaleur, et augmentation du rendement de la production d'électricité);
- passage à des combustibles fossiles à faible teneur en carbone et suppression des émissions (passage du charbon au fuel ou au gaz naturel et du fuel au gaz naturel);

- décarburation des gaz brûlés et des combustibles et stockage du dioxyde de carbone (par exemple : extraction et stockage du CO<sub>2</sub>, lors de l'utilisation des combustibles fossiles primaires, de façon à produire des combustibles à haute teneur en hydrogène);
- réduction des émissions fugaces, de méthane en particulier, lors des opérations d'extraction et de distribution de combustibles.

b) Passage à des sources d'énergie autres que les combustibles fossiles :

- passage à l'énergie nucléaire (si des réponses généralement acceptables peuvent être apportées à des préoccupations telles que celles qui concernent la sécurité des réacteurs, le transport et l'élimination des déchets radioactifs et la prolifération des combustibles nucléaires);
- passage à des sources d'énergie renouvelables (énergie solaire, énergie de la biomasse, énergie éolienne, énergie hydraulique et énergie géothermique, par exemple).

## Intégration des mesures d'atténuation au niveau des filières énergétiques

**5.7** Le potentiel de réduction des émissions de gaz à effet de serre est supérieur au potentiel du rendement de l'utilisation de l'énergie en raison de la possibilité de faire appel à d'autres carburants et à d'autres sources d'énergie et de réduire la demande de services énergétiques. Un rendement énergétique encore meilleur, donc des émissions moindres de gaz à effet de serre, pourraient être obtenues grâce à des approches globales allant des sources d'énergie aux services.

**5.8** Afin d'évaluer les incidences éventuelles de la combinaison d'un ensemble de mesures isolées au niveau du système énergétique, on a présenté des "constructions intellectuelles" explorant diverses variantes d'un système d'approvisionnement énergétique à faible taux d'émission de CO<sub>2</sub>. Ces variantes indiquent qu'il est possible, sur le plan technique, de réduire sensiblement d'ici 50 à 10 ans les émissions de CO<sub>2</sub> imputables aux différentes filières énergétiques si l'on fait appel à d'autres stratégies. Elles illustrent la possibilité technique de faire passer, en moyenne mondiale, ces émissions de 6 GtC par an en

1990 à environ 4 GtC par an en 2050 et à environ 2 GtC par an en 2100. La quantité totale de CO<sub>2</sub> rejetée entre 1990 et 2100 se situerait entre 450 et 470 GtC environ et sa concentration dans l'atmosphère resterait inférieure à 500 ppmv.

**5.9** Le coût de services énergétiques intégrés par rapport au coût de l'énergie classique dépend des prix relatifs de l'énergie à l'avenir, qui comportent une grande marge d'incertitude, ainsi que de l'efficacité et du coût supposés pour les techniques de substitution. Cependant, étant donné la vaste fourchette dans laquelle s'inscrit le futur prix de l'énergie, l'une ou plusieurs des variantes citées permettraient sans doute d'assurer les services énergétiques demandés au coût estimé, qui est environ le même que le coût prévu pour l'énergie classique actuelle. Il n'est pas possible de définir une filière énergétique de coût minimal dans un avenir éloigné, car le prix relatif des solutions envisageables dépend des contraintes sur les ressources et des possibilités techniques qu'on ne connaît qu'imparfaitement, ainsi que des actions menées par les gouvernements et le secteur privé. L'amélioration du rendement énergétique ainsi que des investissements lourds et constants en matière de recherche, de développement et de projets témoins pour favoriser le transfert et la diffusion de nouvelles techniques de production d'énergie sont essentiels si l'on veut parvenir à d'importantes réductions des émissions de gaz à effet de serre. Nombre des techniques en voie d'élaboration auraient besoin d'un appui initial pour pénétrer le marché et atteindre un volume de production suffisant pour permettre un abaissement de leur coût les rendant compétitives.

**5.10** La pénétration du marché et l'acceptabilité des diverses techniques de production d'énergie dépendent en dernière analyse de leur coût relatif, de leurs performances (notamment en matière d'environnement), ainsi que des dispositions institutionnelles, de la réglementation et des politiques adoptées. A cause de la variabilité des coûts selon les endroits et les applications, il existe un large éventail de conditions, propice à une percée initiale des techniques nouvelles sur le marché. Pour mieux comprendre les possibilités de réduction des émissions, il faudrait procéder à une analyse plus détaillée des solutions envisageables, tenant compte des conditions locales.

### **Emissions dues aux processus industriels et aux établissements humains**

**5.11** Dans certains cas, il est possible d'aboutir à des réductions sensibles des émissions de gaz à effet de serre d'origine industrielle, dont le dioxyde de carbone, le méthane, l'oxyde nitreux, les hydrocarbures halogénés et l'hexafluorure de soufre rejetés dans l'atmosphère au cours de certains processus industriels et de fabrication tels que la production de fer, d'acier, d'aluminium, d'ammoniaque, de ciment et d'autres produits. Les mesures envisageables comprennent la modification des processus de production, l'élimination des solvants, le remplacement de matières premières, la substitution de matériaux, une intensification du recyclage et une réduction de la consommation de matériaux impliquant le rejet d'une grande quantité de gaz à effet de serre. La récupération et l'exploitation du méthane produit par les décharges et les stations d'épuration des eaux usées, et la réduction du taux de fuite des réfrigérants halocarbonés émanant d'installations fixes ou mobiles peuvent conduire également à une réduction sensible des émissions de gaz à effet de serre.

### **Agriculture, élevage et exploitation forestière**

**5.12** Outre l'utilisation de combustibles issus de la biomasse pour remplacer les combustibles fossiles, la gestion des forêts, des terres agricoles et des prairies pourrait contribuer notablement à réduire les émissions actuelles de dioxyde de carbone, de méthane et d'oxyde nitreux et à accroître les puits de carbone. Diverses mesures permettraient de conserver et de fixer d'importantes quantités de carbone (de 60 à 90 GtC environ dans le secteur forestier uniquement) au cours des 50 prochaines années. Dans le secteur forestier, les mesures envisageables comprennent le maintien du couvert forestier existant, la réduction du déboisement, la régénération naturelle des forêts, la création de plantations et la promotion de l'agrosylviculture. D'autres pratiques, dans le secteur agricole, pourraient conduire à une réduction des émissions de certains gaz à effet de serre tels que le méthane et l'oxyde nitreux. Dans le secteur forestier, les estimations quant au coût de conservation et de fixation du carbone dans la biomasse et le sol sont très variables,

mais ce coût pourrait être compétitif par rapport à d'autres mesures d'atténuation.

## Moyens d'intervention

**5.13** L'existence de technologies faisant peu appel au carbone est une condition essentielle mais non une garantie de la possibilité de réduire les émissions de gaz à effet de serre à un prix raisonnable. L'atténuation de ces émissions va dépendre des obstacles qui s'opposent à la diffusion et au transfert des technologies, de la mobilisation des ressources financières, du renforcement des capacités dans les pays en voie de développement et dans ceux dont l'économie est en transition et d'autres mesures favorisant l'évolution des mentalités et le progrès des techniques dans toutes les régions du monde. Le dosage optimal de ces mesures va varier selon les pays en fonction des marchés de l'énergie, des conditions économiques, des structures politiques et de la réceptivité des populations. Le rôle de leader joué par les Etats pour l'application de ces mesures contribuera à atténuer les incidences négatives des changements climatiques. Les mesures visant à réduire les émissions nettes de gaz à effet de serre semblent plus faciles à mettre en œuvre si elles visent en même temps d'autres facteurs préjudiciables à un développement durable (la pollution de l'air et l'érosion des sols, par exemple). Diverses mesures dont beaucoup peuvent être mises en œuvre unilatéralement par des pays seuls et dont certaines autres seraient applicables par des groupes de pays et nécessiteraient des accords régionaux ou internationaux, sont susceptibles de faciliter l'implantation de techniques moins productrices de gaz à effet de serre et de conduire à une modification des modes de consommation. Voici certaines de ces mesures, qui ne sont pas classées ici par ordre de priorité :

- mise en place d'un cadre institutionnel et structurel approprié;
- stratégie de tarification de l'énergie : taxes sur le carbone et l'énergie et réduction des subventions à la consommation d'énergie, par exemple;
- suppression des pratiques actuelles génératrices de distorsions qui entraînent une augmentation des émissions de gaz à effet de serre, comme certaines subventions et certains règlements, la non-intériorisation des coûts environnementaux et les

- distorsions de prix dans le domaine de l'agriculture et des transports;
- droits d'émission négociables;
- programmes volontaires et accords négociés avec l'industrie;
- programmes de gestion de la demande de services publics, fournisseurs d'énergie;
- dispositions réglementaires portant notamment sur des normes minima de rendement énergétique, par exemple pour les appareils électriques et les économies de carburant;
- stimulation de la recherche, du développement et de la démonstration en matière de technologies nouvelles;
- projets induits par le marché et programmes de démonstration pour stimuler le développement et l'application sur le marché de techniques de pointe;
- mesures favorisant les sources d'énergie renouvelables pendant le développement des marchés;
- mesures d'incitation telles que provisions pour amortissement accéléré et réduction des coûts pour les consommateurs;
- sensibilisation, formation, information et services consultatifs;
- mesures tenant également compte d'autres objectifs économiques et environnementaux.

**5.14** Le choix des mesures sur le plan national peut répondre à des objectifs autres que l'efficacité économique – à des objectifs d'ordre fiscal, par exemple. Si l'on fait appel à une taxe sur le carbone ou à une taxe mixte carbone-énergie comme instrument d'une politique de réduction des émissions, il sera possible d'obtenir des recettes substantielles dont la répartition sera susceptible de changer considérablement le coût des mesures d'atténuation. Si l'on répartit les recettes en réduisant les taxes actuellement génératrices de distorsions, on contribuera à abaisser les charges excessives imposées par les régimes fiscaux en vigueur, ce qui, en outre, offrira potentiellement un avantage économique additionnel (double dividende). Parmi les études réalisées en Europe, les plus optimistes à propos des possibilités de recyclage fiscal indiquent par exemple que les coûts seraient plus faibles et même légèrement négatifs dans certains cas. A l'inverse, un recyclage inefficace des recettes fiscales pourrait aboutir à une augmentation des coûts.

Si, par exemple, on utilise les recettes fiscales pour financer des programmes d'Etat ayant un rendement moindre que les investissements que le secteur privé ne fera pas en raison de la taxe, les coûts augmenteront globalement. Le choix des moyens d'action pourrait aussi répondre à certains autres objectifs en matière d'environnement : réduction d'émissions polluantes sans lien avec l'effet de serre, accroissement du couvert forestier ou autres considérations telles que les impacts précis sur des régions ou des communautés données.

## 6. Equité et considérations d'ordre social

**6.1** L'équité constitue un aspect important des politiques climatiques envisageables, de la Convention-cadre et de la poursuite d'un développement durable<sup>17</sup>. La question de l'équité soulève des problèmes de procédure et de substance. Les problèmes de procédure ont trait à la façon de prendre les décisions alors que les problèmes de substance ont trait aux résultats. Pour que des accords soient efficaces et incitent à la coopération, ils doivent être considérés comme légitimes. Or, l'équité est un facteur important de légitimation.

**6.2** L'équité en matière de procédure implique des questions de démarche et de participation. Elle suppose que toutes les Parties puissent participer effectivement aux négociations internationales sur les changements climatiques. Des mesures appropriées visant à permettre aux pays en développement de participer effectivement à ces négociations augmentent les chances de conclure des accords efficaces, durables et équitables sur la meilleure façon de faire face à la menace posée par l'évolution du climat. Le souci d'équité et les répercussions sociales de cette évolution font ressortir la nécessité de renforcer, surtout dans les pays en voie de développement, les capacités propres et institutionnelles permettant de prendre et de mettre en œuvre des mesures collectives de manière légitime et équitable.

**6.3** L'équité en matière de substance comporte deux aspects : la répartition du coût des dommages ou de l'adaptation et la répartition du coût des mesures

d'atténuation du changement climatique. Comme les pays sont extrêmement différents de par leur vulnérabilité, leur richesse, leurs capacités, leurs ressources et autres éléments cités ci-après, le coût des dommages, de l'adaptation et de l'atténuation risque d'être supporté de façon inéquitable, sauf si cette question est explicitement traitée.

**6.4** L'évolution du climat sera probablement coûteuse pour les générations à venir et pour les régions touchées par les dommages, y compris celles où les émissions de gaz à effet de serre sont faibles. Les incidences de l'évolution du climat seront inégalement réparties.

**6.5** Les conséquences dans le temps d'une politique climatique posent également des problèmes d'équité entre générations, car d'une part les générations à venir ne sont pas en mesure d'influer directement sur les politiques adoptées aujourd'hui qui pourraient se répercuter sur leur bien-être, et d'autre part il ne sera peut-être pas possible de les dédommager pour une telle réduction de leur bien-être. L'actualisation est le principal outil analytique dont se servent les économistes pour comparer des effets économiques se produisant à des moments différents. Le choix du taux d'actualisation a une grande importance technique pour l'analyse de la politique à adopter face à l'évolution du climat, car la période considérée est extrêmement longue et le coût de l'atténuation a tendance à être ressenti bien plus tôt que l'avantage des dégâts évités. Plus ce taux est élevé, moins l'analyse donne de poids aux futurs avantages et plus elle en donne aux coûts présents.

**6.6** L'article 3.1 de la Convention-cadre énonce le principe de responsabilités communes mais différenciées et de capacités respectives. Des mesures allant au-delà d'une politique sans "regrets"<sup>18</sup> imposent des coûts à la génération actuelle. Une politique d'atténuation pose inévitablement le problème du partage de ces coûts. Les intentions des Parties en ce qui concerne la limitation initiale des émissions, affirmées à l'Annexe I, constituent un premier pas collectif de ces parties face à l'évolution du climat.

**6.7** Le souci d'équité peut se traduire par diverses propositions de répartition des coûts de l'atténuation. La plupart de ces propositions se regroupent ou

s'associent autour de deux grandes approches : une affectation de ressources proportionnelle au niveau d'émissions par habitant et une affectation de ressources fondée sur l'écart par rapport à un niveau national de référence (actuel ou projeté). Les incidences de l'évolution du climat ne sont pas les mêmes pour les pays en voie de développement et pour les pays développés. Souvent, les premiers ont des priorités différentes urgentes et des institutions plus faibles et ils sont généralement plus vulnérables face à cette évolution. Il est probable cependant que la part des émissions dues aux pays en voie de développement va encore s'accroître en réponse à leurs besoins sociaux et en matière de croissance. Il est probable que les émissions de gaz à effet de serre vont prendre une dimension de plus en plus universelle malgré la persistance de disparités considérables par habitant.

**6.8** Il existe, tant parmi les pays développés que parmi les pays en voie de développement, des différences considérables qui influent sur l'application des principes de l'équité à l'atténuation de l'évolution du climat. Ces différences portent sur les niveaux antérieurs et cumulatifs des émissions, sur leur niveau actuel total et par habitant, sur leur intensité en fonction de la production économique, sur les projections concernant les futures émissions ainsi que sur d'autres facteurs tels que la richesse, la structure énergétique et les ressources disponibles.

**6.9** Divers principes éthiques, comme l'importance de satisfaire les besoins fondamentaux de l'individu, peuvent s'appliquer au traitement de l'évolution du climat, mais l'application des principes établis pour guider l'attitude de chacun dans les rapports entre Etats est complexe et difficile. Les politiques relatives aux changements climatiques ne doivent ni aggraver les disparités régionales existantes ni chercher à résoudre l'ensemble des problèmes qui se posent en matière d'équité.

## **7. Pour un développement économique durable**

**7.1** Le développement économique, le développement social et la protection de l'environnement sont des éléments, interdépendants et se renforçant mutuel-

lement, du développement durable qui constitue le cadre de nos efforts pour parvenir à une meilleure qualité de la vie pour l'ensemble de l'humanité. Selon la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, les mesures de lutte contre les changements climatiques doivent être coordonnées de façon intégrée avec le développement économique et social afin d'éviter toute incidence préjudiciable à celui-ci, compte tenu de l'ensemble des priorités légitimes des pays en voie de développement en matière de développement durable et d'élimination de la pauvreté. La Convention affirme également les responsabilités communes mais différenciées et les capacités respectives des Parties en matière de protection du système climatique. On trouvera dans la présente section un bref résumé des connaissances actuelles concernant les coûts et les avantages des mesures d'atténuation et d'adaptation, notamment dans leurs rapports avec la durabilité du développement économique et de l'environnement.

### **Coût social de l'évolution du climat**

**7.2** Les dommages nets dus à l'évolution du climat comprennent les incidences liées au marché et celles qui n'y sont pas liés, pour autant qu'elles puissent être actuellement quantifiées, ainsi, dans certains cas, que les coûts d'adaptation. On exprime les dommages en valeur nette pour tenir compte de certains avantages des changements climatiques qui sont cependant nettement inférieurs au coût des dommages. Les incidences non liées au marché telles que la dégradation de la santé humaine, le risque de mortalité et la détérioration des écosystèmes représentent une part importante des estimations disponibles du coût social de l'évolution du climat. L'estimation des dommages hors marché est cependant très incomplète et possède un caractère hautement spéculatif. Elle constitue une source d'incertitudes considérables pour l'évaluation des répercussions de l'évolution mondiale du climat sur le bien-être de l'humanité.

**7.3** La littérature examinée aboutit, pour un réchauffement de 2 à 3°C, à des estimations ponctuelles très diverses des dommages totaux en tenant compte de l'augmentation prévue de la concentration de gaz à effet de serre dans l'atmosphère. Les estimations totalisées des

dommages, qui correspondent à quelques points de pourcentage du PIB mondial, représentent en général une proportion nettement plus élevée du PIB dans les pays en voie de développement. De telles estimations comportent une incertitude considérable, mais la littérature ne permet pas de déterminer l'ampleur de cette incertitude. Il est impossible de considérer la fourchette des estimations comme une barre d'erreur, étant donné les hypothèses et les méthodologies très diverses adoptées pour les différentes études. La globalisation est susceptible de masquer des incertitudes encore plus grandes à propos des divers éléments des dommages considérés. Une évaluation des conséquences de l'évolution du climat par région ou par secteur conduit à une fourchette nettement plus large pour les estimations des effets économiques nets de cette évolution. Dans certaines régions, on estime que les dommages seront nettement plus élevés et risqueront de nuire au développement économique. Dans d'autres régions, on estime que l'évolution du climat augmentera la production économique et offrira des possibilités de développement économique. Si l'on donnait partout à la vie humaine la même valeur que celle qu'on lui attribue généralement dans les pays développés, la valeur des dommages exprimée en termes financiers serait multipliée par un facteur de plusieurs unités et la part des pays en voie de développement dans l'estimation du dommage total s'accroîtrait encore. Les petites îles et les zones côtières de faible altitude sont particulièrement vulnérables. Ces estimations ne tiennent pas compte des dommages découlant d'éventuelles catastrophes à grande échelle telles que des changements de la circulation océanique.

### **Avantages de la limitation des changements climatiques**

**7.4** La limitation des émissions de gaz à effet de serre et l'accroissement des puits de ces gaz ont pour intérêt: a) la prévention des dommages dus à l'évolution du climat et des coûts d'adaptation; et b) les avantages économiques et écologiques indirects découlant de politiques adaptées : réduction des polluants produits parallèlement aux gaz à effet de serre, maintien de la diversité biologique, innovation technologique occasionnée par la lutte contre les changements climatiques, par exemple.

### **Coût des mesures d'adaptation**

**7.5** Il existe de nombreuses solutions pour s'adapter aux impacts des changements climatiques qui permettent de réduire les dommages subis par les économies nationales et les écosystèmes naturels. Des solutions d'adaptation existent dans divers secteurs : agriculture, énergie, santé, gestion des zones côtières, pêche hauturière et loisirs. Certaines de ces solutions permettent de mieux faire face aux conséquences actuelles de la variabilité du climat. Il n'existe aucune évaluation systématique du coût des mesures d'adaptation devant permettre de faire face aux incidences des changements climatiques sur l'agriculture, la santé humaine, l'approvisionnement en eau et d'autres domaines. Dans les cas où de telles mesures sont techniquement envisageables, le coût de l'adaptation, par exemple à l'élévation du niveau de la mer, risque d'être inabordable pour certains pays en l'absence d'une aide de l'extérieur.

### **Coût et avantages des mesures d'atténuation**

**7.6** Le coût des mesures de stabilisation des concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère à un niveau et dans un délai qui empêche toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique dépendra essentiellement de l'échelonnement dans le temps de la réduction des émissions, des modes de consommation, de la disponibilité des ressources et des technologies et du choix de moyens d'action. Le coût du programme de réduction va dépendre du taux de remplacement des investissements, du taux d'actualisation et des résultats des activités de recherche-développement. Si une politique d'incitation à des investissements de remplacement efficaces à la fin de la durée de vie utile des installations et du matériel (c'est-à-dire au moment du renouvellement de ces investissements) n'est pas adoptée aussi rapidement que possible, la société devra payer le prix économique de cette inaction. La réduction des émissions à un rythme compatible avec le cours de la rotation normale des investissements est vraisemblablement plus économique qu'une réforme prématurée faite dès maintenant. Le choix d'un échelonnement dans le temps des réductions suppose donc la mise en balance des risques économiques d'une réduction rapide dès maintenant et des risques d'une tempora-

tion. Les mesures d'atténuation conçues de façon à bénéficier d'autres avantages pour l'environnement pourraient être économiques et favoriser un développement durable. Les transferts d'activités polluantes conduisant à une augmentation des émissions mondiales de gaz à effet de serre peuvent être réduites grâce à une action coordonnée entre groupes de pays.

**7.7** S'il existe très peu d'analyses du coût de stabilisation de la concentration des gaz à effet de serre dans l'atmosphère, la littérature fournit certaines estimations quant au coût de la réduction des émissions à divers niveaux. Les évaluations du coût de l'atténuation sont très variables et dépendent du choix des méthodes, des hypothèses de base, des scénarios concernant les émissions, des moyens d'intervention, de l'année considérée, etc.

**7.8** Malgré de vastes différences d'opinions, il y a accord quant à la possibilité d'obtenir des gains d'efficacité permettant de descendre jusqu'à 10 à 30% au-dessous de l'évolution naturelle au cours des 20 à 30 prochaines années pour un coût net négatif ou nul. Sur un plus long terme, qui permet un remplacement plus complet des investissements et qui donne aux activités en matière de recherche, de développement et de démonstration et aux politiques de transformation du marché l'occasion d'affecter plusieurs cycles de remplacement, le potentiel est nettement plus élevé. Le potentiel d'une telle politique "sans regrets" dépend des imperfections du marché ou des institutions qui s'opposent à la mise en place de mesures économiques de réduction des émissions. Dans ces conditions, la question essentielle est de savoir dans quelle mesure de tels obstacles ou imperfections peuvent être surmontés de façon économique par des moyens d'intervention.

**7.9 Pays de l'OCDE.** Bien qu'il soit difficile de généraliser, les analyses descendantes<sup>19</sup> indiquent que le coût de réductions substantielles permettant de ramener le taux d'émission de CO<sub>2</sub> audessous du niveau de 1990 pourrait atteindre plusieurs points de pourcentage du PIB. Dans le cas précis d'une stabilisation des émissions au niveau de 1990, la plupart des études aboutissent à une estimation du coût annuel comprise entre -0,5% du PIB (ce qui équivaldrait à un gain total d'environ 60 milliards de dollars pour les pays de l'OCDE, au niveau actuel du PIB) et +2%

du PIB (ce qui équivaldrait à une perte d'environ 240 milliards de dollars) pendant les prochaines décennies. Ces études indiquent également qu'un choix convenable du calendrier d'application des mesures et la disponibilité de solutions de remplacement à bas prix pourraient réduire sensiblement la facture globale. Certaines études ascendantes indiquent que le coût d'une réduction de 20% des émissions dans les pays développés d'ici 20 ou 30 ans est négligeable ou même négatif. Selon d'autres études ascendantes, il existe des possibilités de réduction absolue dépassant les 50% à long terme, sans augmenter et peut-être même en réduisant le coût total pour la filière énergétique.

**7.10 Pays à économie en transition.** Les possibilités de réduction économique de la consommation d'énergie pourraient être considérables, mais leur concrétisation va dépendre de la voie de développement économique et technologique choisie ainsi que des capitaux disponibles pour suivre diverses voies. Dans ces pays, les évolutions de structure à venir susceptibles de modifier radicalement le niveau des émissions de base et le coût de la réduction de ces émissions constituent une question essentielle.

**7.11 Pays en voie de développement.** Selon les analyses effectuées, les pays en voie de développement auraient des possibilités considérables de réduire à bas prix les émissions de dioxyde de carbone dues aux combustibles fossiles. Les voies de développement qui augmentent le rendement énergétique, encouragent les techniques faisant appel à des sources d'énergie de substitution, réduisent le déboisement et favorisent la productivité agricole et la production d'énergie à partir de la biomasse peuvent être bénéfiques sur le plan économique. Le choix d'une telle voie pourrait exiger une étroite collaboration internationale ainsi que des transferts financiers et technologiques. Cela risque cependant de ne pas être suffisant pour équilibrer l'augmentation rapide du niveau naturel des émissions, sous l'influence de l'accélération de la croissance économique et de l'accroissement global de la prospérité. La stabilisation des émissions de dioxyde de carbone risque donc d'être coûteuse.

**7.12** Le coût estimatif de diverses techniques d'atténuation des émissions et d'accroissement des puits de

gaz à effet de serre est très variable et dépend de caractéristiques propres aux sites. Il en va ainsi des techniques faisant appel à des sources d'énergie renouvelables, par exemple, ainsi que des mesures de fixation du carbone. La fixation dans les forêts, pourrait compenser chaque année, au cours des 50 prochaines années, jusqu'à 15 à 30% des émissions mondiales liées à l'énergie en 1990. Le coût de fixation du carbone, qui est compétitif par rapport aux techniques de limitation à la source, est différent selon les régions du monde.

**7.13** La lutte contre les émissions d'autres gaz à effet de serre, notamment le méthane et l'oxyde nitreux, pourrait être très économique dans certains pays. Il est possible, en faisant appel aux possibilités d'atténuation existantes, de réduire de 10% environ, pour un coût négatif ou faible, les émissions anthropiques de méthane provenant de sources telles que les réseaux de distribution de gaz naturel, les mines de charbon, les décharges et les exploitations agricoles. Le coût de certaines de ces mesures diffère selon les pays et les régions.

### **Subventions, obstacles et imperfections du marché**

**7.14** L'économie mondiale et diverses économies nationales souffrent de distorsions dans la structure des prix qui entraînent une augmentation des gaz à effet de serre : certaines subventions accordées à l'agriculture ou aux carburants et certaines distorsions dans le prix des transports, par exemple. Plusieurs études de la question indiquent que l'élimination des subventions accordées pour les carburants permettrait de réduire les émissions de 4 à 18% sur le plan mondial et d'accroître le revenu réel.

**7.15** Dans divers pays, on a réussi à réduire de façon économique les obstacles institutionnels et les imperfections du marché grâce à des moyens d'intervention reposant sur des accords librement conclus, des mesures d'incitation au rendement énergétique, des normes relatives à l'efficacité des produits et des programmes de promotion de l'efficacité énergétique impliquant les industriels ainsi que sur des réformes réglementaires des services publics. Nombre des évaluations empiriques réalisées ont abouti à la

conclusion que le rapport coûts/bénéfices de l'accroissement du rendement énergétique est favorable, ce qui semble indiquer la possibilité de mettre en œuvre des politiques "sans regrets", à coût net négatif.

### **Valeur de l'information et de la recherche**

**7.16** L'amélioration de l'information concernant les processus et les incidences des changements climatiques et les solutions envisageables face à ces changements pourrait avoir une valeur considérable. L'analyse des problèmes économiques et sociaux liés à l'évolution du climat, surtout dans les pays en voie de développement, constitue une priorité élevée en matière de recherche. Il convient d'analyser de façon plus approfondie les incidences des diverses réponses envisageables sur l'emploi, l'inflation, le commerce, la compétitivité et d'autres questions d'intérêt public.

## **8. Les perspectives d'avenir**

**8.1** Les ouvrages publiés dans les domaines scientifique, technique, économique et social proposent des moyens de tendre vers l'objectif ultime de la Convention. Les moyens d'action envisageables sont l'atténuation des changements climatiques grâce à la réduction des émissions de gaz à effet de serre et à l'accroissement de leur élimination par les puits, l'adaptation aux changements climatiques observés et/ou prévus et certaines activités en matière de recherche, de développement et de démonstration en vue d'améliorer nos connaissances concernant les risques que comporte l'évolution du climat et les réponses possibles.

**8.2** Il reste des incertitudes sur ce qu'il est utile de connaître pour juger de ce qui constitue une perturbation anthropique dangereuse du système climatique et des mesures à prendre pour éviter de telles perturbations. La littérature indique cependant qu'il existe dans la plupart des pays de vastes possibilités de mesures "sans regrets" et que le risque de dommages nets dus à l'évolution du climat, la répugnance pour le risque et le principe de précaution justifient des mesures allant au-delà d'une politique "sans regrets". Le problème n'est pas de définir aujourd'hui la

meilleure politique pour les 100 ans à venir, mais de choisir une stratégie prudente et de l'adapter ultérieurement en fonction des nouvelles informations disponibles.

**8.3** Selon la littérature, des politiques souples et d'un bon rapport coût/efficacité reposant sur des incitations et des instruments économiques ainsi que sur des instruments coordonnés peuvent conduire à une réduction considérable des coûts d'atténuation et d'adaptation ou à un meilleur rapport coût/efficacité des mesures de réduction des émissions. Des signaux appropriés à long terme sont nécessaires pour permettre aux producteurs et aux consommateurs de s'adapter à moindre coût aux contraintes de l'atténuation des émissions de gaz à effet de serre et pour stimuler l'investissement, la recherche, le développement et la démonstration.

**8.4** Nombre de politiques et de mesures visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre, à accroître les puits de ces gaz et, à terme, à en stabiliser la concentration dans l'atmosphère offriraient de

vastes possibilités et des défis aux secteurs privé et public. Un ensemble soigneusement choisi de mesures de portée nationale et internationale visant à atténuer l'évolution du climat, à s'y adapter et à améliorer nos connaissances est susceptible de réduire les risques que comporte cette évolution pour les écosystèmes, la sécurité alimentaire, les ressources en eau, la santé humaine et les autres systèmes naturels et socio-économiques. Le coût de la réduction des émissions de gaz à effet de serre et de l'accroissement des puits de ces gaz est très variable selon les pays en fonction de leur développement économique, de leurs choix en matière d'infrastructure et des ressources naturelles dont ils disposent. Une collaboration internationale dans le cadre d'accords bilatéraux, régionaux ou internationaux permettrait de réduire sensiblement le coût global de la réduction des émissions et les transferts d'émissions. Une mise en œuvre soignée de telles mesures aiderait à répondre au défi posé par les changements climatiques et améliorerait les perspectives d'un développement économique durable pour l'ensemble des peuples et des nations. ■

## Notes

- 1 La vulnérabilité d'un système définit la mesure dans laquelle l'évolution du climat risque d'endommager ce système ou de lui nuire. Elle dépend non seulement de la sensibilité du système, mais aussi de sa capacité d'adaptation à de nouvelles conditions climatiques.
- 2 Le Koweït se déclare en désaccord avec le fait de citer uniquement le paragraphe 3.3 de l'article 3 et non l'article dans son intégralité.
- 3 ppmv = parties par million en volume; ppbv = parties par milliard en volume. Les chiffres cités sont valables pour 1992.
- 4 Voir le tableau 1 dans le Résumé à l'intention des décideurs publié par le Groupe de travail II du GIEC.
- 5 On obtient la masse de dioxyde de carbone en multipliant le nombre de GtC (gigatonnes ou milliards de tonnes de carbone) par 3,67.
- 6 Un téragramme (Tg) est égal à  $10^{12}$  grammes.
- 7 Dans les rapports du GIEC, la sensibilité du climat désigne généralement la variation à long terme (du point d'équilibre) de la température moyenne globale à la surface, à la suite d'un doublement de la concentration équivalente de  $\text{CO}_2$  dans l'atmosphère. De façon plus générale, elle désigne la variation du point d'équilibre de la température de l'air à la surface à la suite de la variation d'une unité du forçage radiatif ( $^{\circ}\text{C}/\text{Wm}^{-2}$ ).
- 8 La notion de concentration équivalente de  $\text{CO}_2$  est expliquée au paragraphe 4.17.
- 9 Contrairement aux hydrocarbures partiellement fluorés (HFC) et aux hydrocarbures perfluorés (PFC), la plupart des hydrocarbures halogénés sont régis par le Protocole de Montréal et par les amendements et ajustements qui lui ont été apportés.
- 10 Dans le reste de la section 4, les "émissions mondiales nettes d'origine humaine" (c'est-à-dire les sources anthropiques moins les puits anthropiques) seront désignées simplement par le terme "émissions".
- 11 Ces chiffres ne tiennent pas compte de l'augmentation de la température (de 0,1 à 0,7  $^{\circ}\text{C}$ ) qui se produirait après 1990 en raison des émissions de  $\text{CO}_2$  antérieures à 1990.
- 12 La Chine se déclare en désaccord avec le calcul des émissions de dioxyde de carbone par habitant ou par unité d'activité économique.
- 13 Le GIEC convient que ce paragraphe ne préjuge pas des négociations menées actuellement aux termes de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques.

- 14 Le GIEC convient que ce paragraphe ne préjuge pas des négociations menées actuellement aux termes de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques.
- 15 Dans le calcul des émissions par unité d'activité économique, on n'a pris en considération ni les émissions dues à la modification de l'occupation des sols ni les ajustements effectués pour tenir compte de l'économie parallèle.
- 16 Un coût négatif correspond à un bénéfice économique.
- 17 Dans le langage courant, le mot équité désigne la qualité "de ce qui est impartial" ou "de ce qui est loyal et juste".
- 18 Les mesures "sans regrets" sont celles dont les avantages, tels que les économies d'énergie et la réduction de la pollution sur le plan local ou régional, sont au moins égaux à leur prix pour la société, indépendamment des avantages apportés par l'atténuation des incidences de l'évolution du climat. On les appelle parfois mesures "utiles en tout état de cause".
- 19 On trouvera une définition des modèles descendants et ascendants dans l'encadré 1 du Résumé à l'intention des décideurs publié par le Groupe de travail III du GIEC.

## Equipe de rédaction du document de synthèse

Bert Bolin (président du GIEC et chef de l'équipe de rédaction); John T. Houghton; Gylvan Meira Filho; Robert T. Watson; M. C. Zinyowera; James Bruce; Hoesung Lee; Bruce Callander; Richard Moss; Erik Haites; Roberto Acosta Moreno; Tariq Banuri; Zhou Dadi; Bronson Gardner; José Goldemberg; Jean-Charles Hourcade; Michael Jefferson; Jerry Melillo; Irving Mintzer; Richard Odingo; Martin Parry; Martha Perdomo; Cornelia Quennet-Thielen; Pier Vellinga; Narasimhan Sundararaman (secrétaire du GIEC).

## Bibliographie

1. IPCC, 1990:
  - (i) Climate Change, The IPCC Scientific Assessment
  - (ii) Climate Change, The IPCC Impacts Assessment
  - (iii) Climate Change, The IPCC Response Strategies
  - (iv) Overview and Policymakers Summary
2. IPCC, 1992:
  - (i) Climate Change 1992, The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment
  - (ii) Climate Change 1992, The Supplementary Report to the IPCC Impacts Assessment
3. IPCC, 1994: Climate Change 1994, Radiative Forcing of Climate Change and an Evaluation of the IPCC IS92 Emission Scenarios
4. IPCC, 1995:
  - (i) Climate Change 1995, The IPCC Second Assessment Synthesis of Scientific-Technical Information Relevant to Interpreting Article 2 of the UN Framework Convention on Climate Change
  - (ii) Climate Change 1995, The Science of Climate Change
  - (iii) Climate Change 1995, Scientific-Technical Analyses of Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate Change
  - (iv) Climate Change 1995, The Economic and Social Dimensions of Climate Change