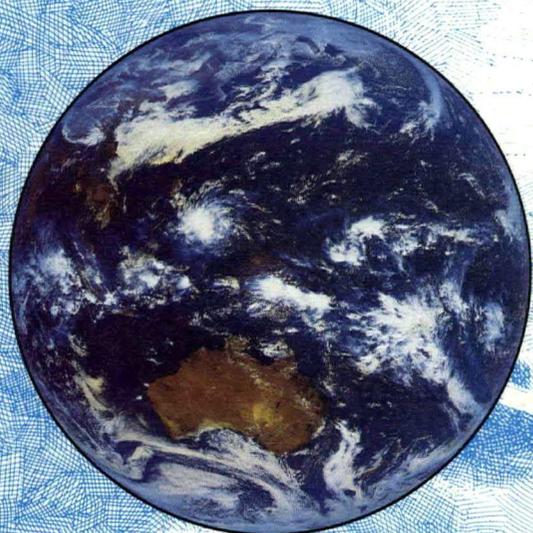
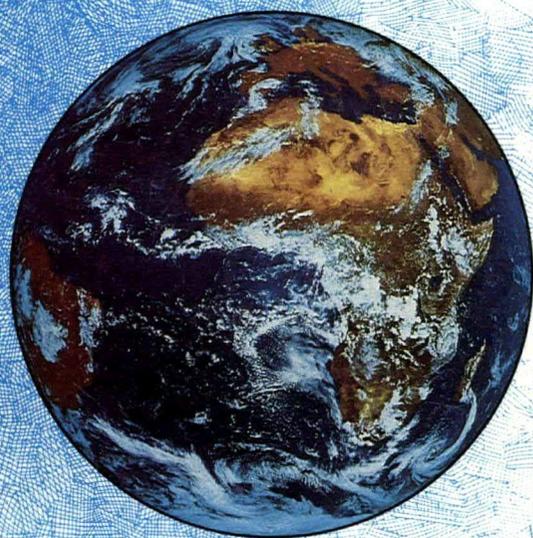
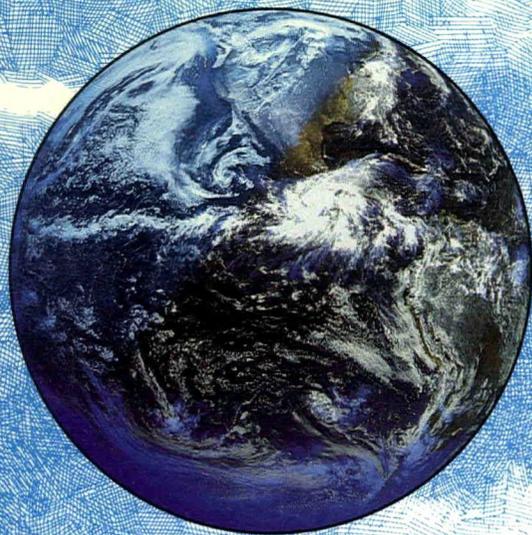


CHANGEMENT CLIMATIQUE:

Les évaluations du GIEC
de 1990 et 1992



Organisation météorologique mondiale/
Programme des Nations Unies pour l'environnement

GRUPE D'EXPERTS INTERGOUVERNEMENTAL SUR
L'EVOLUTION DU CLIMAT



OMM



PNUE

CHANGEMENT CLIMATIQUE :

Les évaluations du GIEC de 1990 et 1992

Premier Rapport d'évaluation du GIEC
Aperçu général et Résumés destinés aux décideurs
et
Supplément 1992 du GIEC

Juin, 1992

Publié avec le concours des pays suivants :

Allemagne	France
Australie	Japon
Autriche	Norvège
Canada	Pays-Bas
Espagne*	Royaume-Uni
États-Unis d'Amérique	



© Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat 1992
Imprimé au Canada

Changement climatique : Les évaluations du GIEC de 1990 et 1992

1. Changement climatique

I. Titre II. GIEC

ISBN : 0-662-97674-6



Imprimé sur papier contenant au moins 60 % de fibres recyclées et
10 % de fibres post-consommation

REMERCIEMENTS

Couverture

Image supérieure

Image composite satellitaire GOES dans les canaux visible et infrarouge, produite par la Division de l'intégration des données, Direction de l'adaptation du climat du Centre climatologique canadien.

Image centrale

Image satellitaire du globe (canal visible 2), le 4 septembre 1983, reproduite avec la permission d'EUMETSAT.

Image inférieure

Vue globale de la couche nuageuse au-dessus de l'Australie, le 19 février 1991, à partir du satellite géostationnaire japonais GMS4. Image composite renforcée en couleur dans les canaux visible et infrarouge produite par le Centre australien de télédétection de l'Australian Survey and Land Information Group.

**Remarque*

Espagne – Instituto Nacional de Meteorologia

TABLE DES MATIÈRES

Préface	vii
Avant-propos	ix
Supplément 1992 du GIEC.....	1
Premier Rapport d'évaluation du GIEC	51
Préface de l'Aperçu général du GIEC	55
Rapport du Groupe de travail I au GIEC – Évaluation scientifique de l'évolution du climat	69
Rapport du Groupe de travail II au GIEC – Évaluation des incidences potentielles de l'évolution du climat	94
Rapport du Groupe de travail III au GIEC – Formatulation de stratégies de parade	127
Résumé destiné aux décideurs établi par le Comité spécial du GIEC pour la participation des pays en développement	164
Organigramme du GIEC (1988-1990 et 1991-1992)	180
Sigles et symboles chimiques	182

PRÉFACE

En créant le Programme climatologique mondial, à la suite de la Conférence mondiale sur le climat de 1979, l'Organisation météorologique mondiale et le Programme des Nations Unies pour l'environnement - auxquels s'était associé le Conseil international des unions scientifiques - ont affirmé leur détermination de poursuivre l'étude du climat et de son évolution. Leur action commune a pris un tournant décisif avec la «Conférence internationale sur l'évaluation du rôle du gaz carbonique et d'autres constituants radiativement actifs dans les variations climatiques et de leurs incidences» (Villach, Autriche, 1985). Les conclusions de la Conférence, et celles de réunions ultérieures consacrées à ce thème, ont posé les bases des travaux actuels sur le réchauffement général de la planète, travaux dont l'un des principaux artisans est le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), créé en 1988 par l'OMM et le PNUE et qui est dirigé par M. Bert Bolin.

Le GIEC a constitué trois groupes de travail, chargés respectivement :

- a) de faire le point de connaissances scientifiques sur l'évolution du climat (Groupe de travail I),
- b) d'évaluer les incidences socio-économiques et environnementales des changements climatiques (Groupe de travail II), et
- c) de formuler des stratégies de parade (Groupe de travail III)

ainsi qu'un Comité spécial pour la participation des pays en développement à ses travaux.

En août 1990, le GIEC remettait son premier Rapport d'évaluation qui comprenait : un aperçu général, trois volumes contenant chacun un résumé destiné aux décideurs et portant sur l'évaluation scientifique, l'évaluation des incidences et les stratégies de parade, ainsi qu'un résumé destiné aux décideurs établi par le Comité spécial pour la participation des pays en développement. Ce rapport est aujourd'hui un ouvrage de référence fort prisé des décideurs, des scientifiques et des spécialistes, fruit des efforts conjugués de centaines d'experts de par le monde.

Convaincu qu'il ne fallait pas en rester là et que l'on aurait besoin d'autres éléments d'information sur le climat et son évolution pour la négociation, déjà engagée, de la future convention-cadre sur les changements climatiques et pour la Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement (Rio de Janeiro, juin 1992), le GIEC, obéissant d'ailleurs aux instructions des organes directeurs de l'OMM et du PNUE, a demandé en mars 1991 à ses trois groupes de travail d'actualiser leurs rapports de 1990. L'aboutissement de ce nouveau travail est le Supplément du GIEC, 1992, achevé en février 1992. Le présent volume contient le texte de ce Supplément, ainsi que l'Aperçu général et les Résumés destinés aux décideurs établis en 1990.

Le succès de l'entreprise - qu'il s'agisse du Rapport de 1990 ou du Supplément de 1992 - nous le devons aux nombreux hommes de science et spécialistes du monde entier qui n'ont ménagé ni leur peine, ni leur enthousiasme. Leur dévouement, leur ardeur à la tâche méritent toutes les louanges, notre admiration et notre reconnaissance. Nous saisissons cette occasion d'exprimer notre gratitude à M. Bolin pour la façon exemplaire dont il a su conduire les travaux du GIEC. Nous voulons aussi féliciter les présidents des trois groupes de travail, Sir John Houghton (Groupe de travail I), le professeur Yuri A. Izrael (Groupe de travail II) et M. Robert A. Reinstein (Groupe de travail III) qui ont fait de l'excellente besogne.

Enfin, nous remercions le groupe des 11 États qui ont financièrement contribué à cette publication.

(G.O.P. Obasi)
Secrétaire général
Organisation météorologique
mondiale

(M.K. Tolba)
Directeur exécutif
Programme des Nations
Unies pour l'environnement

AVANT-PROPOS

Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, que j'ai le privilège de présider depuis sa création, a produit en 1990 une étude globale sur la question des changements climatiques puis, en février 1992, une version actualisée de ce rapport d'évaluation. Il se propose, conformément aux instructions des organisations dont il relève (l'Organisation météorologique mondiale et le Programme des Nations Unies pour l'environnement), de remettre aux alentours de 1995 un second rapport global d'évaluation.

Dans le Supplément 1992, les grandes questions traitées dans le Rapport de 1990 font l'objet d'une réévaluation. En mars 1991, le GIEC s'était donné, en prévision de ce supplément, six grandes tâches, compte tenu des avis exprimés par un certain nombre de pays lors de la première session du Comité intergouvernemental chargé de la négociation d'une convention-cadre sur les changements climatiques.

Au cours de l'année écoulée, il est devenu évident que l'élaboration de méthodes communes (ou à tout le moins cohérentes), applicables par tous les pays pour l'évaluation des différentes questions se rapportant au climat et à son évolution, était indispensable aux fins de comparaison. On citera, par exemple, la méthode d'évaluation des émissions nationales nettes de gaz à effet de serre, celle utilisée pour évaluer les incidences environnementales à l'échelle nationale, ou, encore, celle permettant de déterminer le degré de sensibilité des différents pays à une élévation du niveau de la mer. Ces méthodes sont en cours d'élaboration et d'autres seront mises au point en priorité dans les quelques années à venir.

Il est un fait que les estimations du GIEC, s'agissant du réchauffement de la planète sont entachées de plusieurs incertitudes. Le groupe n'a cherché ni à le cacher ni à l'ignorer. Il a au contraire tout fait pour en évaluer l'importance et la nature, sur le plan tant qualitatif que quantitatif, et il entend bien persévérer dans cette voie. Pour mieux aboutir, le GIEC se soumettra très volontiers à l'appréciation critique de tous ceux qui s'intéressent à la question; il sera heureux de connaître leur point de vue et invite tous les hommes de sciences et spécialistes qui ne seraient pas d'accord avec lui à exposer leurs arguments.

Le Supplément 1992, tout comme l'évaluation de 1990, n'aurait jamais vu le jour sans l'énorme travail accompli par de très nombreux scientifiques et spécialistes appartenant à toutes les régions du globe, y compris au monde en développement. Je tiens à remercier chacun de sa précieuse collaboration. J'espère qu'ils auront trouvé l'expérience stimulante - encore qu'un peu fatigante, voire épuisante - et qu'ils sont prêts à poursuivre leur contribution aux travaux du GIEC.

Je suis tout particulièrement reconnaissant aux présidents des trois groupes de travail et du Comité spécial du GIEC pour la participation des pays en développement, à leurs vice-présidents, aux coprésidents des sous-groupes et aux auteurs principaux. Le mérite de la réussite de chacune des actions du GIEC leur revient en grande partie.

Je tiens aussi à exprimer ma reconnaissance aux Chefs du Secrétariat des deux organisations qui nous parrainent, et tiens à remercier tous les gouvernements de leur aide aussi bien morale, que matérielle et financière.

Enfin, je voudrais remercier M. N. Sundararaman, Secrétaire du GIEC, M. S. Tewungwa et toute l'équipe du Secrétariat de le GIEC dont le dévouement inlassable nous a grandement facilité la tâche.

(B. Bolin)
Président,
Groupe d'experts intergouvernemental
sur l'évolution du climat

Supplément 1992 du GIEC

TABLE DES MATIÈRES

Section I. Introduction.....	5
Section II. Évaluation scientifique	6
Section III. Évaluation des incidences potentielles de l'évolution du climat	25
Section IV. Questions relatives à l'énergie et à l'activité industrielle.....	31
Section V. Questions relatives à l'agriculture et à la foresterie	36
Section VI. Sensibilité à l'élévation du niveau de la mer	40
Section VII. Abrégé du Résumé destiné aux décideurs établi par le comité spécial du GIEC pour la participation des pays en développement (1990).....	46
Section VIII. Questions à approfondir abordées durant la septième session du GIEC	48

SECTION I. INTRODUCTION

À sa cinquième session (Genève, mars 1991), le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC, anciennement IPCC) a décidé d'entreprendre les six tâches ci-après afin d'actualiser rapidement son premier rapport d'évaluation (août 1990) :

TÂCHE 1 : Évaluation des émissions nettes de gaz à effet de serre :

Sous-section 1 : Sources et puits de gaz à effet de serre

Sous-section 2 : Potentiels de réchauffement de la planète

TÂCHE 2 : Prévisions de la distribution régionale des changements climatiques; études associées d'incidences, notamment études de validation des modèles :

Sous-section 1 : Actualisation des modèles climatiques régionaux

Sous-section 2 : Analyses de sensibilité au changement climatique d'échelle régionale

TÂCHE 3 : Questions relatives à l'énergie et à l'industrie

TÂCHE 4 : Questions relatives à l'agriculture et à la foresterie

TÂCHE 5 : Sensibilité à l'élévation du niveau de la mer

TÂCHE 6 : Scénarios d'émission

Chaque groupe de travail a présenté sa contribution, à savoir un supplément au premier Rapport d'évaluation du GIEC (1990) et divers documents d'information. Les suppléments, élaborés par les sous-groupes, ont fait l'objet d'un examen minutieux et ont été approuvés lors des sessions plénières des trois groupes de travail. Les documents d'appui, élaborés par les groupes de travail, par les sous-groupes ou les auteurs principaux, seront également soumis à un examen approfondi.

À sa septième session (Genève, 10-12 février 1992), le GIEC a reconnu avec satisfaction le dévouement dont nombre de scientifiques ont fait preuve lors de l'élaboration des rapports et des documents d'information, compte tenu notamment des délais très brefs dont ils disposaient. Après examen, le GIEC a incorporé les rapports présentés par les groupes de travail dans le Supplément de 1992. Il a demandé qu'on remédie, dans la mesure du possible, au manque de concordance dans les textes. Les différences qui subsistent seront traitées ultérieurement. Il a été précisé que les rapports contiennent un tour d'horizon du travail

accompli et que les autres documents offrent de nombreuses informations supplémentaires détaillées; il a été demandé que ces documents soient disponibles dès que possible. Les questions intéressant les trois groupes de travail ainsi que d'autres problèmes soulevés par des membres du GIEC (en particulier ceux qui continueront d'être traités à l'avenir) ont été débattus lors de la septième session et figurent dans la section VIII du Supplément.

La publication du Supplément (1992) marque le terme du travail à brève échéance consacré aux six tâches retenues lors de la cinquième session du GIEC (GIEC-V). À cette session il avait été décidé que ces tâches devaient aussi faire l'objet d'études de longue haleine (activité qui se poursuit).

SECTION II. ÉVALUATION SCIENTIFIQUE

TÂCHE 1 : Évaluation des émissions nettes de gaz à effet de serre et de leurs incidences à l'échelon national

TÂCHE 2 : Prévisions de la distribution régionale des changements climatiques; études associées d'incidences, notamment études de validation des modèles

TÂCHE 6 : Scénarios d'émission

Groupe de travail I

ACTIVITÉS COURANTES

À sa cinquième session (Genève, mars 1991), le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat avait inscrit six tâches dans son programme de travail. Si une coopération entre les trois groupes de travail s'imposait pour les mener à bien, c'est au Groupe chargé de l'évaluation scientifique qu'incombait l'essentiel des tâches 1, 2 et 6, à savoir :

Tâche 1 : Évaluation des émissions nettes de gaz à effet de serre

Sous-section 1 : Sources et puits des gaz à effet de serre

Sous-section 2 : Potentiels de réchauffement de la planète (PRG)

Tâche 2 : Prévision de la distribution régionale des changements climatiques; études associées d'incidences, notamment études de validation des modèles

Tâche 6 : Scénarios d'émission

Ces tâches ont été divisées en activités à court et à long terme. Le programme à court terme, dont les résultats sont exposés dans le présent document, prévoyait une mise à jour de l'évaluation scientifique établie par le GIEC en 1990 dont certains aspects devaient être creusés. Ce rapport actualisé est par définition moins complet que celui de 1990. Il fait, par exemple, abstraction du problème de l'élévation du niveau de la mer hormis l'effet de la dilatation thermique. C'est dans cette perspective qu'il faut considérer les résultats de cette mise à jour.

Pour pouvoir prendre en compte le maximum d'éléments nouveaux disponibles, le présent rapport d'évaluation devait nécessairement porter sur des travaux récents n'ayant pas encore fait l'objet d'une contre-expertise ou dont l'examen par des pairs était encore en cours. Il a été tenu compte de la nature provisoire des résultats de ces travaux.

Un rapport d'activité succinct sur l'élaboration de directives pour l'établissement d'inventaires nationaux d'émissions de gaz à effet de serre - partie du travail accompli par le Groupe de travail I au titre de la tâche 1 - figure en annexe à la présente section.

PRINCIPALES CONCLUSIONS

La recherche scientifique menée depuis 1990 n'a pas modifié notre compréhension fondamentale des mécanismes scientifiques qui régissent l'effet de serre. Les nouveaux résultats confirmeraient plutôt les principales conclusions du premier rapport d'évaluation et ne justifient en tout cas pas qu'on les remette en cause, en particulier les suivantes :

- les émissions dues aux activités humaines accroissent sensiblement la concentration dans l'atmosphère des gaz à effet de serre : dioxyde de carbone (CO₂), méthane (CH₄), chlorofluorocarbones (CFC) et oxyde nitreux (N₂O);
- les études de modélisation, observations et analyses de sensibilité semblent indiquer que la hausse de la température moyenne mondiale en surface, qui résulterait d'un doublement de la concentration de CO₂, resterait dans une fourchette comprise entre 1,5 et 4,5 °C;
- du fait de l'insuffisance de nos connaissances, nos prévisions comportent de nombreuses incertitudes, en particulier en ce qui concerne le rythme, l'ampleur et la configuration régionale des changements annoncés;
- la température moyenne de l'air à la surface du globe a augmenté de 0,3 à 0,6 °C au cours des 100 dernières années;
- si l'ordre de grandeur de ce réchauffement concorde dans l'ensemble avec les résultats des modèles climatiques, il peut aussi correspondre à la variabilité naturelle du climat, de sorte que celle-ci pourrait bien être en grande partie à l'origine de l'élévation thermique observée; d'un autre côté, cette variabilité naturelle, associée à d'autres facteurs dus à l'homme, pourrait avoir contrebalancé un réchauffement encore plus considérable dû à un effet de serre d'origine anthropique;
- il se passera probablement au moins 10 ans avant de pouvoir établir de façon certaine, sur la base des observations recueillies, qu'il y a eu renforcement de l'effet de serre.

À cela vient s'ajouter un certain nombre de conclusions nouvelles importantes que l'on pourrait résumer comme suit :

Gaz et aérosols

- La raréfaction de l'ozone dans la basse stratosphère, aux latitudes moyennes et élevées, a pour effet de diminuer le forçage radiatif dans des proportions qui équivaldraient à peu près, semble-t-il à la part des CFC (moyenne globale) dans ce forçage radiatif, sur les dix dernières années environ.
- Il se peut aussi que l'effet de refroidissement des aérosols* résultant des émissions de soufre ait en grande partie compensé le réchauffement dû à l'effet de serre dans l'hémisphère Nord au cours des dernières décennies. Ce phénomène était déjà évoqué dans le rapport de 1990, mais la quantification des effets a quelque peu progressé depuis.
- Le potentiel de réchauffement de la planète (PRG) demeure un concept utile, mais son intérêt pratique dépend, pour un grand nombre de gaz, d'une juste quantification des effets, indirects aussi bien que directs. Il est aujourd'hui admis que le calcul de la valeur de ce potentiel comporte toujours plus d'incertitudes, notamment pour les composantes indirectes. Bien que les valeurs indirectes semblent devoir être plus significatives pour certains gaz, les estimations chiffrées qui figurent dans ce rapport complémentaire se limitent donc aux valeurs directes.
- Si la teneur atmosphérique de nombreux gaz à effet de serre augmente à un rythme soutenu ou demeure stable, les concentrations de méthane et de certains composés halogénés sont quant à elles en diminution.
- Selon certaines données, les émissions mondiales de méthane provenant des rizières pourraient se situer en deçà des estimations.

Scénarios

- On a commencé d'analyser dans une optique plus globale les rapports entre les émissions futures de gaz à effet de serre et différentes hypothèses et projections socio-économiques. Plusieurs scénarios actualisés ont été construits aux fins d'études de modélisation, qui décrivent toute la gamme des émissions susceptibles de se produire en l'absence d'une stratégie concertée face au changement climatique.

* Selon la définition scientifique, un aérosol est une particule ou un ensemble de particules en suspension dans l'atmosphère. On a toutefois pris la mauvaise habitude d'associer ce mot au gaz propulseur utilisé dans les «bombes à aérosols». Il va sans dire que, dans le présent rapport, le mot «aérosol» est pris dans son acception scientifique «de particule ou ensemble de particules en suspension dans l'atmosphère».

Modélisation

- Les modèles climatiques sont constamment améliorés, qu'il s'agisse des éléments physiques représentés, ou de la possibilité de simuler le climat actuel à grande échelle, et de nouvelles techniques sont mises au point pour une simulation d'échelle régionale.
- Selon les simulations d'états transitoires (en fonction du temps écoulé) faites à l'aide de modèles couplés océan-atmosphère (MCCG), qui ne tiennent compte ni des aérosols ni des variations de l'ozone, le rythme de l'élévation thermique à l'échelle du globe correspondrait, compte tenu de la marge d'incertitude à une hausse de 0,3 °C par décennie, mentionnée par le GIEC (1990) pour le scénario A concernant les émissions de gaz à effet de serre.
- La répartition géographique globale du réchauffement, obtenue par la modélisation des états transitoires à partir des résultats des MCCG est généralement analogue à celle produite par les modèles de l'état d'équilibre utilisés précédemment, à ceci près que la simulation des états transitoires fait apparaître un ralentissement du réchauffement au-dessus du nord de l'Atlantique Nord et des zones océaniques australes voisines de l'Antarctique.
- Les MCCG sont capables de reproduire certaines caractéristiques de la variabilité atmosphérique sur des périodes de 10 ans.
- Notre connaissance de certaines rétroactions de l'évolution du climat s'est améliorée, de même que leur prise en compte dans les modèles. On connaît notamment mieux le rôle de la vapeur d'eau dans la haute troposphère. Quant aux autres processus, en particulier les effets des nuages, leur contribution est encore inexpliquée.

Observations concernant le climat

- Les températures moyennes anormalement élevées, relevées à la surface du globe vers la fin des années 80, se sont maintenues en 1990 et 1991, années pour lesquelles la moyenne la plus chaude a d'ailleurs été enregistrée.
- Dans plusieurs régions continentales de latitude moyenne de l'hémisphère Nord, le réchauffement s'est essentiellement manifesté par une augmentation des températures minimales (nocturnes) plutôt que maximales (diurnes).

- Les données de radiosondage indiquent que la basse troposphère s'est réchauffée au cours des dernières décennies. Comme l'on ne peut déceler d'évolution significative sur des périodes limitées à une dizaine d'années, les divergences dont il a été largement fait état entre les variations de la température de l'air sur dix ans, observées par satellite ou à partir de la surface, ne peuvent être confirmées car il est statistiquement impossible de distinguer les tendances.
- L'éruption volcanique du Mont Pinatubo en 1991 devrait en principe provoquer un réchauffement transitoire de la stratosphère. On peut dire aussi, mais avec moins de certitude en raison d'autres influences naturelles, qu'un refroidissement de la troposphère pourrait se produire au cours des prochaines années.
- Le réchauffement observé dans l'hémisphère Nord ces quarante dernières années n'a pas été uniforme mais s'est caractérisé par des variations géographiques et saisonnières considérables; ainsi, il a été particulièrement lent voire inexistant, au-dessus de la zone extratropicale nord-ouest de l'Atlantique.
- On obtient une meilleure concordance entre les valeurs observées des variations de la température mondiale au cours du siècle dernier et les résultats des modèles de l'élévation thermique produite par les gaz à effet de serre pendant la même période, si l'on tient compte de l'effet de refroidissement de plus en plus avéré résultant des aérosols sulfatés et de la raréfaction de l'ozone stratosphérique.

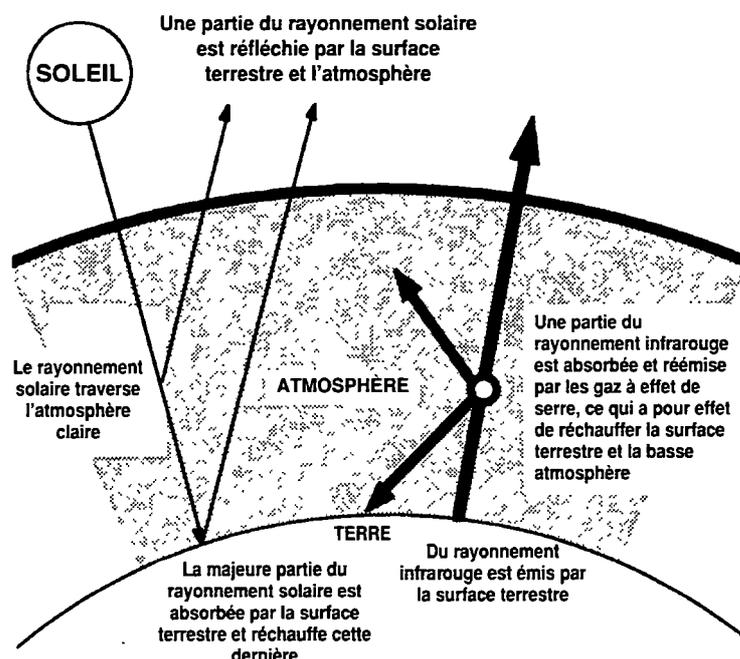
Ces conclusions devraient influencer sur les projections futures du réchauffement mondial et modifier quelque peu la valeur estimative de 0,3 °C par décennie avancée par le GIEC dans son premier Rapport d'évaluation (1990) pour l'élévation thermique qui résulterait d'émissions de gaz à effet de serre conformes au scénario A. Si les émissions de soufre devaient continuer d'augmenter, le réchauffement se ralentirait considérablement dans l'hémisphère Nord, dans des proportions qui seraient fonction de l'ampleur des émissions et de leur répartition régionale. Les aérosols sulfatés ayant une courte durée de vie dans l'atmosphère, l'importance de leur effet sur le réchauffement mondial fluctue avec celle des émissions. Par ailleurs, si les émissions de soufre compensent en partie le réchauffement dû à l'effet de serre, elles sont également à l'origine des pluies acides et d'autres problèmes liés à l'environnement. La raréfaction

Comment fonctionne le système climatique? De quel type d'information avons-nous besoin pour évaluer les changements futurs?

• Comment fonctionne le système climatique?

La majeure partie du rayonnement solaire incident est absorbée par la surface terrestre. Cette énergie est ensuite répartie par l'atmosphère et l'océan et réémise

vers l'espace sous la forme de rayonnement de plus grande longueur d'onde (thermique, terrestre ou infrarouge). Une partie du rayonnement thermique est absorbée par les gaz radiativement actifs (à effet de serre) présents dans l'atmosphère, principalement la vapeur d'eau, mais aussi le dioxyde de carbone, le méthane, les CFC, l'ozone et autres gaz à effet de serre. L'énergie absorbée est réémise dans toutes les directions, de sorte que le rayonnement qui se perd



dans l'espace provient des couches supérieures plus froides de l'atmosphère (voir le schéma). Du fait de la présence de gaz à effet de serre, il se produit une déperdition de chaleur moindre à la surface de la Terre, laquelle demeure plus chaude que ce ne serait autrement le cas. Ce phénomène qui constitue une sorte de «protection» autour de la Terre est appelé effet de serre.

- **Quels facteurs peuvent influencer sur le climat?**

Toute action sur le rayonnement provenant du soleil, incident ou réfléchi, ou sur la répartition de l'énergie dans l'atmosphère et entre celle-ci, les terres émergées et les océans, se répercutera sur le climat.

On sait que l'énergie émise par le soleil subit de légères modifications au cours d'un cycle annuel de 11 ans et que des variations de période plus longue peuvent se produire. Sur des échelles allant de plusieurs dizaines à plusieurs milliers d'années, les variations lentes de l'orbite terrestre ont modifié la répartition du rayonnement solaire selon les saisons et la latitude, ce qui a joué un rôle non négligeable dans les variations climatiques passées.

Si les concentrations de gaz à effet de serre augmentent, le processus radiatif de refroidissement de la Terre se fera de façon moins efficace et la surface, comme la basse atmosphère, auront tendance à se réchauffer. L'amplitude de cette élévation thermique est fonction de l'augmentation de la concentration de chaque gaz, de ses propriétés radiatives et de la concentration d'autres gaz à effet de serre déjà présents dans l'atmosphère. Elle peut aussi subir l'influence d'effets locaux tels que la variation de la concentration des gaz à effet de serre en fonction de l'altitude, ce qui peut s'appliquer tout particulièrement à la vapeur d'eau qui n'est pas uniformément répartie dans l'atmosphère. L'effet qui en résulte est loin d'être simple et la réalisation d'un équilibre entre les facteurs en jeu dépend de nombreux aspects du système climatique.

Les aérosols (petites particules en suspension) résultant d'éruptions volcaniques, d'émissions de sulfates d'origines diverses, industrielle notamment, peuvent absorber et réfléchir le rayonnement. Comme ils agissent sur les propriétés des nuages, toute modification de leurs concentrations peut altérer le coefficient de réflexion des nuages. Dans la plupart des cas, les aérosols exercent un effet de refroidissement. Comme leur durée de vie est généralement bien plus courte que celle des gaz à effet de serre, leurs concentrations réagissent beaucoup plus vite aux modifications des émissions.

Toute modification du bilan radiatif de la Terre, y compris celles qui sont dues à une augmentation des concentrations de gaz à effet de serre ou d'aérosols, s'accompagnera généralement de changements de la température de l'air et de l'océan, ainsi que d'une altération des régimes de circulation et des systèmes météorologiques. Le climat varie néanmoins naturellement à toutes les échelles temporelles sous l'action de facteurs tant externes qu'internes. Pour établir une distinction entre les variations d'origine anthropique et ces changements naturels, il faut pouvoir repérer le "signal" correspondant à l'intervention humaine au milieu du "bruit" de fond de la variabilité naturelle.

Pour prévoir les changements climatiques découlant d'un accroissement des gaz à effet de serre et des aérosols, il faut commencer par évaluer les concentrations futures. Cela exige que l'on connaisse non seulement l'importance de leurs sources (naturelles et anthropiques) mais encore les mécanismes régissant leur élimination de l'atmosphère (puits). On peut alors prendre en compte les valeurs estimatives prévues dans les modèles climatiques en vue d'évaluer les répercussions sur le climat. Il faudra aussi déterminer si l'importance des changements annoncés excèdera celle des variations naturelles. Enfin, il est essentiel de disposer d'observations pour surveiller de façon continue l'évolution du climat, étudier les processus climatiques et faciliter l'élaboration des modèles et la validation de leurs résultats.

de l'ozone stratosphérique, partiellement compensée par l'augmentation de l'ozone troposphérique, devrait aussi se traduire par un léger ralentissement du réchauffement mondial au cours des quelques prochaines décennies.

Les recherches menées depuis la remise du Rapport d'évaluation du GIEC en 1990 nous ont permis de mieux cerner les grandes incertitudes. Reste à renforcer la surveillance et la recherche, qu'il s'agisse de l'étude des processus climatiques ou de leur modélisation. Pour ce faire il faudra notamment resserrer la collaboration internationale dans le cadre du Programme mondial de recherche sur le climat (PMRC), du Programme international géosphère-biosphère (IGBP) et du système mondial d'observation du climat (SMOC).

PROGRÈS SCIENTIFIQUES RÉCENTS

EN QUOI NOTRE CONNAISSANCE DES SOURCES ET PUIES DE GAZ À EFFET DE SERRE ET D'AÉROSOLS A-T-ELLE ÉVOLUÉ?

Ces dix-huit derniers mois, nous avons marqué un certain nombre de points. Nous connaissons mieux, du point de vue quantitatif, la répartition, les tendances, les sources et puits de gaz à effet de serre, de leurs précurseurs et des aérosols, de même que les processus qui régissent leurs bilans mondiaux.

Concentration et évolution dans l'atmosphère des gaz à effet de serre persistants : Les concentrations dans l'atmosphère des principaux gaz à effet de serre persistants de ce type (CO_2 , CH_4 , N_2O , CFC et CCl_4) continuent d'augmenter en raison des activités humaines. Si le taux de croissance de la plupart d'entre eux est demeuré constant ou a progressé depuis dix ans, celui du CH_4 et de quelques halocarbones a en revanche baissé. Pour le CH_4 , il est tombé de 20 ppbv par an environ, à la fin des années 70, à 10 ppbv par an en 1989. Un certain nombre d'hypothèses ont été avancées pour expliquer cette régression, mais aucune n'est vraiment satisfaisante.

Concentration et évolution dans l'atmosphère d'autres gaz agissant sur le bilan radiatif : L'ozone (O_3) est un gaz à effet de serre très actif que l'on trouve dans la stratosphère et dans la troposphère. Ces dix à vingt dernières années, on a observé une diminution sensible de la quantité totale d'ozone à toutes les latitudes - sauf sous les tropiques - au printemps, en été et en hiver. La tendance à la baisse a été plus marquée pendant les années 80 que pendant les années 70. Cette diminution a surtout été observée dans la basse stratosphère (en-dessous de 25 km) avec un taux de diminution pouvant atteindre 10 % par décennie selon l'altitude. En outre, les quelques stations de sondage de l'ozone établies aux latitudes moyennes septentrionales ont recueilli la preuve que la teneur de la troposphère en O_3 , jusqu'à 10 km d'altitude, a augmenté d'environ 10 % par décennie au cours des vingt dernières années. Par ailleurs, la concentration de monoxyde de carbone (CO) augmente, semble-t-il, dans l'hémisphère Nord au rythme de 1 % par an. On ne dispose, par contre, que de peu d'informations nouvelles sur l'évolution mondiale d'autres précurseurs de l'ozone troposphérique (hydrocarbures non méthaniques (HCNM) et oxydes d'azote (NO_x)).

Sources et puits de dioxyde de carbone : Les deux principales sources qui sont à l'origine de l'augmentation constatée de CO_2 dans l'atmosphère sont l'utilisation de combustibles fossiles et les modifications intervenues dans les modes d'utilisation des sols : la production de ciment est une autre source importante.

Les émissions de CO_2 produites par l'utilisation de combustibles fossiles ont augmenté entre 1987 et 1989. Les premières données disponibles pour 1990 n'indiquent pas de changement par rapport aux émissions de 1989. La meilleure estimation concernant les émissions mondiales de combustibles fossiles en 1989 et 1990 est de $6,0 \pm 0,5 \text{ Gt C}^*$ contre $5,7 \pm 0,5 \text{ Gt C}$ en 1987 (Rapport du GIEC, 1990). On estime à $0,065 \text{ Gt C}$ les émissions totales de carbone, sous la forme de CO_2 , dues à l'incendie des puits de pétrole koweïtiens en 1991, soit 1 % environ du total des émissions anthropiques annuelles.

Considéré dans une perspective temporelle, le flux net direct de CO_2 résultant des modifications intervenues dans l'uti-

lisation du sol (essentiellement le déboisement), dépend de la superficie des terres déboisées, du taux de boisement et de reboisement, de la teneur en carbone des forêts naturelles et de remplacement, et de ce qu'il adviendra du carbone dans le sol et au-dessus. La connaissance de ces facteurs, parmi d'autres, est indispensable pour estimer les émissions nettes annuelles; or, elle laisse beaucoup à désirer du point de vue quantitatif. Depuis que le GIEC a établi son rapport, en 1990, nous en avons appris un peu plus sur le rythme de déboisement, tout au moins en ce qui concerne le Brésil. À partir des données satellitaires globales à haute résolution spatiale portant sur plusieurs années, on a pu évaluer à 2,1 millions d'hectares (Mha) par an en moyenne, le rythme de déboisement de la forêt amazonienne entre 1978 et 1989. Ce rythme s'est accéléré entre 1978 et le milieu des années 80 pour tomber à 1,4 Mha en 1990. Selon la FAO, sur la base des renseignements communiqués par différents pays, le taux global de déboisement de l'ensemble des forêts tropicales denses et claires entre 1981 et 1990 correspondrait à 17 Mha par an environ, soit une augmentation de quelque 50 % par rapport à la période 1976-1980.

Malgré les nouvelles données dont on dispose quant au taux de déboisement, l'estimation des émissions de CO_2 demeure si aléatoire qu'il n'y a pas lieu de réviser les valeurs estimatives avancées dans le Rapport d'évaluation de 1990, à savoir un flux net annuel moyen dans l'atmosphère de $1,6 \pm 1,0 \text{ Gt C}$ dû à une modification de l'utilisation des sols pendant les années 80.

Depuis la remise de son Rapport en 1990, le GIEC s'est attaché à mieux comprendre les processus qui régissent les flux de CO_2 à destination ou en provenance de la biosphère terrestre et de l'océan (émission et absorption), afin de pouvoir quantifier ces flux. Les résultats des modèles de la répartition du CO_2 dans l'atmosphère révèlent une légère augmentation nette des émissions de carbone vers l'atmosphère en provenance des eaux équatoriales, une combinaison d'émissions de CO_2 provenant des eaux tropicales chaudes et une composante biosphérique terrestre correspondant à l'écart entre les sources importantes (y compris la déforestation) et les puits. Il existe apparemment un puits d'absorption important dans l'hémisphère Nord, avec une composante biosphérique terrestre et une autre océanique, et un autre plus faible, dans l'hémisphère Sud. La valeur estimative globale de $2,0 \pm 0,8 \text{ Gt C}$ par an, donnée par le GIEC pour le puits océanique, demeure raisonnable. Deux processus biosphériques terrestres contribueraient à la formation de puits d'absorption : la captation de carbone résultant de la régénération des forêts et la fertilisation par le CO_2 et l'azote. Dans un cas comme dans l'autre, une quantification correcte est toutefois encore impossible, ce qui explique pourquoi le problème du "puits manquant", du déséquilibre (de l'ordre de 1-2 Gt C par an) entre les sources et les puits, n'est toujours pas résolu. Cet état de fait a des incidences non négligeables sur l'estimation des concentrations futures de CO_2 dans l'atmosphère et sur l'analyse de la notion de potentiel de réchauffement de la planète.

* 1 Gt C (gigatonne de carbone) est égale à un milliard (10^9) de tonnes de carbone

Sources de méthane : On peut déduire de l'ampleur du puits d'absorption de CH_4 , combinée à son taux d'accumulation dans l'atmosphère que ses émissions totales (anthropiques et naturelles) s'établissent à environ 500 Tg* CH_4 par an. Si la somme des émissions de chaque source correspond bien à ce total de 500 Tg CH_4 , les quantités exactes libérées par chacune restent bien difficiles à déterminer. Nous disposons toutefois de nouveaux et importants éléments d'information, qu'il s'agisse du taux révisé d'élimination du CH_4 par les radicaux d'OH (en raison d'une plus faible constante du débit), de la réévaluation de certaines des sources (par exemple des rizières), ou de la prise en compte de nouvelles sources (par exemple les déjections animales et déchets domestiques). D'après de récentes études isotopiques, environ 100 Tg CH_4 (20 % de la source totale de CH_4) seraient d'origine fossile et proviendraient essentiellement de l'extraction de charbon, de pétrole et de gaz naturel. Des travaux récents consacrés aux émissions de CH_4 imputables à la riziculture, notamment au Japon, en Inde, en Australie, en Thaïlande et en Chine, ont permis d'établir que ces émissions dépendent des conditions de culture, en particulier des propriétés du sol, et sont très variables. Si les incertitudes qui planent sur l'importance des émissions globales dues à la riziculture n'ont dans l'ensemble pas pu être levées, une analyse détaillée laisse néanmoins supposer que les émissions annuelles sont nettement moins importantes que ne l'indiquait le rapport de 1990. Selon l'estimation la plus récente, la durée de vie du CH_4 dans l'atmosphère est d'environ 11 ans.

Sources d'oxyde nitreux : La production d'acide adipique (nylon) et nitrique et la construction de véhicules automobiles équipés de catalyseurs trifonctionnels sont considérées comme d'importantes sources potentielles anthropiques d'oxyde nitreux. Il n'empêche que même si l'on fait la somme de toutes les sources anthropiques et naturelles connues, les valeurs obtenues ne correspondent pas vraiment à celles calculées pour le puits atmosphérique calculé et n'expliquent pas l'augmentation observée de l'accumulation de N_2O dans l'atmosphère.

Sources de substances halogénées : La consommation mondiale de CFC, 11, 12 et 113 est actuellement inférieure de 40 % au niveau de 1986, soit nettement plus faible que les quantités autorisées au titre du Protocole de Montréal. De nouvelles réductions devront être opérées en vertu des amendements à ce Protocole adoptés à Londres en 1990. Il est prévu que les HCFC et les HFC remplaceront progressivement les CFC, mais à des taux d'émission plus faibles.

Appauvrissement de la couche d'ozone stratosphérique : même si tous les pays appliquaient la réglementation prévue dans les amendements de Londres (1990) au Protocole de Montréal, les quantités de chlore et de brome présentes dans la stratosphère augmenteront au cours des prochaines années. Le «trou» que provoquent les halocarbures industriels dans la couche d'ozone au-dessus de l'Antarctique se

reproduira donc chaque printemps. En outre, comme il semble bien que ces gaz soient aussi responsables des réductions observées aux latitudes moyennes et élevées, on prévoit que l' O_3 stratosphérique continuera de diminuer au même rythme à ces latitudes tout au long des années 90.

Sources de précurseurs de l'ozone troposphérique : On n'a guère d'éléments d'information nouveaux sur les précurseurs de l'ozone troposphérique (CO , HCNM et NO_x), qui proviennent tous d'importantes sources naturelles et artificielles. Il subsiste donc une incertitude en ce qui concerne leur bilan détaillé.

Sources d'aérosols : L'activité industrielle, le brûlage de la biomasse, les éruptions volcaniques et les vols supersoniques contribuent sensiblement à la formation d'aérosols troposphériques et stratosphériques. C'est dans l'hémisphère Nord, où se trouve concentrée l'activité industrielle, que les effets de celle-ci sur les concentrations d'aérosols sulfatés dans la troposphère sont le plus marqués. Les émissions de soufre, qui sont largement dues aux effluents provenant de la combustion, présentent un schéma analogue à celui des émissions de CO_2 d'origine anthropique. Les estimations relatives aux émissions de composés naturels du soufre ont dû être révisées à la baisse d'où l'importance accrue de la part correspondant aux activités humaines.

SCÉNARIOS DES ÉMISSIONS FUTURES

Nous avons besoin de scénarios des émissions de gaz à effet de serre et de précurseurs des aérosols pour les cent prochaines années au moins, à l'appui de l'étude des incidences potentielles des activités humaines sur le système climatique. Ces scénarios alimentent les modèles climatiques et constituent un outil précieux pour mesurer l'importance relative des gaz traces et des précurseurs d'aérosols dans l'évolution de la composition atmosphérique et du climat. Ils peuvent aussi aider à mieux comprendre les grandes relations qui existent entre les facteurs qui régiront les émissions futures.

Les scénarios ne sont pas des prévisions et ne doivent pas être utilisés comme tels. Ils décrivent simplement différentes situations en fonction d'un vaste éventail d'hypothèses économiques, démographiques et politiques, et sont par nature sujets à controverse car ils reflètent des visions différentes de l'avenir. Les conditions présentées dans les scénarios à court terme peuvent s'écarter considérablement des conditions réelles, même pour un horizon rapproché. Au fur et à mesure que celui-ci s'éloigne, le degré de confiance diminue, le caractère spéculatif des hypothèses retenues s'accroît. De lourdes incertitudes subsistent, qu'il s'agisse de l'évolution des types et des niveaux de l'activité humaine (y compris en ce qui concerne la croissance et la structure de l'économie), des progrès techniques ou des réactions de la société face à d'éventuelles

* 1 Tg CH_4 (1 téragramme de méthane) est égal à 10^{12} grammes de méthane

contraintes écologiques, économiques et institutionnelles. Les scénarios d'émissions doivent donc être établis avec soin et exploités avec une grande prudence.

De nouveaux faits sont intervenus depuis la mise au point du Scénario A du GIEC en 1990 (SA90), et l'on dispose d'éléments d'information nouveaux en rapport avec les hypothèses qui sous-tendent ce scénario. À signaler notamment à cet égard, les amendements de Londres au Protocole de Montréal; la révision des prévisions démographiques de la Banque mondiale et de l'Organisation des Nations Unies; la publication du scénario des émissions de gaz à effet de serre d'ici 2025 proposé par le sous-groupe du GIEC pour les questions relatives à l'énergie et à l'activité industrielle; les bouleversements politiques et économiques survenus dans l'ancienne URSS, en Europe de l'Est et au Moyen-Orient; la réévaluation des sources et puits de gaz à effet de serre (la question est examinée à nouveau dans le présent supplément); la révision des données provisoires de la FAO sur le déboisement dans la zone tropicale; les nouvelles études scientifiques sur la biomasse forestière. L'on a également reconnu que de grandes incertitudes subsistaient à propos d'autres importants facteurs dont dépendent les émissions futures.

Tout ceci a conduit à la mise à jour du SA90. Les six scénarios envisagés par le GIEC (IS92 a-f) reposent sur toute une gamme d'hypothèses variées, résumées dans le tableau 1, quant à la manière dont la situation relative aux émissions de gaz à effet de serre pourrait évoluer si d'autres mesures ne viennent pas compléter les orientations déjà adoptées en matière d'environnement. Il s'agit là d'une importante amélioration par rapport à la méthodologie précédente. On n'a toutefois pas analysé ce qui se passerait si tel ou tel scénario se réalisait. Le Groupe de travail I du GIEC n'a pas de préférence à propos de ces scénarios. On pourrait élargir encore la gamme des possibilités en matière d'émissions en mariant autrement ces hypothèses. Les univers que supposent les nouveaux scénarios, en termes de conditions économiques, sociales et écologiques, sont fort différents. La présente évaluation offre une vue provisoire et ouvre la voie à une étude plus complète des émissions futures de gaz à effet de serre et de précurseurs d'aérosols.

Résultats des scénarios : L'éventail des possibilités en ce qui concerne les émissions futures de gaz à effet de serre est très large, comme le montre la figure 1 (qui ne concerne que le CO₂). Les six scénarios peuvent tous être comparés au scénario SA90. Le IS92a est légèrement en retrait par rapport au SA90, les hypothèses de départ ayant subi de petites modifications qui s'annulent d'ailleurs largement (ainsi, une révision à la baisse des estimations démographiques se traduit par un relèvement des niveaux estimatifs d'émissions, tandis que la suppression progressive des halocarbures et une appréciation plus optimiste du coût des énergies renouvelables ont l'effet contraire). Les valeurs les plus hautes en matière d'émissions de gaz à effet de serre correspondent au nouveau scénario IS92e, qui suppose, entre autres hypothèses, une croissance démographique modérée, une forte croissance économique, une abondance de combustibles fossiles et un abandon progressif de l'énergie nucléaire. C'est le scénario IS92c qui produit les valeurs les

plus faibles; il repose sur l'hypothèse d'une croissance démographique suivie d'un recul vers le milieu du siècle prochain, d'une faible croissance économique et de fortes contraintes en ce qui concerne les approvisionnements en combustibles fossiles. Les résultats de chacun des six scénarios figurent dans le tableau 2. Dans l'ensemble, ces scénarios montrent que les émissions de gaz à effet de serre pourraient sensiblement augmenter au cours du prochain siècle, sans de nouvelles mesures expressément destinées à les réduire. Dans le scénario IS92c, cependant, les émissions de CO₂ finissent par être inférieures au niveau de départ (1990). Le scénario IS92b, version modifiée du IS92a, donne à penser que les engagements pris actuellement par de nombreux pays membres de l'OCDE de stabiliser ou de réduire leurs émissions de CO₂ pourraient avoir une légère incidence sur les émissions de gaz à effet de serre au cours des prochaines décennies, mais que cela ne compenserait pas une éventuelle progression sensible de ces émissions à plus long terme. Dans le scénario IS92b, il n'est pas tenu compte du fait que de tels engagements pourraient accélérer la mise au point et la diffusion de techniques produisant peu de gaz à effet de serre, ni des modifications qui pourraient en résulter pour la structure des utilisations industrielles.

Dioxyde de carbone : Les nouveaux scénarios d'émissions de CO₂ en provenance du secteur énergétique permettent d'envisager toute une série d'éventualités (figure 1).

La croissance démographique et économique, les changements structurels opérés dans les économies, les prix de l'énergie, les progrès techniques, les approvisionnements en combustibles fossiles et les possibilités d'exploitation de l'énergie nucléaire et des sources d'énergie renouvelables, sont autant de facteurs qui pourraient avoir une incidence majeure sur les futurs niveaux d'émission de CO₂. Des événements tels que ceux qu'ont connus les républiques de l'ancienne Union soviétique et l'Europe de l'Est, événements désormais pris en compte dans tous les scénarios, auront d'importantes répercussions sur les émissions futures de carbone provenant des combustibles fossiles, puisqu'ils influenceront sur le niveau de l'activité économique et sur le rendement de la production et de l'utilisation d'énergie. Dans les nouveaux scénarios, les émissions de carbone d'origine biologique sont supérieures pour les premières décennies à celles indiquées dans le scénario SA90, ce qui correspond aux premières estimations de la FAO, plus élevées, du rythme actuel de déboisement dans de nombreuses parties du monde - mais pas dans toutes - et à des estimations plus élevées pour la biomasse forestière.

Halocarbones : Les chiffres donnés pour les CFC et autres substances qui appauvrissent la couche d'ozone strato-sphérique dans les nouveaux scénarios sont nettement inférieurs à ceux du scénario SA90. Cette révision à la baisse correspond à une large application des mesures de réglementation prévues dans les amendements de Londres de 1990 au Protocole de Montréal. Toutefois, la production et la composition futures des substances de substitution (HCFC et HFC) pourraient influencer sensiblement sur la part de ces composés dans le forçage radiatif.

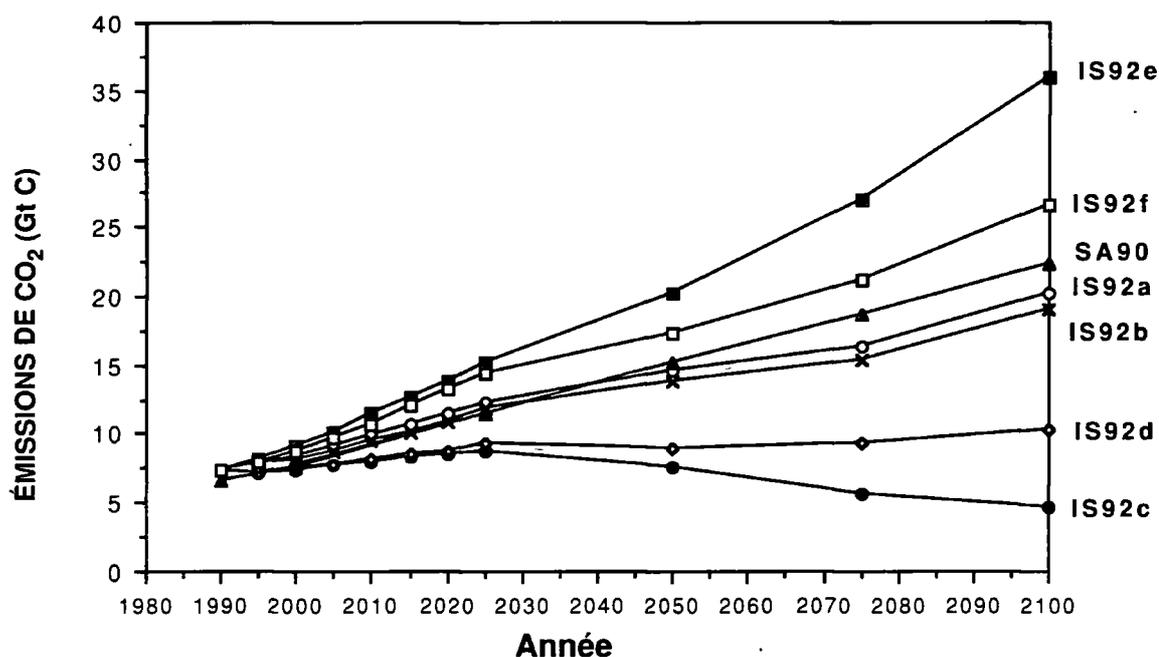


Figure 1 Émissions de CO₂ provenant du secteur énergétique, de la production de ciment et du déboisement.

Méthane, oxyde nitreux, précurseurs de l'ozone et gaz sulfurés : La répartition des émissions de CH₄ et de N₂O imputable aux différentes sources n'est pas la même que dans le scénario SA90. Des valeurs plus faibles ont été retenues pour le méthane dégagé par les rizières, et les émissions provenant de résidus d'origine animale et d'eaux usées domestiques ont été ajoutées. Pour les émissions de N₂O dues à des sources stationnaires et au brûlage de la biomasse, on a procédé à des révisions à la baisse. L'acide adipique et l'acide nitrique ont été pris en compte comme sources supplémentaires de N₂O. Une première analyse des émissions de composés organiques volatils et de dioxyde de soufre donne à penser que le volume mondial des émissions risque de croître au cours du prochain siècle si de nouvelles mesures de limitation ne sont pas mises en oeuvre.

RELATIONS ENTRE, D'UNE PART, LES ÉMISSIONS ET LES CONCENTRATIONS ATMOSPHÉRIQUES ET, D'AUTRE PART, LEUR INCIDENCE SUR LE BILAN RADIATIF

Il est indispensable d'établir le rapport entre les émissions de gaz à effet de serre, de précurseurs de ces gaz et de précurseurs des aérosols et les concentrations futures de gaz à effet de serre et d'aérosols pour pouvoir évaluer leur action sur le bilan radiatif. Des modèles de types différents ont été mis au point à cette fin.

Modèles du cycle du carbone : Il existe divers modèles du cycle du carbone (p.ex. les modèles 3-D océan-atmosphère, les modèles 1-D de diffusion par boîtes océan-atmosphère et les modèles en boîtes qui incorporent un puits biosphérique terrestre), mais de grosses incertitudes subsistent pour tous les modèles, notre compréhension des processus qui régissent l'absorption et la libération du CO₂

par l'océan et les écosystèmes terrestres étant encore très insuffisante. Certains modèles reposent sur l'hypothèse d'un bilan net nul pour la biosphère terrestre, les émissions de CO₂ provenant de combustibles fossiles étant contrebalancées par l'assimilation par les océans et l'accumulation dans l'atmosphère. Dans d'autres modèles, l'équilibre est obtenu en supposant qu'il y a un effet de fertilisation par le CO₂ dans certaines parties de la biosphère. Même les modèles qui réalisent l'équilibre entre le cycle actuel et le cycle passé du carbone ne peuvent prévoir avec précision les concentrations futures dans l'atmosphère car ils ne rendent pas nécessairement compte de la combinaison réelle des processus terrestres et océaniques. Les différences entre les changements prévus pour les concentrations de CO₂ peuvent atteindre 30 %. Cette imprécision dans la prévision du changement climatique est toutefois moins importante que les marges d'erreurs dans l'estimation des structures futures des émissions de gaz traces et dans la quantification des processus de rétroaction. Pour une estimation empirique simple, on peut partir de l'hypothèse que la proportion de substances émises restant dans l'atmosphère est la même que pour la dernière décennie, à savoir $46 \pm 7 \%$.

Modèles de réaction chimique en phase gazeuse dans l'atmosphère : Les modèles troposphériques actuels présentent d'importantes différences quant à la prévision des changements relatifs à l'O₃, au radical hydroxyle (OH) et à d'autres gaz chimiquement actifs du fait des émissions de CH₄, d'HCNM, de CO et en particulier de NO_x. Cela résulte de l'imprécision de nos connaissances quant à la composition chimique de fond et de notre incapacité de représenter des processus atmosphériques de petite échelle, et a pour effet de limiter la précision des prévisions qu'il s'agisse des quantités d'O₃ troposphérique et de sa répartition, ou de la durée de vie de plusieurs autres gaz à effet de serre, les HCFC et les HFC notamment, qui tous dépendent de la

Tableau 1 : Résumé des hypothèses sur lesquelles reposent les six nouveaux scénarios envisagés par le GIEC en 1992 *

Scénario	Population	Croissance économique	Approvisionnement en énergie **	Autres facteurs ***	CFC
IS92a	Banque mondiale 1991 11,3 milliards d'ici 2100	1990-2025 2,9 % 1990-2100 2,3 %	12 000 EJ ¹ pétrole brut naturel 13 000 EJ gaz naturel Coût du solaire tombé à 0,075 \$/kWh 191 EJ de combustibles biologiques disponibles à 70 \$/baril	Réglementation des émissions de SO _x , NO _x et NMVOC, agréée sur le plan international et faisant l'objet de dispositions juridiques contraignantes	Respect partiel des dispositions du Protocole de Montréal. Transfert de technologie entraînant la suppression progressive des CFC d'ici 2075, également dans les pays non signataires
IS92b	Banque mondiale 1991 11,3 milliards d'ici 2100	1990-2025 2,9 % 1990-2100 2,3 %	Même chose que pour «a»	Même chose que pour «a», plus engagement pris par de nombreux pays de l'OCDE de stabiliser ou de réduire leurs émissions de CO ₂	Respect mondial des mesures de suppression progressive prévues dans le Protocole de Montréal
IS92c	Hypothèse moyenne basse 6,4 milliards d'ici 2100	1990-2025 2,0 % 1990-2100 1,2 %	8 000 EJ pétrole brut naturel 7 300 EJ gaz naturel Coût du nucléaire diminuant de 0,4 % par an	Même chose que pour «a»	Même chose que pour «a»
IS92d	Hypothèse moyenne basse 6,4 milliards d'ici 2100	1990-2025 2,7 % 1990-2100 2,0 %	Pétrole et gaz même chose que pour «c» Coût du solaire tombé à 0,065 \$/kWh 272 EJ de combustibles biologiques disponibles à 50 \$/baril	Application des mesures de réglementation des émissions de CO, NO _x , NMVOC, et de SO _x , étendues au monde entier Déboisement stoppé Récupération et utilisation des substances émises dans les mines de charbon et production et utilisation de gaz	Suppression progressive de la production de CFC d'ici 1997 dans les pays industrialisés Suppression progressive des HCFC
IS92e	Banque mondiale 1991 11,3 milliards d'ici 2100	1990-2025 3,5 % 1990-2100 3,0 %	18 400 EJ pétrole brut naturel Gaz même chose que pour «a» suppression progressive du nucléaire d'ici 2075	Réglementation des émissions (majoration de 30 % du prix de l'énergie fossile en fonction de la pollution)	Même chose que pour «d»
IS92f	Hypothèse moyenne haute 17,6 milliards d'ici 2100	Même chose que pour «a»	Pétrole et gaz même chose que pour «c» Coût du solaire tombé à 0,083 \$/kWh Coût du nucléaire porté à 0,09 \$/kWh	Même chose que pour «a»	Même chose que pour «a»

* Les hypothèses retenues pour le Scénario A 1990 sont décrites dans l'annexe A du document du GIEC (IPCC) de juin 1990, p. 339 à 345

** Dans tous les scénarios, on suppose que les ressources de charbon pourront atteindre 197 000 EJ. Jusqu'à 1,5 % de ces ressources sont supposées être disponibles à 1,30 \$/gigajoule à la mine

*** Le taux de déboisement dans la zone tropicale (pour les forêts denses et claires), de 17 millions d'hectares/an en moyenne (FAO, 1991) au départ (1981-1990), augmente en fonction de la croissance démographique jusqu'à ce qu'il soit freiné par la disponibilité de terres juridiquement non protégées. Le scénario IS91d suppose qu'il est finalement mis fin au déboisement pour d'autres raisons que celles qui sont en rapport avec le climat. La densité de carbone par hectare au-dessus du sol varie, selon le type de forêt, de 16 à 117 tonnes de C/ha, alors que pour le C du sol les chiffres vont de 68 à 100 tonnes de C/ha. Toutefois, seule une partie du carbone est peu à peu libérée en fonction de la réaffectation des terres, selon le type de réaffectation

¹ Exa-joule = 1 x 10¹⁸ joules

Tableau 2 : Résultat de six scénarios d'émissions de gaz à effet de serre établis par le GIEC en 1992

Scénario	Années	Diminution du rapport TBEP/PNB (Changement annuel moyen)	Diminution de l'intensité de C (Changement annuel moyen)	Déboisement dans les zones tropicales				Émissions par an				
				Net cumule de C d'origine fossile (Gt C)	Total des forêts défrichées (Mha)	Émissions nettes cumulees de C (Gt C)	Année	CO ₂ (Gt C)	CH ₄ (Tg)	N ₂ O (Tg de N)	CFC (kt)	SO _x (Tg de S)
IS92a	1990-2025	0,8 %	0,4 %	285	678	42	1990	7,4	506	12,9	827	98
	1990-2100	1,0 %	0,2 %	1386	1447	77	2025 2100	12,2 20,3	659 917	15,8 17,0	217 3	141 169
IS92b	1990-2025	0,9 %	0,4 %	275	678	42	2025	11,8	659	15,7	36	140
	1990-2100	1,0 %	0,2 %	1316	1447	77	2100	19,0	917	16,9	0	164
IS92c	1990-2025	0,6 %	0,7 %	228	675	42	2025	8,8	589	15,0	217	115
	1990-2100	0,7 %	0,6 %	672	1343	70	2100	4,6	546	13,7	3	77
IS92d	1990-2025	0,8 %	0,9 %	249	420	25	2025	9,3	584	15,1	24	104
	1990-2100	0,8 %	0,7 %	908	651	30	2100	10,3	567	14,5	0	87
IS92e	1990-2025	1,0 %	0,2 %	330	678	42	2025	15,1	692	16,3	24	163
	1990-2100	1,1 %	0,2 %	2050	1447	77	2100	35,8	1072	19,1	0	254
IS92f	1990-2025	0,8 %	0,1 %	311	725	46	2025	14,4	697	16,2	217	151
	1990-2100	1,0 %	0,1 %	1690	1686	93	2100	26,6	1168	19,0	3	204

TBEP = Total des besoins en énergie primaire
L'intensité de carbone est définie comme représentant les unités de carbone par unité de TBEP
Les CFC comprennent : CFC-11, CFC-12, CFC-113, CFC-114 et CFC-115

quantité de radicaux OH. Une augmentation des concentrations de CH₄, HCNM et CO se traduira par une diminution pour l'O₃ et par un accroissement dans le cas de OH, d'où un forçage radiatif accru. Comme, par ailleurs, un accroissement de NO_x s'accompagne d'un accroissement tant pour O₃ que pour OH, on ne peut avoir qu'une idée approximative de l'effet net sur le forçage radiatif.

Modèles d'aérosols sulfatés atmosphériques : La transformation chimique dans l'atmosphère d'aérosols sulfatés et de leurs précurseurs a été étudiée en détail dans le contexte des pluies acides. Si notre compréhension des processus en jeu a sensiblement progressé ces dernières années, il subsiste bien des grosses incertitudes, notamment en ce qui concerne la microphysique de la formation des aérosols, les interactions des aérosols et des nuages et l'élimination des particules d'aérosols par précipitation.

COMMENT NOTRE COMPRÉHENSION DES CHANGEMENTS INTERVENUS DANS LE FORÇAGE RADIATIF A-T-ELLE ÉVOLUÉ ?

Depuis la parution du Rapport d'évaluation du GIEC (1990), nous avons sensiblement progressé dans la compréhension de l'incidence de la raréfaction de l'ozone et des aérosols sulfatés sur le forçage radiatif et des limites de la notion de potentiel de réchauffement global.

Forçage radiatif imputable aux modifications de l'ozone stratosphérique : Pour la première fois, il a été tenu compte, dans le calcul des modifications du bilan radiatif de l'atmosphère, de l'appauvrissement en ozone observé à l'échelle planétaire dans la basse stratosphère. Bien que les résultats soient sensibles à des ajustements concernant l'atmosphère et qu'il n'ait pas été fait d'étude de modélisation des incidences des variations de l'ozone sur la température en surface, les calculs du bilan radiatif indiquent que l'appauvrissement de la couche d'ozone observé pendant les années 80 s'est traduit par une réduction du forçage radiatif du système surface-troposphère aux latitudes moyennes et élevées. Cette réduction, moyenne à l'échelle du globe et sur l'ensemble de la dernière décennie, est approximativement d'ampleur égale, mais de signe opposé, à l'accentuation du forçage radiatif dû à l'augmentation des concentrations de CFC pendant la même période. L'effet aux latitudes élevées est particulièrement prononcé, et, vu les importantes variations d'une latitude ou d'une région à l'autre, il est urgent d'entreprendre des études à l'aide de modèles de la circulation générale (MCG) pour vérifier ces constatations.

Forçage radiatif imputable aux modifications de l'ozone troposphérique : Si des observations concordantes d'un accroissement de l'ozone troposphérique (jusqu'à 10 % par décennie) ont été faites dans un nombre limité des sites en Europe, on ne dispose pas, à l'échelle du globe, d'une série satisfaisante de données d'observation permettant de déterminer quantitativement la progression du forçage radiatif.

Toutefois, l'on a calculé qu'une augmentation globale uniforme de 10 % de la quantité d'ozone troposphérique entraînerait un accroissement du forçage radiatif d'environ un dixième de watt par mètre carré.

Effets radiatifs des émissions de soufre : Les émissions de composés sulfurés d'origine humaine se traduisent par la présence d'aérosols sulfatés réfléchissant le rayonnement solaire. Ce phénomène exerce sans doute un effet de refroidissement dans l'hémisphère Nord (l'effet observé dans l'hémisphère Sud est négligeable). Par ciel clair uniquement, le refroidissement correspondant aux taux actuels d'émission peut atteindre, selon les estimations, 1 W m⁻², si l'on prend une moyenne pour l'ensemble de l'hémisphère Nord; il y a lieu de comparer cette valeur à la valeur estimative de 2,5 W m⁻² donnée pour le réchauffement provoqué à ce jour par les émissions anthropiques de gaz à effet de serre. Du fait de leur répartition non uniforme et de leur temps de séjour relativement bref dans l'atmosphère, les effets des aérosols sulfatés anthropiques varient largement d'une région à l'autre. Les aérosols sulfatés peuvent aussi avoir altéré le bilan radiatif étant donné les changements qui interviennent dans les propriétés optiques des nuages.

Potentiels de réchauffement global (PRG) : Les gaz peuvent exercer un forçage radiatif à la fois directement et indirectement : directement lorsque le gaz initial est un gaz à effet de serre; indirectement lorsque la transformation chimique du gaz initial produit un gaz ou des gaz qui sont eux-mêmes des gaz à effet de serre. La notion de PRG a été définie à l'intention des décideurs et sert à mesurer l'effet de réchauffement du système surface-troposphère pouvant résulter des émissions de chaque gaz par rapport au CO₂. Les indices sont calculés pour l'atmosphère actuelle, et il n'est pas tenu compte des modifications éventuelles de la composition chimique de l'atmosphère. Les effets du CO₂ sur le forçage radiatif, si l'on raisonne en kg, sont non linéaires par rapport aux variations des concentrations de CO₂ dans l'atmosphère. À mesure que les niveaux de CO₂ augmentent par rapport aux valeurs actuelles, les gaz autres que le CO₂ auront donc des PRG supérieurs à ceux qui sont évalués ici. La notion de PRG ne sera vraiment utile que si l'on parvient à en quantifier les composantes directes et indirectes.

Potentiels de réchauffement global direct : Les composantes directes du PRG ont été recalculées, compte tenu de valeurs estimatives révisées du temps de séjour, pour des horizons allant de 20 à 500 ans, le CO₂ étant pris comme gaz de référence. Le modèle du cycle du carbone océan-atmosphère qui a été utilisé pour établir le lien entre les émissions de CO₂ et les concentrations est celui dont il est fait mention dans le rapport du GIEC de 1990. Le tableau 3 présente des valeurs pour plusieurs gaz importants à l'horizon 100 ans. Alors que, dans la plupart des cas les valeurs sont analogues à celles qui figuraient dans le Rapport du GIEC (1990), le PRG des HFC et de certains HCFC a augmenté de l'ordre de 20 à 50 % du fait de la révision des estimations

concernant leur temps de séjour. Le PRG direct du CH₄ a été ajusté vers le haut, ce qui a permis de corriger une erreur constatée dans le premier Rapport d'évaluation du GIEC. Dans le modèle du cycle du carbone utilisé pour ces calculs, on a probablement sous-estimé les valeurs du PRG tant direct qu'indirect pour tous les gaz autres que le CO₂. L'importance de l'écart dépend du temps de séjour du gaz dans l'atmosphère et de l'horizon retenu pour le PRG.

Tableau 3 : PRG direct pour l'horizon cent ans

Gaz	PRG	Signe de la composante indirecte du PRG
Dioxyde de carbone	1	nul
Methane	11	positif
Oxyde nitreux	270	incertain
CFC-11	3400	négatif
CFC-12	7100	négatif
HCFC-22	1600	négatif
HFC-134a	1200	nul

Potentiels de réchauffement global indirect : Notre connaissance des processus chimiques étant incomplète, il y a sans doute lieu de tenir compte, pour la plupart des PRG indiqués dans le Rapport d'évaluation de 1990, d'une marge d'erreur importante, et aucun de ces potentiels ne peut être recommandé. Bien que nous ne soyons pas encore en mesure de recommander des valeurs numériques

révisées, nous savons que le méthane a un PRG indirect positif dont l'ampleur pourrait être comparable à celle du PRG direct. Il ressort par contre, du tableau 3, que les PRG indirects des halocarbures comprenant du chlore et du brome sont probablement négatifs. Il se pourrait que dans les cas des constituants dont la répartition n'est pas homogène et dont le temps de séjour est court (CO, HCNM et NO_x), la notion de PRG ne soit pas applicable, bien que, comme on l'a vu, nous sachions que ces constituants influenceront sur le bilan radiatif de l'atmosphère par le biais des modifications de l'ozone troposphérique et de l'OH. De même, l'on estime que la notion de PRG n'a pas de raison d'être pour le SO₂, vu la répartition non uniforme des aérosols sulfatés.

Influence des variations du rayonnement solaire global :

On a signalé l'existence de fortes corrélations entre les caractéristiques du cycle de l'activité solaire et la température moyenne à l'échelle du globe. La seule explication physique qui vienne immédiatement à l'esprit fait intervenir la variabilité de l'éclairement total par le soleil à des échelles temporelles qui dépassent le cycle d'activité de 11 ans. Comme des mesures précises de l'éclairement ne sont disponibles que pour la dernière décennie, il n'est pas possible de tirer de conclusions définitives en ce qui concerne l'incidence de la variabilité du rayonnement solaire sur l'évolution du climat.

QUELS OUTILS UTILISONS-NOUS ET QUELLES INFORMATIONS AVONS-NOUS BESOIN POUR PRÉVOIR LE CLIMAT FUTUR?

Les modèles

L'outil le plus perfectionné dont nous disposons pour prévoir le climat et les changements climatiques est connu sous le nom de modèle de la circulation générale (MCG). Les modèles de ce type sont conçus sur la base des lois de la physique et utilisent des descriptions simplifiées du point de vue physique, (appelées paramétrisations) des processus de petite échelle, comme ceux propres aux nuages et aux profondes couches de mélanges des océans. Dans les modèles de la circulation générale "couplés" (MCGC), la composante atmosphérique est reliée à une composante océanique d'une complexité comparable.

La prévision du climat ne se fait pas de la même manière que celle des conditions météorologiques. Un modèle de prévision du temps donne une description de l'état de l'atmosphère pour une période pouvant aller jusqu'à 10 jours environ, à partir d'une description détaillée de l'état initial de l'atmosphère à un instant donné. Les prévisions de ce type décrivent le mouvement et l'évolution de vastes systèmes météorologiques, mais les modèles ne peuvent représenter les phénomènes de très petite échelle, par exemple un nuage d'averse.

Pour évaluer le rôle des gaz à effet de serre ou des aérosols dans un climat en évolution, on fait d'abord fonctionner le modèle sur une durée simulée de quelques décennies. Les sorties statistiques du modèle constituent une description du climat simulée par le modèle, qui, si

celui-ci est bon et tient compte des importants facteurs de forçage, donnera une bonne représentation du climat réel de l'atmosphère et de l'océan. On répète cet exercice en entrant dans le modèle des concentrations croissantes de gaz à effet de serre ou d'aérosols. Les différences entre les statistiques des deux simulations (concernant par exemple la température moyenne et la variabilité inter-annuelle) donnent une estimation de l'évolution correspondante du climat. Il faut déterminer, par ailleurs, s'il sera ou non possible de distinguer les changements annoncés des variations naturelles du climat. Enfin, des observations sont nécessaires pour surveiller le climat, mieux comprendre les processus climatiques et vérifier plus facilement la validité des modèles.

La modification à long terme de la température de l'air en surface consécutive à un doublement du dioxyde de carbone (que l'on appelle la sensibilité climatique) sert généralement de référence pour comparer les résultats des différents modèles. La gamme des valeurs indiquée dans l'évaluation de 1990 pour apprécier cette sensibilité, et confirmée dans le présent supplément, est comprise entre 1,5 et 4,5 °C, la meilleure estimation, d'après les résultats des modèles et compte tenu des relevés climatologiques, correspondant à 2,5 °C.

Des modèles plus simples, simulant le comportement des MCG, sont également utilisés pour prévoir l'évolu-

tion de la température globale dans le temps en fonction de diverses hypothèses en matière d'émissions. Ces modèles dits de la diffusion par boîtes, reposent sur des représentations physiques très simplifiées, mais donnent des résultats analogues à ceux des MCG lorsqu'on en fait la moyenne à l'échelle du globe. Toutefois, seuls des modèles complets de la circulation générale peuvent rendre compte de la répartition tridimensionnelle des changements pour d'autres variables climatiques, y compris les changements imputables à des processus non linéaires dont les modèles simplifiés ne rendent pas compte. L'on vient à peine de commencer à dégager ce genre d'informations à partir des résultats de modèles couplés de la circulation générale.

Concentrations futures de gaz à effet de serre et d'aérosols

Pour prévoir les changements climatiques imputables à une modification des constituants de l'atmosphère, il faut partir d'une estimation de la concentration future de ces constituants. Cela suppose que l'on en connaisse les sources et les puits (naturels et artificiels) et que l'on dispose d'une estimation de ce que pourrait être l'évolution de la capacité de ces sources et puits (scénario d'émissions). On peut alors utiliser des modèles climatiques pour évaluer la réaction du climat à partir des valeurs prévues pour les concentrations futures.

Les modèles de la circulation générale permettent-ils de prévoir le climat futur?

Pour établir une prévision du climat futur il faut réunir deux conditions : a) tenir compte de l'ensemble des fac-

teurs humains et naturels dont nous savons qu'ils agissent sur le climat, et b) calculer les concentrations futures de gaz à effet de serre dans l'atmosphère. Jusqu'ici, les modèles de la circulation générale (et les modèles couplés de la circulation générale) ne prenaient en compte que le forçage radiatif dû aux gaz à effet de serre, de sorte que les résultats obtenus ne concernent que la part des gaz à effet de serre dans l'évolution du climat.

A l'époque où est paru le premier Rapport d'évaluation du GIEC, en 1990, on reconnaissait que les aérosols sulfatés exerçaient un important forçage radiatif négatif sur le climat, mais on ne savait pas encore le quantifier correctement. La compréhension du forçage radiatif exercé par les aérosols sulfatés a progressé depuis lors, et l'appauvrissement de la couche d'ozone stratosphérique sous l'effet des halocarbones est considéré aujourd'hui comme une source supplémentaire de forçage négatif. L'absence de ces facteurs de forçage négatif dans les modèles de la circulation générale n'annule toutefois pas les résultats de ces derniers. Par exemple, les estimations de la sensibilité climatique, exprimée simplement en termes de concentrations de CO₂, demeurent valables, et l'on continue de penser que les gaz à effet de serre d'origine anthropique représentent actuellement - et la situation ne fera qu'empirer - le plus important facteur de perturbation du bilan radiatif naturel de l'atmosphère. Pour pouvoir remplir la condition a) ci-dessus, il faudra ajuster le rythme de l'évolution de, disons, la température en surface, en fonction de facteurs de forçage additionnels. La condition b) se trouvera satisfaite si l'on utilise une prévision (par opposition à un scénario) donnée des concentrations futures de gaz à effet de serre dans l'atmosphère.

FIABILITÉ DES PRÉVISIONS FONDÉES SUR DES MODÈLES

La capacité des modèles de simuler le climat actuel continue de s'améliorer lentement, quand bien même de nouvelles améliorations sont nécessaires quant à la résolution des modèles et à la paramétrisation des processus physiques. Depuis la parution du dernier rapport, de nouveaux éléments d'information ont été réunis, qui indiquent que les modèles de l'atmosphère peuvent reproduire toute une gamme d'aspects de la variabilité atmosphérique. Les modèles couplés océan-atmosphère présentent, sur des décennies une variabilité qui est à certains égards analogue à celle que l'on peut observer, et des modèles de l'océan montrent des fluctuations à plus long terme associées aux variations de la circulation thermohaline.

Quelques précisions ont été apportées quant à la nature des rétroactions liées à la vapeur d'eau, bien que les effets radiatifs des nuages et les processus connexes demeurent une source majeure d'incertitude et que les changements annoncés pour la vapeur d'eau dans la haute troposphère au-dessus des régions tropicales soient sujets à caution. Les rétroac-

tions biologiques n'ont pas encore été prises en considération dans les simulations du changement climatique.

Pour obtenir une représentation plus fiable de la répartition géographique des changements climatiques, il faudra faire procéder à de nouvelles simulations au moyen de modèles couplés perfectionnés et de scénarios du forçage radiatif dans lesquels les aérosols seront pris en compte.

La détermination des régimes climatiques régionaux à partir des résultats des MCG, reste très approximative et les indications d'un changement dans la variabilité ou l'activité cyclonique ne sont pas concordantes. On peut interpoler les résultats de ces modèles à des échelles plus petites en appliquant des méthodes statistiques (corrélation entre le climat régional et la circulation de grande échelle) ou en utilisant des modèles à grille emboîtée (modèles climatiques régionaux à haute résolution alimentés par les sorties de modèles de la circulation générale à grande échelle). Il s'agit dans l'un et l'autre cas de méthodes prometteuses, mais il faudra réaliser de nouvelles études avant de pouvoir obtenir une meilleure représentation globale de la distri-

bution régionale des changements climatiques résultant de l'accroissement des concentrations de gaz à effet de serre. Quoiqu'il en soit, la qualité de la représentation des flux de grande échelle dans le modèle aura une importance déterminante dans l'application de l'une ou l'autre de ces deux méthodes. Etant donné notre connaissance encore très incomplète du climat, nous ne pouvons exclure d'éventuelles surprises.

SIMULATION DU RYTHME ET DE LA RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Les résultats des modèles de la circulation générale sur lesquels s'appuyait le Rapport d'évaluation de 1990 concernaient essentiellement les simulations de l'état d'équilibre, puisqu'une seule simulation d'état transitoire (c'est-à-dire de la façon dont le climat réagit dans le temps à une augmentation régulière des concentrations de gaz à effet de serre) avait été effectuée.

Depuis lors plusieurs travaux consacrés aux modèles climatiques et à leurs résultats ont été publiés, après vérification préalable. On a enregistré des progrès sensibles en ce qui concerne les modèles utilisés pour la simulation d'états transitoires, quatre équipes de modélisation ayant mené à bien des simulations du climat sur des périodes d'une durée pouvant atteindre cent ans, à l'aide de modèles couplés de la circulation générale océan-atmosphère qui incorporent une description détaillée des couches profondes de l'océan et peuvent donc simuler le décalage de la réaction du climat aux modifications de la circulation en eau profonde. Vu la présence des flux de chaleur et d'eau, il faudra apporter d'importants ajustements à ces modèles pour pouvoir simuler le climat de façon réaliste, ce qui peut fausser la réaction du modèle aux perturbations de faible amplitude comme celles qui sont associées à l'augmentation des concentrations de gaz à effet de serre. Pour simuler le climat futur au moyen de ces modèles, on s'est basé sur une augmentation annuelle des concentrations de dioxyde de carbone proche de 1 % (soit environ l'équivalent radiatif de l'actuel rythme d'augmentation des gaz à effet de serre).

La variabilité interne empêche de bien percevoir les modes de distribution géographique des changements pendant les premières décennies considérées dans l'expérience de simulation. Mais une fois que ces modes se sont précisés, ils évoluent relativement peu à mesure que progresse l'intégration et présentent plusieurs analogies avec les résultats des simulations de l'équilibre. Ainsi :

- i) la hausse de la température de l'air en surface est plus prononcée au-dessus des terres émergées qu'au-dessus des océans;
- ii) les précipitations augmentent, en moyenne, aux latitudes élevées, dans les régions de l'Asie exposées à la mousson et, en hiver, aux latitudes moyennes;

- iii) dans certaines régions des latitudes moyennes, la teneur du sol en eau diminue en moyenne, durant l'été.

Les simulations d'états transitoires dans le cas d'un doublement du CO₂ montrent toutefois que dans la partie septentrionale de l'Atlantique Nord et au voisinage de l'Antarctique, l'élévation thermique est inférieure de 60 % ou plus à celle correspondant aux simulations de l'équilibre.

Il reste donc beaucoup à faire en matière de mise au point et de validation des modèles couplés.

ÉVALUATION DU RYTHME DE L'ÉVOLUTION DU CLIMAT EN FONCTION DES CONNAISSANCES ACTUELLES

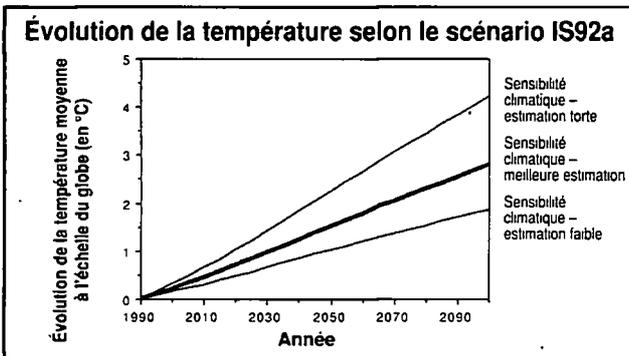
Les résultats des nouvelles simulations faites avec des modèles couplés océan-atmosphère, qui ne prennent pas en compte l'influence des sulfates et de l'amenuisement de l'ozone, confirment généralement les valeurs estimatives données par le GIEC en 1990, soit une hausse de température de l'ordre de 0,3 °C par décennie (fourchette comprise entre 0,2 et 0,5 °C) pour le siècle prochain dans le cas du scénario A. Comme les MCG ne tiennent pas encore compte d'éventuelles influences anthropiques antagonistes, notamment le forçage induit par les aérosols sulfatés et la raréfaction de l'ozone stratosphérique, la valeur nette de la hausse de la température en surface devrait être inférieure, du moins pendant la période où les émissions de soufre continuent d'augmenter, à celle qui résulterait d'un forçage uniquement dû aux gaz à effet de serre. Toutefois, la moyenne planétaire de l'effet induit par les aérosols sulfatés n'a toujours pas été calculée avec précision. D'autres études seront donc nécessaires.

Le rythme simulé de l'élévation du niveau de la mer du fait de l'expansion thermique océanique uniquement est de 2 à 4 cm par décennie, ce qui concorde, là aussi, avec l'évaluation de 1990.

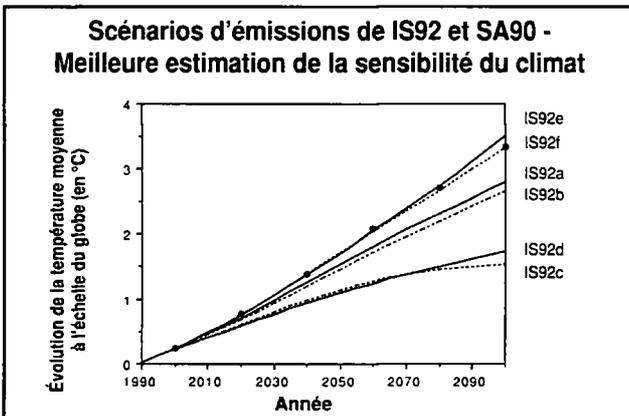
Les nouveaux scénarios d'émissions retenus par le GIEC (1992) (IS92a-f; voir p. 11, «Scénarios des émissions futures») ont été établis compte tenu des nouvelles données et des nouveaux accords internationaux. Pour une première évaluation de ces nouveaux scénarios, on a estimé la variation de la température en surface à l'aide du modèle climatique simple utilisé pour l'évaluation de 1990, et qui a été étalonné par rapport aux modèles couplés océan-atmosphère (voir l'encadré p. 17). Il a été tenu compte, comme dans l'évaluation de 1990, de la contribution directe de tous les gaz à effet de serre visés dans les scénarios.

De même, il n'a pas été tenu compte des effets de la raréfaction de l'ozone troposphérique et des aérosols sulfatés. Les diagrammes représentent i) l'évolution dans le temps de la température en surface (dans le cas du scénario IS92a), avec une valeur de 4,5 °C pour l'estimation forte, de la sensibilité du climat, de 2,5 °C pour la meilleure estimation

et de 1,5 °C pour l'estimation faible et ii) l'évolution de la température en fonction des six scénarios du GIEC (1992) la valeur retenue pour la sensibilité (voir l'encadré p. 17) du climat étant la «meilleure estimation».



i) Évolution prévue de la température moyenne à l'échelle du globe selon le scénario IS92-a, avec indication de la meilleure estimation (2,5°) et des valeurs extrêmes (4,5 et 1,5°) de la sensibilité du climat. Les effets des aérosols sulfatés et de l'appauvrissement en ozone n'ont pas été pris en compte.



ii) Évolution prévue de la température moyenne à l'échelle du globe selon les scénarios a à f du GIEC (1992), avec indication de la «meilleure estimation» du GIEC pour la sensibilité du climat. Les effets des aérosols sulfatés et de l'appauvrissement en ozone n'ont pas été pris en compte.

MISE À JOUR DU RELEVÉ DES TEMPÉRATURES MOYENNES À L'ÉCHELLE DU GLOBE

Les nouvelles analyses des températures de l'océan relevées au dix-neuvième siècle n'ont pas modifié sensiblement le calcul de la hausse de la température de la mer en surface intervenue au cours des 100 à 130 dernières années et qui est évaluée à $0,45 \pm 0,15$ °C. En outre, les températures en surface relevées en 1990 et 1991 sont analogues à celles enregistrées pendant les années 80 les plus chaudes et restent supérieures aux autres. On a toutefois été amené à ajuster légèrement les valeurs à l'échelle d'un hémisphère. Les résultats de l'évaluation du réchauffement à long terme pour chaque hémisphère sont maintenant plus uniformes, l'hémisphère Sud étant toutefois légèrement plus chaud à la fin du dix-neuvième siècle tandis que la tendance dégagée pour l'hémisphère Nord reste inchangée par rapport aux estimations précédentes.

Il est remarquable que, dans l'hémisphère Nord, le réchauffement de l'atmosphère intervenu au cours des dernières décennies au-dessus d'une très grande partie des terres émergées résulte essentiellement d'une augmentation des températures nocturnes. Cette évolution semble en rapport avec l'accroissement de la nébulosité, mais on ne saurait exclure d'autres facteurs tels que le refroidissement directement induit par les aérosols, qui conduit à une baisse des températures maximales par temps ensoleillé, l'effet de l'augmentation des concentrations de gaz à effet de serre et quelques effets résiduels de l'urbanisation sur les températures minimales. Une étude plus approfondie s'impose vu que 25 % seulement des terres émergées du globe ont fait l'objet d'analyses. Peut-être faudra-t-il étudier séparément les variations régionales des températures maximales, minimales et moyennes causées par une modification de l'utilisation des sols (désertification, déboisement, irrigation à grande échelle, etc.).

Un nouvel élément confirme l'élévation de la température de la mer en surface au cours des dix dernières années dans de nombreuses régions tropicales : on a en effet la preuve que le dépérissement des coraux s'est accéléré dans ces régions. Or, il a été démontré que ce phénomène intervient notamment lorsque la température de la mer en surface dépasse le seuil de tolérance habituel de ces animaux marins.

Les observations de la température de la troposphère moyenne effectuées depuis 1979 grâce aux sondeurs à hyperfréquences (MSU) embarqués à bord des satellites TIROS-N ont suscité beaucoup d'intérêt. Les données recueillies couvrent la totalité du globe mais ne portent malheureusement que sur une courte période (13 ans); en revanche, si les observations en surface et les radiosondages assurent une couverture moins complète, les relevés portent sur des périodes beaucoup plus longues (respectivement plus de 130 ans et plus de 30 ans). Les tendances moyennes, à l'échelle du globe, observées entre 1979 et 1990 diffèrent légèrement selon qu'on se réfère aux données MSU, aux données de radiosondage ou aux données d'observation en surface (augmentation de 0,06, 0,17 et 0,18 °C par décennie, respectivement) bien que ces différences ne soient pas statistiquement significatives. Le système de mesure des sondeurs embarqués à bord des satellites, des radiosondes et des instruments installés en surface ont tous des caractéristiques différentes, sans compter que les variations géographiques et temporelles des températures ne devraient pas être les mêmes en surface et dans la troposphère moyenne. Malgré cela, les valeurs annuelles mondiales contenues dans les trois jeux de données ont un bon rapport de corrélation.

Il faut préciser qu'il est impossible de situer de manière absolue la période chaude qui a marqué ces dernières années, puisque cela dépend de la série de données qui est exploitée, du niveau de référence et de la marge d'incertitude propre à chaque valeur.

Les données MSU ont mis en évidence de manière frappante les effets des éruptions volcaniques sur la température de la basse stratosphère. La variabilité observée entre 1979 et 1991 se caractérise essentiellement par des fluctuations de température de courte durée (plus marquées dans la zone tropicale) qui ont suivi la pénétration de grandes quantités d'aérosols dans la stratosphère lors des éruptions volcaniques d'El Chichon (1982) et du Pinatubo (1991). À l'échelle planétaire, les hausses de température dans la basse stratosphère ont été respectivement de 1 et de 1,3 °C: le réchauffement de la stratosphère provoqué par la première éruption a duré près de deux ans tandis que celui causé par l'éruption du Pinatubo se poursuit encore. L'analyse des données de radiosondage qui s'échelonnent sur une plus longue période, met toutefois en évidence une tendance mondiale au refroidissement de la basse stratosphère depuis le milieu des années 60, à raison de 0,4 °C environ par décennie.

A-T-ON OBSERVÉ UNE ÉVOLUTION DES AUTRES GRANDEURS QUI JOUENT UN RÔLE DANS LE CLIMAT?

On dispose d'informations sur des variations significatives des précipitations à de nombreuses échelles spatio-temporelles, mais en raison des lacunes et du manque d'homogénéité qui caractérisent les données, on ne peut tirer aucune conclusion quant aux variations à l'échelle du globe. L'élévation thermique dans la basse troposphère semble aller de pair avec une augmentation de la vapeur d'eau dans la zone tropicale mais il n'est pas encore possible de dire dans quelle mesure cette évolution est réelle et si elle dépasse le cadre de la variabilité naturelle.

Depuis 1973, on observe dans l'hémisphère Nord une petite (environ 8 %) et irrégulière diminution de l'enneigement annuel moyen, si l'on se réfère à une compilation de données nouvelle et améliorée. Cette diminution semble réelle vu que les valeurs annuelles de l'enneigement et de la température de l'air en surface dans les régions extratropicales de l'hémisphère Nord ont un bon rapport de corrélation (-0,76).

On sait qu'à l'échelle régionale, des changements climatiques relativement rapides (qualifiés parfois d'abrupts) peuvent survenir, dont les effets peuvent se prolonger sur plusieurs décennies, mais qui ont souvent un caractère saisonnier. Ces phénomènes sont mal compris mais peuvent revêtir concrètement une grande importance.

LES OBSERVATIONS CONCORDANTES AVEC L'ÉVOLUTION ANNONCÉE DES TEMPÉRATURES?

Les modèles couplés océan-atmosphère de la circulation générale, dans lesquels l'évolution des concentrations d'aérosols n'est pas encore prise en compte, prévoient un réchauffement plus marqué dans l'hémisphère Nord que dans l'hémisphère Sud, du fait que les terres continentales,

plus étendues dans le premier hémisphère, réagissent plus rapidement au forçage. Le fait que le réchauffement observé ces dernières décennies soit plus important pour l'hémisphère Sud (0,3 °C entre 1955 et 1985) que pour l'hémisphère Nord (pour lequel il a été pratiquement nul pendant la même période) semble contredire à première vue cette prévision. Toutefois, l'hémisphère Nord a commencé depuis peu à se réchauffer très rapidement. On ignore les raisons de cette différence de rythme, même si l'on soupçonne que les aérosols d'origine anthropique (voir p. 16, les paragraphes sous le titre «Comment notre compréhension des changements...») et les modifications de la circulation océanique y ont sans doute un rôle.

En outre, les émissions accrues de CFC ont peut-être réduit suffisamment la quantité d'ozone pour compenser, à l'échelle de la planète, l'effet de serre de ces mêmes CFC. Il se pourrait donc que le réchauffement intervenu ces 100 dernières années du fait de l'augmentation des gaz à effet de serre ait été surestimé; si l'on tient compte de ce facteur, les simulations pourraient donner des résultats plus proches des changements observés.

Il est possible que les éruptions volcaniques ponctuelles, comme celles du Chichon, aient induit un refroidissement en surface s'étendant sur plusieurs années mais les effets devraient être négligeables à long terme. Par ailleurs, les variations de l'activité solaire associées aux différents cycles d'apparition des taches solaires ont peut-être une influence, même si cela n'est pas prouvé.

Il n'y a pas lieu de modifier la conclusion du Rapport de 1990, selon laquelle :

«si l'ordre de grandeurs de ce réchauffement concorde dans l'ensemble avec les résultats des modèles climatiques, il peut aussi correspondre à la variabilité naturelle du climat, de sorte que celle-ci pourrait bien être en grande partie à l'origine de l'élévation thermique observée; d'un autre côté, cette variabilité naturelle, associée à d'autres facteurs anthropiques, pourrait avoir contrebalancé un réchauffement encore plus considérable dû à un effet de serre d'origine humaine.»

PRINCIPALES INCERTITUDES ET NOUVELLES EXIGENCES

Pour prédire comment le climat va évoluer, il faut absolument disposer de scénarios des futures émissions anthropiques des gaz à effet de serre et autres agents de forçage climatique tels que les aérosols. Outre les facteurs relevant des sciences naturelles, ces scénarios doivent prendre en compte d'autres facteurs, la croissance démographique et économique ou la politique énergétique, par exemple, qui ont un caractère aléatoire marqué et relèvent des sciences sociales. Scientifiques et sociologues doivent donc collaborer étroitement à l'élaboration des scénarios d'émissions.

Depuis la publication du Rapport d'évaluation de 1990, on a réussi à mieux cerner bon nombre des incertitudes qui caractérisent nos prévisions concernant l'apparition des changements climatiques, le rythme auquel ils se produisent, leur ampleur et leur répartition régionale. Nous en savons encore trop peu sur :

- les sources et les puits de gaz à effet de serre et d'aérosols et leurs concentrations dans l'atmosphère (y compris leurs effets indirects sur le réchauffement global);
- les nuages (en particulier leur rétroaction sur le réchauffement mondial dû aux gaz à effet de serre, ou les effets des aérosols sur les nuages et leurs propriétés radiatives) et d'autres éléments du bilan hydrique de l'atmosphère, y compris les processus qui régissent la formation de vapeur d'eau en altitude;
- les océans, qui, du fait de leur inertie thermique et de l'éventuelle modification des courants, influent sur l'apparition, le rythme et la répartition des changements climatiques;
- les glaces polaires (dont la réaction à l'évolution des climats peut avoir une incidence sur les prévisions relatives à l'élévation du niveau de la mer);
- les processus et les rétroactions afférents aux terres émergées, y compris les processus hydrologiques et écologiques qui mettent en relation les climats régionaux et mondial.

Pour réduire ces incertitudes, il faut :

- améliorer l'observation systématique et l'étude des variables du forçage climatique, à l'échelle de la planète, notamment l'éclairement énergétique du Soleil et les aérosols;
- instaurer un vaste programme d'observation des variables permettant de décrire toutes les composantes du système climatique, en appliquant éventuellement de nouvelles techniques et séries de données;
- mieux comprendre les processus climatiques, en particulier ceux qui sont liés à la nébulosité, à l'océan et au cycle du carbone;
- acquérir une meilleure connaissance des facteurs sociaux, techniques et économiques en jeu, dans les pays en développement en particulier, afin de pouvoir établir des scénarios d'émissions plus réalistes;
- établir des inventaires nationaux d'émissions;

- préciser la nature et l'ampleur des changements climatiques passés;
- renforcer l'appui fourni aux activités de recherche qui dépassent le cadre des frontières nationales et font intervenir plusieurs disciplines; de nouveaux efforts devront être déployés pour que les pays en développement puissent participer pleinement à ces activités;
- améliorer l'échange international des données climatologiques.

Nombre de ces besoins sont déjà pris en compte dans les grands programmes internationaux, tels notamment le Programme mondial de recherche sur le climat, le Programme international concernant la géosphère et la biosphère et le Système mondial d'observation du climat. Si l'on veut obtenir les nouveaux éléments d'information requis pour lever les incertitudes, il faudra dégager des ressources suffisantes pour organiser ces programmes à l'échelon international et permettre à tous pays d'y participer. Des ressources devront également être fournies, à l'échelle nationale ou régionale et en particulier dans les pays en développement, pour pouvoir analyser les données relatives à un large éventail de variables climatiques et observer en permanence les variables les plus importantes et avec la précision et la représentativité voulues.

Référence :

IPCC, 1990 : Aspects scientifiques du changement climatique. OMM, Genève.

Version anglaise :

IPCC, 1990 : Climate Change, The IPCC Scientific Assessment, Press Syndicate of the University of Cambridge, Cambridge CB2 1RP, UK.

ANNEXE

Progrès réalisés dans la mise au point de la méthodologie du GIEC, pour l'établissement des inventaires nationaux d'émissions nettes de gaz à effet de serre

L'évaluation scientifique porte essentiellement sur les sources et les puits de gaz à effet de serre à l'échelle mondiale et régionale; mais pour appuyer les stratégies nationales et internationales de parade à l'évolution du climat, il faudra appliquer des méthodes concertées pour l'estimation des émissions et des puits au niveau national et adopter une démarche cohérente à cet égard.

Conformément à son programme de travail (1991), le GIEC doit :

- i) mettre au point et approuver une méthode détaillée pour établir les inventaires nationaux des émissions et puits de gaz à effet de serre;
- ii) aider tous les pays participants à appliquer cette méthode et à obtenir des résultats avant la fin de 1993.

Ce programme est fondé sur les travaux préliminaires menés sous l'égide de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE 1991). L'OCDE et l'Agence internationale de l'énergie (AIE) continuent à fournir leur appui technique au GIEC. Celui-ci a prévu de définir les méthodes et procédures à utiliser pour dresser les inventaires, et rassembler et évaluer les données nécessaires. Le GIEC collaborera avec d'autres organismes tels que le Fonds mondial de l'environnement global, la Banque asiatique de développement, la Communauté économique européenne, le Conseil économique pour l'Europe (ONU) ainsi qu'avec des pays donateurs pour encourager le financement de projets de coopération technique dans ce domaine.

Le GIEC a demandé aux pays participants de lui fournir avant la fin du mois de septembre 1991 toutes les données sur les émissions de gaz à effet de serre dont ils pourraient disposer. En janvier 1992, 18 pays avaient soumis des inventaires d'émissions de gaz à effet de serre, complets ou partiels (voir le tableau), dont la plupart ont trait à la moyenne des émissions sur un, deux ou trois ans entre 1988 et 1990. Cet exercice a permis de déceler les lacunes et les incohérences afférentes aux inventaires disponibles.

Le GIEC a organisé à Genève, les 5 et 6 décembre 1991, un atelier sur les inventaires nationaux d'émissions de gaz à effet de serre qui a permis de définir les améliorations à apporter au projet de méthodologie et de fixer des priorités de travail. De nombreuses améliorations ont été ainsi décidées et un ordre de priorité a été proposé pour le programme de travail et les activités de coopération technique. Compte tenu des premières données recueillies, des conclusions de l'atelier susmentionné et des autres commentaires reçus, les grandes priorités ci-après ont été retenues :

Méthodologie

- Établir une méthodologie plus simple et un manuel d'application rationalisé.
- Travailler en collaboration avec des experts à l'élaboration d'une nouvelle méthode, plus simple, pour le calcul des émissions de CO₂ imputables aux modes d'exploitation forestière et d'utilisation des sols.
- Constituer des groupes de spécialistes afin d'améliorer les méthodes de calcul des émissions de CH₄ provenant de la riziculture et de la production de combustibles fossiles ainsi que d'autres gaz et catégories de sources.
- Travailler en collaboration avec des experts en vue d'inclure les halocarbones dans les inventaires d'émissions de gaz à effet de serre, en se fondant d'abord sur les données disponibles en vertu de l'application du Protocole de Montréal.
- Définir des schémas d'évaluation applicables à l'échelle régionale, et les diffuser.

Programme de travail

- Fixer les priorités suivantes pour l'établissement des inventaires d'émissions : a) dans tous les pays, calculer les émissions de CO₂ provenant du secteur de l'énergie, b) calculer les émissions de CO₂ provenant des activités forestières et des pratiques d'utilisation du sol si celles-ci revêtent de l'importance dans le pays considéré, c) dans chaque pays, calculer les émissions de CH₄ par catégorie de sources.
- Commencer à comparer les inventaires détaillés déjà établis.
- Prévoir l'étude scientifique des inventaires nationaux et de la somme de ces inventaires, par région et pour l'ensemble de la planète.

Coopération technique

- Le GIEC améliorera la communication entre les coordonnateurs techniques dans tous les pays participants et avec d'autres organisations internationales intéressées.
- Un rang de priorité élevé doit être accordé aux monographies nationales, à la formation, à la coopération régionale et à d'autres activités destinées à aider les pays non membres de l'OCDE à tester et appliquer les méthodes de recensement des émissions de gaz à effet de serre.
- On doit présenter ces méthodes dans un manuel rationalisé disponible en plusieurs langues. Une version de ce manuel, basée sur l'utilisation d'un programme-tableur, sera élaborée en priorité.

Tableau : Liste des pays ayant présenté des inventaires complets ou partiels des émissions nationales de gaz à effet de serre

Australie	Allemagne	Suède
Belgique	Italie	Suisse
Canada	Pays-Bas	Thaïlande
Danemark	Nouvelle-Zélande	Viet Nam
Finlande	Norvège	Royaume-Uni
France	Pologne	Etats-Unis d'Amérique

Références

IPCC (GIEC), 1991 : Rapport de la cinquième session du Groupe d'experts intergouvernemental OMM/PNUE pour l'étude des changements climatiques 13-15 mars 1991, Genève.

OCDE, 1991 : Estimation des émissions et des puits de gaz à effet de serre : Rapport final de la réunion d'experts de l'OCDE, 18-21 février 1991, Paris. Révisé en août 1991.

SECTION III. ÉVALUATION DES INCIDENCES POTENTIELLES DE L'ÉVOLUTION DU CLIMAT

TÂCHE 2 : Prévisions de la distribution régionale des changements climatiques; étude des incidences de ces changements (études de validation des modèles)

TÂCHE 3 : Questions relatives à l'énergie et à l'industrie (partie consacrée aux incidences de l'évolution du climat)

TÂCHE 4 : Questions relatives à l'agriculture et à la foresterie (partie consacrée aux incidences de l'évolution du climat)

TÂCHE 5 : Sensibilité à l'élévation du niveau de la mer (partie consacrée aux incidences de l'évolution du climat)

Groupe de travail II

Introduction

Le Groupe de travail II s'est penché sur quatre des tâches approuvées à la cinquième session du GIEC (mars 1991). Il s'agit des tâches suivantes :

- Prévisions de la distribution régionale des changements climatiques; étude des incidences de ces changements (études de validation des modèles)
- Questions relatives à l'énergie et à l'industrie
- Questions relatives à l'agriculture et à la foresterie
- Sensibilité à l'élévation du niveau de la mer

La première de ces tâches consiste notamment à élaborer des directives pour l'évaluation des incidences de l'évolution du climat et à recenser, parmi les systèmes régionaux/nationaux de surveillance, ceux qui pourraient servir aux études d'impact.

On trouvera aussi dans le présent document de nouvelles considérations sur les ressources en eau et l'hydrologie, domaine le plus souvent mentionné par les pays, en réponse à un questionnaire diffusé par le Groupe de travail, comme étant leur principal sujet de préoccupation (ainsi que sur d'autres questions liées à la structure du Groupe de travail). Les travaux portent uniquement sur les aspects des tâches susmentionnées qui ont directement trait aux incidences de l'évolution du climat.

Depuis la publication du premier Rapport d'évaluation du GIEC (1990), des études sont venues approfondir nos connaissances en ce qui concerne les incidences potentielles de l'évolution du climat. Mais les conclusions du rapport ne

s'en trouvent pas pour autant remises en question en dépit des incertitudes.

Après l'impulsion donnée par la publication du premier Rapport d'évaluation du GIEC, un grand nombre d'études régionales ont été menées à bien en vue d'évaluer les incidences de l'évolution du climat. Un questionnaire diffusé par le Groupe de travail II s'est révélé fort utile en ce sens qu'il a permis de collecter de nouveaux éléments d'information et de définir des sujets de préoccupation communs à de nombreux pays. Ainsi, environ 50 % des réponses ont mis en évidence les effets des changements climatiques sur l'hydrologie et les ressources en eau, tout en soulignant l'importance que revêt l'eau dans la plupart des pays. Parmi les autres questions qui retiennent prioritairement l'attention, s'agissant plus particulièrement des pays en développement, citons l'agriculture et l'exploitation forestière d'une part, et les océans et les zones côtières de l'autre. Ces deux questions traduisent l'inquiétude de ces pays face aux menaces qui pèsent sur les ressources alimentaires qu'ils tirent de la mer et de la Terre.

D'autres sujets de préoccupation ont été mentionnés dans le questionnaire, à savoir la désertification (en particulier en Afrique et en Asie), les cyclones et autres phénomènes extrêmes (surtout dans les pays insulaires et les régions deltaïques), les loisirs et le tourisme (notamment leurs aspects économiques), la variabilité du climat associée au phénomène El Niño/oscillation australe (ENSO), les sécheresses prolongées et les phénomènes extrêmes. Les pays craignent que tout changement concernant la variabilité du climat, qui résulterait de l'évolution de ce dernier, n'aggrave les risques inhérents à ces régions du monde où l'on sait que cette variabilité a d'importantes répercussions socio-économiques. Il importe de noter que de nombreux pays, en particulier dans l'hémisphère austral, ont manifesté leur vive inquiétude face à l'accroissement du rayonnement UV-B.

ÉNERGIE, ÉTABLISSEMENTS HUMAINS, TRANSPORTS ET INDUSTRIES, SANTÉ HUMAINE ET QUALITÉ DE L'AIR

De récentes études concernant les Maldives et les États insulaires du Pacifique tels que Tuvalu, Kiribati, les îles Tokélaou et les îles Marshall ont à nouveau confirmé que les petits États insulaires de faible altitude et les basses zones côtières densément peuplées deviendront de plus en plus vulnérables face à l'élévation du niveau de la mer, aux marées de tempête et à l'inondation des zones littorales, surtout si elles ne s'y sont pas suffisamment préparées.

De nombreux pays en développement sont très dépendants de la biomasse et de l'hydroélectricité et sont de ce fait très

vulnérables face aux changements climatiques. Ainsi, les sécheresses ou les inondations imputables à l'évolution du climat pourraient avoir un effet préjudiciable sur la production de biomasse qui, dans certains pays en développement comme le Bangladesh, permet de satisfaire 90 à 100 % des besoins énergétiques.

Par ailleurs, peu d'éléments nouveaux sont venus éclairer la question des incidences de l'évolution du climat sur le secteur de l'énergie, les établissements humains, les transports et les industries, la santé et la qualité de l'air.

Une étude britannique révèle que la rétractation et la dilatation des sols dans les régions argileuses du fait de l'évolution du climat ont d'importantes répercussions sur les secteurs du bâtiment et de l'assurance ainsi que sur les établissements humains. Les secteurs tributaires de l'eau tels que l'industrie alimentaire, l'industrie du papier et la production d'électricité pourraient pâtir de la modification des régimes hydrologiques qu'entraînerait l'évolution du climat.

Notre connaissance du climat et de ses effets sur la santé humaine s'est étoffée et les nouvelles études sont venues confirmer les précédents résultats tout en permettant de mieux comprendre comment un réchauffement général du climat pourrait modifier les habitats vecteurs de maladies, tout spécialement en Nouvelle-Zélande et en Australie. Des maladies telles que le paludisme, les filarioses lymphatiques, la schistosomiase, la leishmaniose, l'onchocercose (cécité des rivières), la dengue et l'encéphalite australienne et japonaise pourraient ainsi connaître une recrudescence ou carrément réapparaître dans de nombreux pays. Quant aux effets du rayonnement UV-B sur la santé, de récentes études révèlent qu'il altère la vision et le système immunitaire.

AGRICULTURE ET EXPLOITATION FORESTIÈRE

De nouvelles études, comme celles qui ont trait à la Communauté européenne, à l'Amérique du Nord et à l'Asie du Sud-Est attirent notre attention sur le premier Rapport d'évaluation des incidences potentielles du changement climatique du GIEC (1990), où il est dit que les incidences des changements climatiques sur l'agriculture dépendront beaucoup de l'ampleur de ces changements et du type d'agriculture. Ces nouvelles études viennent largement étoffer, sans les modifier radicalement, les conclusions du Rapport de 1990. Elles confirment toutefois que le réchauffement du climat peut avoir des répercussions majeures sur l'agriculture s'il est situé en haut de la fourchette prévue par le Groupe de travail I du GIEC.

De récentes études ont confirmé que la sécheresse est la plus grave menace que l'évolution du climat fait peser sur l'agriculture et que par conséquent les régions arides et semi-arides seront sans doute les plus vulnérables.

D'autres études récentes viennent corroborer les précédentes conclusions du GIEC, à savoir que l'évolution du climat pourrait créer des conditions favorables au

développement des insectes, ce qui nuirait probablement à la production agricole, animale et forestière dans certaines régions.

On continue à étudier l'importance relative des effets directs et indirects du CO₂, combinés à une hausse des températures, sur la production agricole future. Si certains scientifiques, s'appuyant sur des expériences réalisées en milieu contrôlé, font valoir que l'évolution du climat entraînera une intensification de la photosynthèse et une rationalisation de l'utilisation de l'eau, d'autres estiment en revanche qu'il est douteux que ces avantages se fassent ressentir au niveau des cultures.

Une croissance végétale modifiée pourrait aboutir, dans certaines régions, au maintien des sols dans leur état actuel, vu que leur plus grande teneur en matière organique, combinée à un couvert végétal plus dense, pourrait contrebalancer le processus d'érosion provoqué par l'augmentation des précipitations et des vitesses d'oxydation de la matière organique contenue dans le sol, du fait de l'élévation thermique.

Le système actuel de production agricole devrait pouvoir s'adapter à l'évolution du climat, et les agronomes du monde entier seront sans doute capables de mettre au point de nouveaux cultivars pour prévenir toute baisse du rendement et de la valeur nutritionnelle des cultures. Il faudra toutefois veiller à ce que les petits exploitants des pays en développement bénéficient le plus tôt possible des résultats de la recherche agronomique pour pouvoir s'adapter à l'évolution des conditions climatiques locales.

Des nouvelles analyses viennent confirmer la conclusion du premier Rapport d'évaluation, selon laquelle les effets des changements climatiques sur les forêts pourraient avoir d'importantes répercussions socio-économiques. Cela revêt une importance particulière dans les pays et les régions où le bien-être économique et social et le développement économique sont fortement tributaires du secteur forestier.

Pour réduire les principales incertitudes et favoriser l'élaboration des politiques et la prise de décision, il y a lieu de poursuivre la collecte des données et les recherches dans les domaines suivants : 1) l'étendue des forêts naturelles et des forêts aménagées, leurs variations dans l'espace et dans le temps et leur rôle dans le cycle mondial du carbone; 2) la génétique et la physiologie des essences forestières et les relations entre les espèces subordonnées et les espèces concurrentes; 3) les incidences régionales; 4) les liens entre les incidences régionales, l'infrastructure socio-économique et les seuils et valeurs critiques là où des changements surviennent.

ÉCOSYSTÈMES TERRESTRES NATURELS

Les analyses postérieures à celles qui figurent dans le premier Rapport d'évaluation du GIEC (1990) corroborent la principale conclusion de ce rapport, à savoir que l'augmentation de la concentration des gaz à effet de serre dans

l'atmosphère et les changements climatiques qui en résulteraient pourraient avoir d'importantes répercussions sur les écosystèmes terrestres naturels. Comme celles qui les ont précédées, ces études laissent supposer que le rythme des changements climatiques sera le principal facteur déterminant en ce qui concerne la nature et l'ampleur des incidences, celles-ci variant en fonction des régions et des communautés présentes dans les écosystèmes. Les projections climatiques actuelles semblent indiquer que les changements seront sans doute trop rapides pour certaines espèces qui n'auront pas le temps de s'adapter et pourraient réagir brutalement, au risque de déstabiliser ou de détériorer les écosystèmes.

Il est essentiel que le grand public prenne davantage conscience de ce que représentent les écosystèmes terrestres naturels si l'on veut qu'il contribue à leur protection dans un climat en évolution. Il faudrait notamment veiller à faire participer la population locale et ceux qui gèrent les écosystèmes à l'évaluation des incidences et à l'élaboration des stratégies de parade.

L'une des principales questions relatives aux incidences de l'évolution du climat sur les écosystèmes terrestres est celle de la disponibilité de l'eau. Des études récentes donnent à penser que si la végétation sait mieux assimiler l'eau dans une atmosphère plus riche en CO₂, la même quantité d'eau par unité de surface au sol pourrait être nécessaire car la plus grande quantité de biomasse produite dans cette atmosphère enrichie entraînera une augmentation de l'indice foliaire.

Les changements climatiques prévus devraient entraîner un recul accéléré de la forêt tropicale sur le continent africain et une apparition des caractéristiques sahéliennes dans les savanes. Ces modifications pourraient aggraver les systèmes de production, déjà précaires, des régions concernées, accentuant encore les contraintes subies par les écosystèmes et les espèces. L'assèchement des terres humides et des marécages (dans les savanes africaines et les grandes plaines d'Amérique du Nord, par exemple), qui résulterait de la diminution des précipitations ou de la teneur en eau du sol, pourrait être préjudiciable aux animaux sédentaires et aux espèces migratrices.

L'évolution du climat devrait avoir de profondes répercussions, tantôt bénéfiques, tantôt néfastes, sur la répartition et la productivité des zones de pêche et des industries qui s'y rattachent. Les nouvelles contraintes que subiront les écosystèmes d'eaux douces du fait de l'évolution du climat devraient entraîner à court terme une diminution du nombre d'espèces et une restriction de la diversité génétique au sein de ces peuplements. En revanche, l'allongement de la saison de croissance dû au réchauffement pourrait accroître la production de poissons là où la température est actuellement un facteur limitant.

Des incertitudes et des lacunes nous empêchent encore de bien comprendre les effets des changements climatiques sur l'environnement et leurs conséquences socio-

économiques. Il est nécessaire de collaborer à l'échelle nationale, régionale et mondiale pour remédier à ces insuffisances qui découlent essentiellement du fait que nous manquons d'informations sur a) les processus écologiques fondamentaux; b) les relations entre le climat et la chimie de l'atmosphère d'une part et la réaction des écosystèmes terrestres naturels et des espèces qui les composent, de l'autre; c) le rapport entre les transformations des écosystèmes terrestres naturels et le bien-être économique et social dans un climat en évolution. On manque notamment d'informations sur la sensibilité de ces écosystèmes et des espèces qui les composent à l'évolution du climat, sur la fragilité des sociétés et des économies face à la modification des écosystèmes, ainsi que sur les seuils/niveaux critiques afférents à ces écosystèmes et aux structures socio-économiques qui leur sont associées. Des programmes internationaux tels que le GEMS et le MAB peuvent permettre d'étudier les moyens de combler ces lacunes.

Océans et zones littorales : incidences sur les écosystèmes

Depuis la publication du premier Rapport d'évaluation des incidences potentielles du changement climatique du GIEC (1990), de nouvelles études sont venues confirmer que les écosystèmes situés dans les régions littorales de faible altitude sont plus menacés par l'élévation du niveau de la mer que par celle de la température de l'eau. Il n'empêche que la combinaison de ces deux phénomènes, associée à une modification du régime des précipitations et du rayonnement UV-B, devrait provoquer de grandes perturbations dans les écosystèmes marins, et notamment des redistributions et des changements concernant la production biotique.

L'élévation réelle du niveau de la mer est fonction du bilan des mouvements verticaux de la Terre et de la mer. Là où l'on enregistre une hausse eustatique naturelle du terrain à cause des mouvements tectoniques, du volcanisme et du soulagement de la pression exercée par les glaces, l'élévation du niveau de la mer sera peu sensible. Elle sera en revanche plus marquée là où le terrain s'affaisse naturellement sous l'effet des forces tectoniques et du tassement. Une nouvelle étude portant sur la mer de Béring révèle que lorsqu'il n'y a pas de soulèvement tectonique naturel et qu'il existe une forte densité d'organismes marins dont la survie dépend de certains types d'écosystèmes aquatiques situés le long des côtes et au voisinage de celles-ci, ces organismes pourraient être considérablement perturbés par l'élévation du niveau de la mer. Ce phénomène a cependant beaucoup moins d'influence, dans les régions du nord, sur les écosystèmes et le cycle global du carbone que les autres manifestations de l'évolution du climat. Ces régions jouent en effet un rôle très important dans le cycle global du carbone et une légère hausse de la température peut entraîner un net accroissement de la productivité biotique et de l'apport de carbone à l'océan.

Les coraux poussent à une vitesse de 1 à 20 cm par an, le taux de croissance des récifs coraliens atteignant en moyenne 1,5 cm par an. Tous les récifs ne se développent

pas à cette vitesse mais la plupart devraient croître au rythme de l'élévation prévue du niveau de la mer si d'autres facteurs ne viennent pas modifier les conditions de croissance. Certains phénomènes (tempêtes, sédimentations, maladies, précipitations, rayonnement, turbidité, pêche trop intensive, disparition massive des brouteurs d'algues, etc.) peuvent empêcher certains récifs de croître au rythme de l'élévation du niveau de la mer, modifiant ainsi les processus hydrodynamiques au voisinage des côtes.

Quant à l'élévation thermique, les organismes marins tropicaux doivent supporter des températures plus proches de leur limite maximale de tolérance que ceux qui vivent dans des climats plus tempérés. Une hausse de 1 à 2 °C ferait passer la température moyenne de l'été à plus de 30 °C dans une grande partie des zones tropicales et subtropicales mais la plupart des organismes migrants devraient pouvoir supporter ce changement. Un réchauffement pourrait provoquer le dépérissement de certains coraux mais les autres contraintes mentionnées plus haut devraient être plus déterminantes.

Les plantes intertidales, telles que les palétuviers, peuvent supporter des températures élevées et il est peu probable qu'elles souffrent de l'élévation thermique à moins que celle-ci ne porte atteinte à leur capacité de reproduction. Les terrains modérément salés constituant leur biotope idéal, les palétuviers peuvent sans doute faire face à l'élévation du niveau de la mer dans les zones humides qui bénéficient de l'apport des eaux pluviales, mais dans les zones plus arides, les mangroves peuvent être submergées par l'eau salée et dépérir, surtout s'il n'y a aucune possibilité de retraite à l'intérieur des terres. Ainsi, l'évolution du régime des précipitations et de l'écoulement et les coupes abusives peuvent revêtir plus d'importance que l'élévation du niveau de la mer. S'agissant des marécages, de nouvelles études ont révélé que les plantes qui poussent aux latitudes moyennes semblent mieux supporter la présence de sel et sont plus productives lorsque le CO₂ est abondant.

Il ressort des nouvelles recherches effectuées par l'OMM et le PNUE que le rayonnement UV-B auquel sont soumis les océans et les zones littorales augmentera plus vite qu'on ne le prévoyait lors de la rédaction du premier Rapport d'évaluation. Vu qu'un très grand nombre d'animaux marins vivent près de la surface de l'eau, du moins pendant les périodes où ils sont le plus vulnérables, certaines zones de pêche sont particulièrement menacées. Le premier Rapport fait état des préoccupations suscitées par le lessivage des contaminants provenant des sites côtiers d'élimination des déchets, du fait de la montée des eaux. Ces sites, de même que les réseaux d'égouts, contiennent des bactéries et des agents viraux qui, de plus en plus, pourraient ainsi contaminer les eaux littorales. Cela pourrait avoir des incidences sur les ressources côtières mais la situation serait surtout préoccupante pour le consommateur; le commerce pourrait également s'en ressentir si les autorités sanitaires décidaient de fermer des zones de pêche ou de conchyliculture. Enfin, si la fréquence ou la force des tempêtes

venait à changer, cela pourrait avoir d'importantes répercussions sur les ressources côtières du point de vue écologique.

HYDROLOGIE ET RESSOURCES EN EAU

Depuis la publication du premier Rapport d'évaluation des incidences potentielles du changement climatique du GIEC (1990), un certain nombre d'études sur les incidences de l'évolution du climat sur l'hydrologie et les ressources en eau ont été menées à bien. Malheureusement, on ne dispose pas encore d'informations adéquates sur les régions arides menacées par la désertification, et il faudrait s'employer à combler cette lacune. Les nouvelles études portent sur des zones plus vastes que les premières enquêtes, mais elles n'ont guère apporté d'éléments nouveaux en ce qui concerne la sensibilité des réseaux hydrologiques et la vulnérabilité des systèmes actuels de gestion des ressources en eau, tout en venant confirmer un grand nombre des conclusions précédentes.

Les principales conclusions qui peuvent être tirées des nouvelles études sont les suivantes :

- Les analyses de la sensibilité des régimes hydrologiques ont fait de nets progrès dans les pays développés, mais les informations dont nous disposons sur les incidences de l'évolution du climat dans les pays peu développés sont encore très incomplètes.
- Les analyses comparatives de sensibilité qui reposent sur les modèles actuels de la circulation générale donnent un aperçu global des incidences de l'évolution du climat sur les régimes hydrologiques et la gestion des ressources en eau. Toutefois, étant donné les différences constatées dans les résultats de ces modèles et la grande diversité des méthodes d'analyse, il est difficile d'évaluer les incidences région par région.
- Si l'on étudie l'évolution dans le temps des caractéristiques de l'écoulement, on constate dans la quasi-totalité des régions une plus grande variabilité et une accentuation des extrêmes - notamment une augmentation du volume des crues et des débits maximaux - ainsi qu'un allongement des périodes de basses eaux et une modification du régime d'écoulement annuel.
- Plus les systèmes de régularisation des eaux et de gestion des ressources en fonction des besoins sectoriels sont développés, moins les effets du réchauffement climatique annoncé se feront ressentir. Inversement, les réseaux hydrologiques non aménagés sont plus vulnérables.

Les principales recommandations sont les suivantes :

- Pour faire face à la plus grande variabilité des crues et des sécheresses, il faudra revoir la conception des ouvrages hydrauliques et les modalités d'exploitation, améliorer les réseaux et élaborer des plans d'intervention d'urgence applicables aux systèmes actuels ou prévus de gestion de l'eau.
- Les études portant sur la sensibilité des régimes hydrologiques et la fragilité des systèmes de gestion des ressources en eau devront être davantage axées sur les régions arides et semi-arides et les petits États insulaires.
- Pour avoir des résultats comparables, il faudra adopter une méthode universelle d'analyse de la sensibilité des régimes hydrologiques à l'évolution du climat.

CRYOSPHERE

Les analyses confirment que les changements climatiques prévus, combinés à une augmentation des concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère, devraient entraîner une diminution sensible de l'étendue et du volume de l'enneigement saisonnier, des glaciers, des inlandis et du gélisol, permanent ou temporaire.

Des analyses récentes ont apporté de nouveaux éléments d'information sur les effets potentiels de l'évolution du climat sur ces composantes de la cryosphère terrestre.

- L'analyse des données sur l'enneigement obtenues par satellite a révélé que, depuis le milieu de l'année 1987, l'étendue du manteau neigeux dans l'hémisphère Nord n'a jamais été aussi faible, les anomalies négatives les plus marquées étant relevées au printemps.
- En 1989, des températures supérieures aux normales dans une grande partie de l'hémisphère Nord ont commencé à déclencher de vastes glissements de terrain au niveau du mollisol dans certaines régions arctiques du Canada et de la Russie, avec comme résultat l'obstruction de certains cours d'eau et la détérioration de la qualité de leur eau, ainsi que l'amorce d'autres glissements.
- Il se peut qu'on ait sous-estimé, s'agissant des régions arctiques, les émissions de méthane provenant des hydrates, et imputables à la dégradation du pergélisol.
- Il semblerait que dans les régions polaires et subpolaires de l'hémisphère Nord, le recul des glaciers soit moins rapide qu'on ne l'avait

d'abord supposé, certains ayant même progressé au cours des 30 dernières années. Bien qu'ils ne soient pas aussi détaillés, les relevés effectués dans l'hémisphère Sud révèlent que plusieurs glaciers néo-zélandais sont en recul depuis le milieu du siècle dernier et que cela serait dû à une hausse de la température et à une diminution concomitante des précipitations.

De grandes incertitudes entachent notre connaissance des processus fondamentaux de la cryosphère et de leurs relations réciproques (par exemple, la réaction du pergélisol aux variations de l'enneigement et la dynamique des glaciers), des incidences de l'évolution du climat sur les différentes composantes de la cryosphère, de l'interdépendance des écosystèmes (p. ex. érosion et fragilisation des sols associées à la dégradation du pergélisol) et de l'infrastructure socio-économique (p. ex. constructions, transports, lignes de transmission) et du rôle que joue la cryosphère dans le climat et son évolution à l'échelle locale, régionale et mondiale.

PRÉVISION DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES RÉGIONAUX

La prévision de l'évolution du climat à l'échelle régionale est très aléatoire. Ainsi, il est particulièrement difficile de prévoir comment le régime des précipitations va évoluer, même si cela revêt une grande importance sur le plan pratique. Il est devenu urgent d'améliorer les modèles de la circulation générale, notamment en ce qui concerne les prévisions régionales et plus particulièrement l'étude des changements dans les régions arides et semi-arides. On continue à travailler, en Russie et dans d'autres pays, à l'amélioration des prévisions régionales en utilisant la méthode des analogues fondée sur l'étude du paléoclimat. Dans le cadre de la poursuite des travaux du GIEC, il conviendrait de passer en revue et d'évaluer conjointement toutes les méthodes de prévision du climat régional.

DIRECTIVES APPLICABLES À L'ÉVALUATION DES INCIDENCES DE L'ÉVOLUTION DU CLIMAT

Le Groupe de travail II a entrepris d'établir des directives pour l'évaluation des incidences socio-économiques et écologiques des éventuels changements climatiques. Un cadre sera ainsi défini pour l'étude des interactions entre le climat, l'environnement et la société et l'évaluation des incidences des changements climatiques, de sorte que l'on pourra comparer et intégrer ces incidences en fonction des régions et des secteurs de l'économie. Les premières directives préliminaires seront prêtes, après vérification, en 1992. Les travaux se poursuivront ensuite car il s'agit d'une tâche de longue haleine.

L'évaluation des incidences comporte plusieurs étapes : i) définition du problème; ii) choix de la méthode d'analyse; iii) mise à l'épreuve de cette méthode; iv) mise au point de scénarios climatiques et socio-économiques; v) évaluation

des incidences potentielles; vi) évaluation des ajustements techniques; vii) examen des possibilités d'action.

La définition du problème consiste à préciser les objectifs de l'évaluation, les secteurs, les zones et la période sur lesquels portera l'étude, les besoins en matière de données et le contexte plus large dans lequel s'inscriront les travaux.

Le choix de la méthode d'analyse dépendra des ressources, des modèles et des données disponibles. Les études d'impact pourront être qualitatives ou quantitatives, descriptives ou prévisionnelles. Il faudra tester minutieusement la méthode retenue, notamment en procédant à la validation des modèles et à des études de sensibilité, avant d'entreprendre l'évaluation proprement dite si l'on veut qu'elle soit crédible.

La mise au point de scénarios climatiques et socio-économiques comporte plusieurs phases. Il convient tout d'abord de déterminer, pour la période d'étude et sans tenir compte de l'évolution du climat, les conditions actuelles et prévues sur les plans socio-économique et écologique. Dans un deuxième temps, des scénarios d'évolution du climat régional pendant la période considérée devront être établis. La troisième étape consistera à prévoir les transformations subies par les milieux naturels dans un climat modifié. Enfin, il faudra exploiter ces projections, de préférence dans des modèles intégrés de l'environnement et de l'économie, pour calculer les conséquences socio-économiques de la modification du climat. L'évaluation des éventuelles répercussions de l'évolution du climat sur les secteurs ou les domaines considérés consiste à faire la différence entre les transformations subies par l'environnement, l'économie et la société dans un climat modifié et celles qui interviendraient en l'absence de changements climatiques.

Que l'on tienne compte ou non des changements climatiques, les projections doivent s'accompagner d'ajustements «automatiques». En évaluant les incidences, il faut néanmoins chercher à apprécier les ajustements techniques supplémentaires découlant de l'application, pendant la période considérée, de techniques ou de pratiques nouvelles, en supposant que le cadre juridique et institutionnel actuel reste inchangé.

Autant que possible, les coûts et les avantages découlant de l'évolution du climat doivent être calculés selon la même méthode en se rapportant aux valeurs nettes actuelles, sinon ils devront être définis qualitativement. Le cadre général dont il est question ci-dessus devrait aussi permettre d'examiner les stratégies et leurs implications socio-économiques et écologiques.

DÉTECTION DES INCIDENCES DE L'ÉVOLUTION DU CLIMAT GRÂCE À LA SURVEILLANCE CONTINUE

Il est nécessaire d'accroître la quantité de données et d'informations nécessaires aux études d'impact, en particulier dans

les pays en développement. On peut y parvenir en améliorant les programmes de surveillance intégrée et, le cas échéant, en en créant de nouveaux, afin de mesurer les paramètres biologiques, chimiques, physiques et climatologiques, de même qu'en conduisant simultanément des évaluations dans le domaine économique et social, à l'échelon national, régional et mondial, afin de déterminer les incidences de l'évolution du climat. La qualité des données doit être contrôlée, tandis que leur analyse et leur interprétation doivent être menées à bien méticuleusement. Le recours à des protocoles communs pour la collecte et l'analyse des données (notamment les systèmes d'informations géographiques) et pour les équipements favorisera la comparaison des résultats et la coopération internationale. L'élaboration, par le GIEC, de directives préliminaires applicables à l'évaluation des incidences de l'évolution du climat devrait beaucoup faciliter les choses.

Il s'agit d'accorder la priorité à la surveillance des écosystèmes terrestres et marins particulièrement sensibles - y compris la cryosphère - et des différentes espèces, car cela permet de déceler rapidement les manifestations de l'évolution du climat. Priorité doit être aussi donnée à la surveillance des espèces et des écosystèmes qui, à l'échelle locale ou régionale, ont une grande importance sur le plan social et/ou économique. La station au sol classique (permettant l'observation de points, de parcelles et de bandes étroites) doit constituer la pierre angulaire des programmes de surveillance, mais les observations effectuées doivent être complétées par des données de télédétection (satellite, radar et photogrammétrie, par exemple). Il faut également tirer profit des systèmes automatiques de transmission et de traitement des données.

Des organisations internationales telles que le PNUE, l'OMM et la COI conduisent actuellement des programmes de surveillance pour déterminer les conséquences de l'évolution du climat sur les plans écologique et socio-économique. Le PNUE s'est déjà doté d'un programme d'observation des écosystèmes terrestres de part et d'autre des limites actuelles des zones végétales pour permettre la détection précoce d'un éventuel déplacement de ces limites. De leur côté, l'OMM et la COI, dans le cadre de leurs nombreuses activités de surveillance, ont mis au point un système d'observation par satellite des paramètres climatiques et océaniques. Il faudrait tenir compte, dans le processus de planification du Système mondial d'observation du climat (SMOC) et du Système mondial d'observation de l'océan (SMOO), des avantages que l'on pourrait retirer de la surveillance des effets de l'évolution du climat sur les écosystèmes terrestres et marins. On pourrait ainsi obtenir rapidement des éléments d'information sur les incidences de l'évolution du climat considérées dans une perspective globale.

SECTION IV.

TÂCHE 3 : QUESTIONS RELATIVES À L'ÉNERGIE ET À L'ACTIVITÉ INDUSTRIELLE

GROUPE DE TRAVAIL III

INTRODUCTION

En mars 1991, le Groupe d'experts a adressé la liste des principaux domaines dans lesquels le Sous-groupe pour les questions relatives à l'énergie et à l'activité industrielle (EIS) devait poursuivre ses travaux. Les objectifs visés étaient les suivants :

- a) combler d'importantes lacunes dans l'analyse des mesures à prendre dans les secteurs de l'énergie et de l'industrie pour limiter les changements climatiques;
- b) élargir le champ d'analyse et proposer de nouveaux domaines de recherche parmi ceux qui avaient été jugés d'un abord trop difficile lors de la première phase des travaux du GIEC.

On trouvera ci-après un bref résumé des rapports d'activités présentés et des études réalisées dans les domaines visés, études qui n'ont pas encore été soumises à contre-expertise. Le travail de contre-expertise aura lieu plus tard dans le courant de l'année, mais peut-être peut-on déjà trouver dans ces études d'utiles éléments d'information pour l'analyse des orientations et la prise de décision. Bien que l'on se soit efforcé de tenir compte de l'ensemble des données disponibles, certaines études ne prennent en compte qu'un nombre limité de sources ou de bases de données et, il a fallu pour quelques-unes, s'appuyer sur des travaux ayant fait appel à des méthodes ou à des bases de données dont la concordance laisse à désirer.

DESCRIPTION SOMMAIRE DES SOUS-TÂCHES

1) Évaluation générale des possibilités techniques d'atténuation du réchauffement global

L'objectif visé était d'évaluer les diverses possibilités techniques, d'abaisser, en général, les émissions de gaz à effet de serre, en particulier de CO₂. Dans un premier temps, le Sous-groupe a dressé l'inventaire des techniques, en s'appuyant sur le Rapport de 1990 relatif aux stratégies de parade (tableau 2). Le présent document contient les conclusions provisoires de cette analyse. Les résultats de la deuxième phase consacrée à l'élaboration de scénarios futurs pour l'utilisation des techniques retenues, seront disponibles à la fin de 1992, en même temps qu'une version actualisée de la première partie. Les conclusions provisoires du Sous-groupe sont les suivantes :

- a) économiser l'énergie et accroître le rendement énergétique dans la production, la conversion, la

distribution et l'utilisation finale de l'énergie est l'une des solutions les plus efficaces qui s'offrent à nous, aujourd'hui et dans l'avenir. La restructuration de systèmes (l'utilisation en cascade, par exemple) et l'amélioration des infrastructures offrent des perspectives prometteuses;

- b) les techniques à appliquer pour capturer et fixer le CO₂ provenant de l'utilisation de combustibles fossiles méritent d'être étudiées, puisque la dépendance à l'égard de ces combustibles en tant que source d'énergie primaire devrait selon toute probabilité se maintenir;
- c) d'un point de vue technologique, le nucléaire pourrait devenir l'une des grandes sources d'énergie du siècle prochain, mais son exploitation se heurtera à diverses contraintes d'ordre socio-économique ou tenant à la sûreté et à la sécurité;
- d) il existe plusieurs techniques prometteuses qui ne font pas appel aux combustibles fossiles, qu'il s'agisse de la conversion photovoltaïque, de l'énergie éolienne, hydroélectrique, ou géothermique, de celle de la biomasse ou encore de l'énergie thermosolaire. La technique de conversion photovoltaïque peut être appliquée, d'abord à petite échelle, sur les toits des immeubles, puis à plus grande échelle dans les déserts et à la surface de l'océan pour autant que des progrès techniques sensibles soient réalisés dans le domaine de la distribution d'énergie;
- e) le potentiel énergétique de la biomasse est apparemment élevé, mais son exploitation pourrait être limitée dans certaines régions, du fait de la concurrence de l'agroalimentaire pour l'utilisation des sols. On pourrait envisager d'opter pour une agriculture intensive mais écologiquement rationnelle afin d'accroître le rendement de la production alimentaire (voir également la sous-tâche 7).

2) Inventaire des technologies

L'inventaire des technologies établi par le GIEC offre un ensemble de données homogènes et solidement documentées, que l'on pourra exploiter avec profit pour l'analyse et la planification des mesures visant à limiter les émissions de gaz à effet de serre. Il privilégie les techniques pouvant présenter un intérêt pour les pays en développement et les économies en transition. La description des techniques répertoriées fait appel à de nombreuses sources. Ces tech-

niques ont été classées dans cinq grandes catégories : 1) production d'énergie primaire; 2) économie d'énergie secondaire et son traitement; 3) transport d'énergie; 4) techniques d'utilisation finale et 5) techniques de régulation des émissions de gaz à effet de serre.

Comme les indications et les données contenues dans cet inventaire ne sont pas suffisamment détaillées pour être utilisées dans la conception d'installations techniques, on y a ajouté les adresses de spécialistes dans les différentes régions du monde. La base de données comprend des informations sur les principales sources d'énergie dans le monde. On pourra insérer progressivement les données résultant d'applications ou d'analyses faites dans tel ou tel pays.

La phase I était consacrée à une première organisation de la base de données et à la description des 18 techniques énumérées dans le tableau 1. Ces descriptions ont été soumises à l'examen du GIEC en février 1992. Les travaux de la phase II ont débuté en décembre 1991. En juin 1992, l'inventaire des technologies comprendra environ 90 techniques. D'autres versions de la base de données sont attendues, dans lesquelles des techniques nouvelles et actualisées seront répertoriées.

Tableau 1 : Inventaire des technologies - Phase I

APPROVISIONNEMENT											
<ul style="list-style-type: none"> • Production de vapeur à partir de charbon pulvérisé • Turbine à gaz - injection de vapeur, refroidissement intermédiaire • Combustion atmosphérique en lit fluidigé • Cogénération (diesel) • Électricité thermosolaire - miroir parabolique • Combustion des déchets urbains solides • Transformateurs électriques à haut rendement 											
UTILISATION FINALE DE L'ÉNERGIE											
<ul style="list-style-type: none"> • Moteurs électriques • Éclairage - éclairage fluorescent compact • Éclairage - ballast électronique pour éclairage fluorescent • Véhicules utilisant des carburants de substitution - méthanol • Véhicules utilisant des carburants de substitution - gaz naturel comprimé • Signalisation moderne pour la circulation routière 											
INDUSTRIE											
<ul style="list-style-type: none"> • Moteurs - production industrielle de moteurs électriques • Soudage électrique à grande performance • Produits chimiques - production d'engrais à haut rendement • Pâte à papier et papier - essorage mécanique • Raffinage du pétrole - systèmes de régulation du traitement (distillation) 											

Tableau 2 : Description succincte des solutions proposées pour réduire les émissions de méthane

Source	Émissions (Tg) ¹	Réduction des émissions de méthane	Techniques disponibles			Avantages					
			D'ici 1995	D'ici 2005	Après 2005	Solutions rentables comprises	Solutions de faible technicité comprises	Qualité de l'air et de l'eau	Sécurité	Productivité	Récupération d'énergie
Sources EIS											
Extraction de charbon		jusqu'à 90 %	X	X		X	X	X	X	X	X
Pétrole et gaz	70-120	jusqu'à 80 %	X	X		X	X	X	X	X	X
Combustion		ND	X	X		X		X			
Sources AFOS											
Ruminants	65-100	jusqu'à 75 % ²	X	X	X	X	X			X	
Déjections animales	20-35	jusqu'à 80 %	X			X	X	X		X	X
Décharges	20-70	jusqu'à 90 %	X			X	X	X	X		X
Eaux usées		jusqu'à 80 %	X			X	X	X			X
Brûlage de la biomasse ³	20-80	ND		X			X	X	X	X	
Riziculture	20-150	jusqu'à 30 %			X					X	

¹ D'après les données fournies par le GT I

² Réduction des émissions de méthane par unité produite

³ Brûlage sur place et utilisation de fourneaux

ND = Non déterminé

3) Solutions techniques pour la réduction des émissions de méthane

En réduisant de 15 à 20 % environ les émissions mondiales de méthane d'origine anthropique, il serait possible d'arrêter la progression de la concentration de ce gaz dans l'atmosphère. Le groupe de travail États-Unis/Japon s'est livré à une analyse technique des solutions applicables pour abaisser ces émissions (environ 60 % des émissions mondiales), à partir des renseignements communiqués par les pays participant aux travaux du GIEC. Il existe des solutions techniques pour limiter les émissions des principales sources, autres que la riziculture en terrain inondé et le brûlage de la biomasse. Ces solutions peuvent être économiquement viables sur certains sites dans de nombreuses régions du monde, et correspondent à différents niveaux d'investissement et d'exigences techniques (voir le tableau 2). Elles offrent dans bien des cas, toute une série d'avantages : meilleure qualité de l'air, meilleure protection des eaux de surface et des eaux souterraines, productivité accrue, risques d'explosion réduits, amélioration de l'accès aux ressources énergétiques et de leur exploitation. Plusieurs de ces techniques sont solidement établies et ont déjà fait leurs preuves sur certains marchés. Divers obstacles s'opposent cependant à une généralisation de leur application dans de nombreux pays, surtout dans les pays en développement, qu'il s'agisse d'une pénurie de capitaux et de données techniques, ou de la nature contradictoire des systèmes d'incitation. La suppression de ces obstacles devra se faire en fonction des conditions propres à chaque pays et à chaque site.

4) Utilisations finales de l'électricité – Augmentation du rendement énergétique

L'étude dont il est rendu compte ici porte sur la question de l'accroissement du rendement énergétique. Les trois aspects suivants ont fait l'objet d'un examen : a) état des techniques applicables pour accroître le rendement énergétique dans les utilisations finales de l'électricité; b) facteurs limitant l'application et la généralisation de ces techniques; c) politiques appliquées pour accroître le rendement énergétique dans les utilisations finales de l'électricité.

Les conclusions du rapport sont brièvement exposées ci-après. La production d'électricité entrera vraisemblablement pour une part importante dans l'accroissement des émissions anthropiques de carbone au cours des prochaines décennies. Une augmentation du rendement énergétique dans les utilisations finales, supérieure à celle que techniques et politiques actuelles laissent envisager, pourrait freiner sensiblement la progression de la consommation d'électricité et la croissance des émissions de carbone qui devrait en résulter. L'expérience acquise dans les pays industrialisés et dans les pays en développement, s'agissant des techniques, programmes et politiques à appliquer, donne à penser qu'il est effectivement possible d'accroître sensiblement le rendement énergétique dans les utilisations finales de l'électricité. Une grande part de cette augmentation devrait pouvoir être réalisée dans de bonnes

conditions de rentabilité. Le succès de toute stratégie visant à freiner la croissance des émissions de gaz à effet de serre est subordonné à une utilisation plus large des techniques à haut rendement énergétique dans les pays en développement.

5) Perspectives et politiques concernant le gaz naturel

L'une des solutions pour réduire les émissions de CO₂ consiste à remplacer par le gaz naturel les combustibles à plus forte intensité de carbone. La demande de gaz augmente dans le monde entier et devrait pratiquement doubler d'ici l'an 2005. Pour son analyse, le GIEC a pris comme point de départ l'étude sur le gaz naturel à laquelle a procédé l'Agence internationale de l'énergie intitulée *Natural Gas Prospects and Policies* (octobre 1991). Dans cette étude, l'on a analysé de façon détaillée la demande et l'offre de gaz naturel, y compris le cadre institutionnel dans lequel s'effectuent la production, le transport et l'utilisation de ce gaz. L'accent a été mis principalement sur la demande de gaz naturel dans les pays de l'OCDE, mais des sources extérieures ont aussi été largement prises en considération. Selon les prévisions de l'AIE, d'ici 2005 la demande de gaz naturel sera environ deux fois plus forte à l'extérieur de l'OCDE qu'à l'intérieur. L'étude indique que les ressources dont on dispose à cet égard dans le monde entier sont abondantes, même compte tenu du fait que la demande devrait doubler dans certaines régions d'ici l'an 2005, les prix oscillant entre 3 et 6 dollars par MBTu (en dollars des États-Unis de 1990). Toutefois, elle ne traite pas de la capacité de répondre à la demande au-delà de l'an 2005. Des accords entre gouvernements pour faciliter et maintenir des marchés concurrentiels, l'accès aux ressources et les systèmes de transport, ainsi que des contrats commerciaux sur une base internationale non discriminatoire devront sans doute être passés avant que l'on puisse réunir les capitaux privés nécessaires à une exploitation du gaz à très grande échelle et sur une très longue durée dans des régions isolées.

Dans une nouvelle analyse, le GIEC devrait étudier en particulier le cas des pays non membres de l'OCDE, la forte progression de la demande mondiale et régionale et les questions relatives à l'offre et à la demande au-delà de l'an 2005.

6) Évaluation thématique du secteur des transports routiers

Vu l'importance du secteur des transports routiers pour les émissions actuelles et futures de gaz à effet de serre, le Groupe a décidé de procéder, pour ce secteur, à une analyse par thème. L'on mettra l'accent sur des mesures en rapport notamment avec le rendement des combustibles, les carburants de remplacement pour le transport, les dispositifs de réduction des émissions et les changements structurels, institutionnels et organisationnels. Le travail d'analyse venant tout juste de commencer, aucune conclusion n'est disponible pour le moment.

7) Biomasse, énergie d'origine biologique et réduction des émissions de gaz à effet de serre

En étudiant l'utilisation de la biomasse comme source d'énergie l'on est parvenu à la conclusion que la bioénergie offre d'importantes possibilités de réduire les émissions de gaz à effet de serre en remplaçant les combustibles fossiles. Il y a lieu de noter que les émissions de CO₂ provenant de la biomasse régénérée ou de la biomasse résiduaire n'aggravent pas la concentration générale de carbone dans l'atmosphère, si l'on considère la question sous l'angle du cycle du carbone. Il existe des techniques de combustion de la biomasse qui, en outre, réduisent les émissions d'autres gaz à effet de serre (CH₄, N₂O, etc.).

Les émissions de gaz à effet de serre peuvent être réduites tant par captation de carbone que par utilisation de bio-énergie. Il y a lieu de prendre en considération les mesures suivantes : utilisation de la biomasse résiduaire en tant que combustible, et production de biomasse par le biais de pratiques sylvicoles et agricoles intensives mais écologiquement rationnelles, compte tenu de la nécessité de retenir le carbone dans les forêts et les sols.

La combustion de la biomasse peut déjà être concurrentielle par rapport aux combustibles fossiles pour, d'une part, la production de chaleur ou de vapeur et, d'autre part, la cogénération de vapeur et d'électricité. Il y aurait également lieu d'envisager une production écologiquement rationnelle de combustibles biologiques liquides.

La première partie du rapport est disponible pour examen. La deuxième, qui traitera des techniques, le sera vers la fin de 1992.

8) Conséquences économiques à l'échelle du globe des mesures de parade adoptées par les pays industrialisés

Les taxes frappant le carbone dans le secteur de l'énergie ont fait l'objet de plusieurs études. Les conséquences économiques de mesures de ce genre visant à maîtriser les émissions de gaz à effet de serre varient d'un pays industrialisé à l'autre, en raison des différences qui existent quant à leur dotation en ressources, à la structure relative des prix de l'énergie, à la capacité de remplacement des combustibles et au niveau de rendement énergétique. Selon les études effectuées à ce jour, le coût de l'imposition de taxes sur le carbone pourrait entraîner une baisse du PIB dans les pays industrialisés. Ce coût pourrait être réduit si des stratégies de parade souples, progressives, globales et concertées étaient adoptées pour maîtriser les émissions de gaz à effet de serre. Une nouvelle analyse systématique et détaillée des études disponibles est nécessaire vu l'importance et la complexité du sujet.

L'impact des mesures en question sera ressenti non seulement par les économies des pays industrialisés, mais

également par celles des pays en développement. Il ressort d'une étude économique générale effectuée par la Banque mondiale qu'un changement en ce qui concerne la croissance des pays de l'OCDE pourrait avoir une incidence négative assez nette sur les taux de croissance des pays en développement en l'absence de programmes de compensation. Cette interdépendance économique se joue aux niveaux suivants : prix de l'énergie, équilibre des échanges, revenu des pays en développement, dette extérieure, investissement et courants d'aide.

9) Analyses des facteurs qui influent sur la consommation d'énergie et les émissions de CO₂ et de leurs différences régionales et sectorielles

L'évaluation dont il est question ici porte sur des facteurs qui influent sur les différences d'une région ou d'un secteur à l'autre quant à la consommation d'énergie et aux émissions correspondantes de CO₂. Ont été pris en compte à cet égard : a) l'analyse des facteurs qui influent sur les émissions totales et sectorielles de CO₂; b) une comparaison régionale de l'évolution des taux pour les facteurs considérés; c) les changements sur une longue période quant à l'intensité de carbone et les progrès techniques; d) la consommation d'énergie du secteur non commercial dans les pays en développement. Il ressort de cette évaluation que des facteurs tels que le développement économique, la croissance démographique, les économies d'énergie, les changements de structure industrielle, le remplacement des combustibles et les progrès techniques influent sur les structures régionales et sectorielles de consommation d'énergie et d'émission de CO₂ que nous avons connues jusqu'ici. D'autres facteurs tels que les conditions climatiques pourraient également être pris en considération. Ces facteurs agissent différemment selon le pays et la région.

Il importerait d'analyser la consommation d'énergie et les émissions de CO₂ pour choisir et planifier un ensemble approprié de solutions permettant d'atténuer le réchauffement global. Les méthodes d'analyse passées en revue dans l'évaluation en cours peuvent être utiles à cet égard. Certaines de ces méthodes peuvent offrir aux pays concernés un cadre commun d'analyse, même dans la situation actuelle où l'accès aux données est limité. L'analyse permettra par ailleurs à ces pays d'approfondir leur connaissance commune de situations anciennes et actuelles.

À l'avenir, cette évaluation provisoire devrait porter sur : a) la distinction à faire, à propos des facteurs d'économie d'énergie, entre, d'une part, la question du changement de structure industrielle, et, d'autre part, l'amélioration des rendements énergétiques; et b) l'analyse des facteurs qui influent sur la consommation d'énergie et les émissions de CO₂ dans les pays en développement. Les analyses examinées dans l'étude dont il est rendu compte ici pourraient servir de point de départ. Il serait utile de procéder aussi à une étude plus détaillée d'autres facteurs ayant une incidence sur la consommation d'énergie, les cycles

économiques et les émissions de CO₂ dans chaque secteur, en se fondant sur les résultats obtenus dans les travaux en cours.

10) Études par pays

Un examen des monographies nationales sur les études a été effectué en coopération avec le PNUE; d'autres sources ont également été prises en considération. Le terme «études par pays» désigne notamment les monographies nationales officielles sur les inventaires d'émissions de gaz à effet de serre, les évaluations d'impact et les analyses sur l'atténuation des effets des émissions. Il s'agit d'études portant sur les secteurs de l'énergie et de l'industrie, sur l'agriculture, sur l'exploitation forestière et sur d'autres secteurs encore. De nombreuses autres études, effectuées par des organismes dans divers pays, ne sont pas prises en compte ici car elles n'ont pas été reconnues officiellement comme monographie nationale. En février 1992, plus de 50 pays* ont entrepris ou comptent entreprendre une monographie nationale, pour laquelle ils bénéficient d'appui intérieur ou d'une aide bilatérale ou multilatérale. En outre, plusieurs pays ont indiqué leur intention de participer à de telles études, mais les moyens financiers ou techniques à cet égard leur font défaut.

L'on n'a pas encore établi de méthodologie générale pour les études par pays, mais on s'efforce actuellement, au sein de plusieurs groupes de travail du GIEC ainsi qu'ailleurs, de satisfaire en partie les besoins à cet égard. Les efforts ainsi déployés portent notamment sur un projet qui bénéficie de l'appui du PNUE et vise à élaborer un cadre méthodologique cohérent pour les évaluations à effectuer concernant le coût des mesures de réduction des émissions de gaz à effet de serre. Ce projet est exécuté par le Riso National Laboratory, au Danemark. En outre, des directives provisoires ont été élaborées par la Finlande et les États-Unis. Toutes les activités ainsi menées aideront sans doute les divers pays dans la préparation de futures études, mais il est urgent de leur donner un rang de priorité plus élevé.

TRAVAUX FUTURS

Les projets de rapports finals pour les sous-tâches 2), 3) et 4) ainsi que les projets de rapports provisoires pour les sous-tâches 1), 7), 8), 9) et 10) ont été distribués aux participants à la réunion du GIEC de février 1992. Une fois qu'auront été prises en considération les observations qu'ils auront suscitées, ils seront publiés en tant que rapports finals ou rapports provisoires en juin 1992. Pour la sous-tâche 5), on s'est servi d'un rapport complet de l'AIE. Enfin, les travaux concernant la sous-tâche 6) viennent de commencer sous la direction de l'Australie, et l'AIE apporte sa contribution à cet égard.

Comme on peut le voir d'après les présentations succinctes qui précèdent, plusieurs projets en cours nécessitent un travail permanent. Le champs d'application de quelques-unes des études doit être élargi à d'autres régions.

Pour un élément de la Tâche 3, les travaux n'ont pas encore commencé; il s'agit de déterminer l'ensemble des coûts et des avantages; qu'ils soient économiques, écologiques ou d'un autre type. Il serait sans doute utile d'entreprendre un examen et une évaluation d'autres méthodologies ou concepts qui pourraient s'avérer précieux pour les analyses en question.

Allemagne, Argentine, Australie, Autriche, Bangladesh, Belgique, Brésil, Canada, Chine, Congo, Costa Rica, Danemark, États-Unis d'Amérique, Finlande, France, Gambie, Inde, Italie, Indonésie, Irlande, Japon, Kenya, Malaisie, Maroc, Mexique, Mongolie, Maurice, Myanmar, Nouvelle-Zélande, Nigéria, Norvège, Ouganda, Pakistan, Pays-Bas, Philippines, Pologne, République de Corée, République populaire démocratique de Corée, Roumanie, Royaume-Uni, Sénégal, Seychelles, Sri Lanka, Suède, Suisse, Tanzanie, Tchécoslovaquie, Thaïlande, Turquie, Tuvalu, Venezuela, Viet Nam et Zimbabwe

SECTION V.

CHE 4 : QUESTIONS RELATIVES À L'AGRICULTURE ET À LA FORESTERIE

GROUPE DE TRAVAIL III

INTRODUCTION

Lors de la session du Groupe de travail III, le 1^{er} novembre 1991, et conformément aux décisions prises par le GIEC à sa cinquième session (Genève, mars 1991), le Sous-groupe (AFOS) a été chargé de contribuer à la mise à jour du Rapport de 1990 relatif aux stratégies de parade en dressant :

- a) un inventaire des émissions de gaz à effet de serre imputables à l'agriculture, à l'exploitation forestière et à d'autres activités humaines, compte tenu des sources et des puits;
- b) un inventaire des techniques et des systèmes de gestion que l'on peut appliquer dans ces domaines pour atténuer les changements climatiques et s'y adapter.

AGRICULTURE

Émissions actuelles et futures de gaz à effet de serre imputables à l'agriculture

Les progrès réalisés récemment dans le domaine scientifique viennent étayer les conclusions énoncées dans le Rapport d'évaluation de 1990, et notamment les suivantes :

Les émissions nettes de dioxyde de carbone dues aux activités agricoles restent imputables pour l'essentiel au déboisement dans les régions tropicales et subtropicales.

En outre, la culture de terres vierges, aussi bien dans les zones tropicales que tempérées, entraîne une diminution progressive du carbone. La mesure dans laquelle cela contribue aux émissions de CO₂ reste néanmoins à déterminer. Par contre, les sols arables qui le sont de longue date ne constituent pas une source nette importante de CO₂, car leur teneur en carbone atteint un équilibre qui reste assez stable sauf lorsqu'il y a modification des pratiques de culture et de gestion.

Les projections relatives aux émissions de gaz à effet de serre dues à l'utilisation du sol dépendent de l'usage initial, du rythme de conversion des terres, du rendement, y compris la densité des cultures. Si la productivité n'augmente pas et si l'on s'en tient aux prévisions quant à la croissance démographique et à l'augmentation de la demande alimentaire correspondante, la superficie cultivée dans les zones tropicales devrait augmenter de plus de 60 % d'ici l'an 2025. Or cela semble difficilement réalisable. Si l'acquisition de cette superficie supplémentaire devait se faire au détriment des forêts ou des herbages, on assisterait à une décomposition progressive de la matière organique contenue dans les sols, ce qui dégagerait du CO₂.

Autre effet possible : le réchauffement mondial accélère la décomposition de la matière organique contenue dans les sols, libérant ainsi de plus grandes quantités de CO₂ dans l'atmosphère. Les calculs effectués à partir de modèles fondés sur l'hypothèse selon laquelle il n'y aura pas d'augmentation de résidus organiques indiquent que la perte de carbone dans le sol peut atteindre jusqu'à 60 Gt d'ici une soixantaine d'années. Cela correspond à environ dix ans d'émissions actuelles de CO₂ à l'échelle mondiale dues à l'utilisation de combustibles fossiles. Par ailleurs, il semblerait que ce phénomène puisse être compensé par une formation accrue de résidus végétaux, tant dans le sol qu'à l'air libre, sans l'effet de fertilisation par le CO₂.

Pour ce qui est du méthane, les estimations relatives aux émissions totales demeurent, pour l'essentiel, les mêmes que celles qui sont présentées dans le rapport d'évaluation de 1990, quelques secteurs faisant exception. Certaines sources ont été réévaluées, notamment la riziculture, ainsi que les déchets domestiques et les déjections animales, celles-ci étant quantifiées depuis peu. Les émissions de méthane proviennent en grande partie des systèmes de traitement des déchets liquides. Leur ampleur à l'échelon mondial et régional est encore mal connue. L'analyse détaillée des nouvelles informations relatives à la riziculture révèle que, dans la gamme d'estimations - 20 à 150 Tg par an - de ces émissions, ce sont les estimations les plus faibles qui sont les plus probables.

Si aucune mesure n'est prise pour remédier à cette situation, les émissions de méthane continueront vraisemblablement à augmenter, quelle qu'en soit la source, puisqu'il est nécessaire d'accroître la production animale et de développer la riziculture pour nourrir la population mondiale. Les émissions actuelles provenant de l'élevage, de la riziculture et des déjections animales pourraient augmenter d'environ 40 à 60 %, 50 à 60 % et 30 à 40 % respectivement, d'ici 2025.

Malheureusement, les données concernant les émissions d'oxyde nitreux imputables à l'agriculture ne sont toujours pas fiables. Sachant que l'augmentation annuelle de l'azote présent dans l'atmosphère sous forme de N₂O est de 3 à 4,5 Tg, et que l'on a jusqu'ici surestimé l'ampleur des émissions dues aux procédés de combustion, cette augmentation nette est probablement attribuable pour l'essentiel à des émissions d'azote d'origine anthropique. Environ 80 Tg d'azote, sous forme d'engrais industriels, sont aujourd'hui utilisés en agriculture. Si l'on prend l'estimation la plus élevée pour la conversion en N₂O de l'azote contenu dans les engrais, soit 3,2 %, ces émissions pourraient s'établir à 2,5 Tg pour 1990. Comme 90 Tg d'azote environ sont fixés par les légumineuses cultivées, ces deux sources combinées pourraient expliquer en grande partie l'augmentation de N₂O dans l'atmosphère.

Il se produit fréquemment, notamment dans les systèmes d'agriculture intensive, un excédent d'azote important qui peut être soumis au lessivage des nitrates et à dénitrification, bien que le taux de conversion de N_2 en N_2O varie considérablement d'un cas à l'autre. Il ne faut toutefois pas oublier que non seulement l'azote non utilisé mais pratiquement tout l'azote apporté par l'homme dans les écosystèmes de la planète sera tôt ou tard dénitrifié, ce qui ne fera qu'accroître la teneur globale de l'atmosphère en N_2O . La grande inconnue est le temps que cela prendra.

Si l'on retient les mêmes hypothèses pour les besoins futurs en matière de terres et de produits alimentaires, la consommation d'engrais azotés pourrait passer de 80 à plus de 120 Tg d'azote par an d'ici 2025. En l'absence de mutations technologiques, les émissions d'oxyde nitreux dues aux engrais devraient augmenter de 50 % environ.

Possibilités d'action en agriculture

Pour réduire les émissions nettes de dioxyde de carbone imputables à l'agriculture, il faudrait privilégier l'amélioration du rendement des terres arables existantes par rapport à la mise en culture des terres vierges. En outre, dans les régions moins peuplées du monde, des terres de faible rendement pourraient être converties en pâturages ou en forêts.

Réduire le travail du sol, améliorer l'utilisation des déchets organiques pour enrichir le sol en carbone et procéder à la rotation des cultures y compris les cultures fourragères, sont autant de moyens de réduire les pertes de carbone et/ou de permettre aux sols de retenir davantage de carbone. Si l'on peut ainsi capter plusieurs gigatonnes (Gt) de carbone sur plusieurs dizaines d'années, cela ne représente néanmoins qu'une fraction des émissions de carbone, provenant des combustibles fossiles, qui sont enrégistrées pendant la même période. En effet, la quantité de matières organiques qui peuvent s'accumuler dans les sols est limitée. Il n'empêche que de telles méthodes de gestion sont essentielles si l'on veut préserver ou accroître la fertilité des sols.

Pour ce qui est de la réduction des émissions de méthane, les études se poursuivent, mais l'optique reste la même que celle décrite dans le Rapport d'évaluation de 1990. Il est possible de réduire le méthane dégagé par la fermentation entérique et les déjections animales, par exemple, en modifiant les modes d'alimentation, en recourant à des pratiques et des traitements visant à accroître la productivité et en gérant autrement les déchets. Il semblerait que l'on puisse réduire les émissions de 25 à 75 % par produit unitaire dans le cas de certains systèmes de gestion du cheptel. Vu la diversité de ces systèmes, et compte tenu de facteurs économiques et socio-culturels, on insiste maintenant sur l'importance qu'il y a à classer les systèmes de gestion et à adapter les méthodes de réduction des émissions aux différents systèmes. En outre, on s'est mis à étudier les implications des stratégies de réduction des émissions d'autres gaz à effet de serre dues aux déjections animales, notamment l'oxyde nitreux.

Il serait peut-être possible de réduire les émissions de méthane imputables à la riziculture tout en préservant ou en augmentant le rendement. On pourrait notamment à cet effet modifier la profondeur de l'eau et le calendrier des irrigations, le type et la quantité d'engrais de même que les moyens d'application, les techniques de culture et la variété de riz. Tout cela exigera encore de nombreuses recherches et il ne faut donc pas s'attendre à une réduction à court terme des émissions de méthane dues à la riziculture. Néanmoins, sur plusieurs dizaines d'années, même en doublant la production de riz, une gestion intégrée permettra peut-être de réduire de 20 à 40 % les dégagements de méthane.

Il est essentiel de parvenir à des bilans de l'azote plus équilibrés, surtout dans le cas de l'agriculture intensive, si l'on veut réduire les émissions globales d'oxyde nitreux. Pour ce faire, il faut aussi veiller à prendre davantage en considération l'azote dégagé par les déjections animales dans les régimes d'application d'engrais. D'autres solutions consisteraient à utiliser des inhibiteurs de la nitrification ou à améliorer la composition des engrais et l'épandage. Pour réduire les pertes de N_2O , la solution la plus prometteuse serait néanmoins de mettre en place un système de gestion intégrée de l'azote visant à maximiser le recyclage de l'azote tout en réduisant au minimum l'apport d'engrais. C'est d'autant plus important que le N_2O , vu sa longue durée de vie, s'accumule dans l'atmosphère, et constitue donc une menace croissante pour la couche d'ozone.

Mises à part les stratégies de réduction, l'AFOS devra aussi évaluer l'aptitude des systèmes agricoles à s'adapter aux changements climatiques.

EXPLOITATION FORESTIÈRE

Les forêts apportent à l'humanité toute une série d'avantages économiques, sociaux et écologiques, or elles sont de plus en plus menacées par des méthodes d'exploitation incontrôlées, la pollution atmosphérique et les changements climatiques. Une action concertée doit absolument être engagée aux niveaux national et international pour protéger les forêts de la planète. Cette action n'aboutira que si elle tient compte de l'interdépendance des facteurs économiques, sociaux et culturels qui influent sur la gestion des forêts.

État des forêts

Il est difficile de déterminer l'étendue actuelle du couvert forestier tropical. Selon des estimations récentes portant sur les différents pays, il y aurait approximativement 1,9 milliard d'hectares (Mha) de forêts tropicales.

Un problème qui a retenu tout particulièrement l'attention depuis que le Rapport d'évaluation de 1990 a été établi est le rythme de déforestation à l'échelon mondial et dans les différents pays. D'après les estimations de la FAO, les rythmes de déforestation mondiale pour les années 80, qu'il s'agisse des forêts denses (environ 14 Mha/an) ou de forêts

claires et denses (environ 17 Mha/an), sont bien supérieurs à ceux de la fin des années 70, de 90 % et de 50 % respectivement. Les calculs provenant d'autres sources autorisées donnent des chiffres nettement inférieurs, de l'ordre de 10 Mha environ.

Environ 770 Mha de forêts se trouvent dans les zones tempérées où, selon les estimations, la biomasse forestière (non compris le sol) stocke 25 Gt C. Dans les zones boréales, la surface boisée représente environ 920 Mha et 150 à 190 Gt C sont stockées dans la biomasse (y compris le sol). En outre, de grandes quantités de carbone sont emmagasinées dans le sol forestier et les tourbières, notamment dans les zones boréales.

Exploitation forestière : possibilités d'action

Quatre solutions possibles ont été retenues :

Ralentir le rythme actuel de déforestation et de dégradation des forêts

Pour pouvoir évaluer avec précision le rapport coût-efficacité, il serait nécessaire de chiffrer la réduction des quantités de carbone libérées dans l'atmosphère. Jusqu'ici, l'on ne dispose que d'estimations préliminaires. Il ressort néanmoins qu'il faut accorder la priorité absolue à cette solution qui consiste à maintenir à son niveau actuel la biomasse dans les forêts naturelles comme dans les forêts aménagées.

Dans les régions tropicales, il est nécessaire d'amener la population locale à adopter des pratiques de sylviculture écologiquement rationnelles. Dans les zones tempérées et boréales, il s'agit avant tout de remédier au nouveau type de dépérissement des forêts imputable à la pollution atmosphérique d'origine anthropique, à l'exploitation forestière et aux changements climatiques. En ralentissant le rythme de la déforestation et de la dégradation des forêts on augmente, dans d'énormes proportions, le potentiel de stockage du carbone dans la biomasse, on retarde la désertification et on crée les conditions nécessaires à une action plus poussée.

Accroître la biomasse forestière

D'une manière générale, les possibilités ne manquent pas d'accroître la biomasse d'origine forestière, notamment dans les forêts jeunes, trop claires, trop exploitées et/ou mal utilisées. Les coûts et les délais nécessaires sont néanmoins mal connus.

Mieux utiliser le bois

L'utilisation du bois pour des produits à longue durée de vie favorise le stockage de carbone et une gestion rationnelle de la forêt. Les pays industrialisés ont les moyens d'améliorer l'utilisation du bois (recyclage du papier et du carton) et de remplacer par du bois un plus grand nombre de matières fossiles à forte intensité d'énergie. L'utilisation du bois à la place de combustibles fossiles comme source d'énergie

offre de nombreuses possibilités de réduction des émissions de gaz à effet de serre (voir le rapport de l'EIS).

Recourir au boisement

Les possibilités de boisement dans les biomes boréaux, tempérés et tropicaux sont mal connues. Les estimations actuelles s'établissent néanmoins entre 50 et 150 Mha dans les zones boréales, entre 50 et 125 Mha dans les zones tempérées et entre 400 et 750 Mha dans les zones tropicales (200 à 300 Mha dans les zones tropicales arides). En région tropicale, la superficie des terres théoriquement disponible est inférieure à celle qui se prête en fait au boisement, car en fin de compte les décisions relatives à l'utilisation du sol sont fondées sur bien d'autres facteurs. Pour les zones boréales, les possibilités d'étendre le couvert forestier sont limitées parce que les terres non boisées ne sont pas toutes capables de nourrir des écosystèmes forestiers.

À l'heure actuelle, les plantations constituent l'essentiel du boisement dans les zones tempérées. On dispose depuis peu d'évaluations préliminaires concernant les coûts bruts du boisement, qui se situent entre 30 et 60 dollars É.-U. par tonne de carbone dans les zones boréales et tempérées et entre 10 et 30 dollars É.-U. par tonne de carbone dans les zones tropicales. L'on ne sait toutefois pas avec certitude combien de carbone peut être capté à de tels coûts.

Recommandation de Noordwijk

La Conférence de Noordwijk sur la pollution atmosphérique et le changement climatique, qui a eu lieu en novembre 1989, a fixé comme objectif un accroissement mondial net de la superficie boisée de 12 Mha par an d'ici le début du siècle prochain. Les participants à la Réunion de Bangkok (1991) sont arrivés à la conclusion que les chances d'atteindre cet objectif étaient très minces et qu'il faudrait un délai plus long pour parvenir à réduire le taux net de déboisement ou à renverser la tendance. Le boisement reste une solution valable, mais des données plus précises seront nécessaires si l'on veut évaluer les possibilités dans ce domaine.

AUTRES ACTIVITÉS HUMAINES

Émissions actuelles et futures

Les efforts déployés pour mieux comprendre le processus de dégagement de méthane dans les décharges contrôlées d'ordures domestiques ont abouti à des résultats qui concordent avec les estimations précédentes pour cette source, soit 20 à 70 Tg par an, et donnent une idée plus précise des différences régionales en ce qui concerne les déchets produits par habitant et les quantités de déchets mises en décharge. À l'heure actuelle, 60 % environ de ces émissions sont imputables aux pays de l'OCDE. Nous ne disposons pas de renseignements supplémentaires s'agissant des estimations relatives aux émissions de méthane (20 à 25 Tg par an) dues aux bassins de décantation, essentiellement dans les pays en développement.

On continue d'estimer à 50-90 Tg par an les émissions mondiales provenant de décharges contrôlées à l'horizon de 2025. La part des pays en développement ira en augmentant et excédera 50 % d'ici 2025. Cela s'explique par l'augmentation prévue de la population urbaine au cours des trente prochaines années et l'installation dans ces pays d'un nombre croissant de décharges contrôlées qui dégagent davantage de méthane que les dépôts sauvages. L'on ne dispose pas d'informations supplémentaires en ce qui concerne les bassins de décantation.

Possibilités d'action

Les travaux réalisés récemment permettent de mieux définir les options techniques décrites dans le rapport d'évaluation de 1990 pour la réduction des émissions de méthane. Ils confirment qu'il existe une série de formules permettant de réduire de 60 à 90 % les émissions de méthane sur les sites de décharges contrôlées et jusqu'à 80 % dans les bassins de décantation. L'investissement initial et la complexité technique varient selon les solutions, qui comportent généralement d'autres avantages - sécurité accrue, meilleure qualité de l'air, gestion des déchets plus efficace et récupération des combustibles - et peuvent donc entraîner des bénéfices économiques. Il faut s'employer sans relâche à éliminer les obstacles, tels que le manque de capitaux et d'informations techniques.

Utilisations concurrentes des terres

Actuellement, dans la plupart des pays développés, la population s'est quasiment stabilisée et les taux de croissance de la productivité sont élevés. Les pays en développement connaissent au contraire une faible productivité, une forte croissance démographique et des conditions climatiques défavorables, et disposent d'une technologie et d'une infrastructure inadéquates. Par conséquent, la sécurité alimentaire de ces pays reste précaire et leur croissance économique risque de continuer à stagner. Il est évident que la mise en culture des terres ne peut se poursuivre au même rythme qu'autrefois. Par exemple, entre 1882 et 1991 la superficie des terres cultivées a augmenté de 74 %. Il n'est pas possible de poursuivre à ce rythme si l'on veut assurer une agriculture écologiquement viable et rationnelle. Il est aussi évident que les pays en développement auront à résoudre le problème d'un sol que se disputent l'agriculture et l'exploitation forestière.

CONCLUSION

Cette mise à jour confirme que certaines solutions envisagées dans différents secteurs de l'agriculture et de l'exploitation forestière pour atténuer les émissions de gaz à effet de serre, voire retenir le CO₂ existant, sont relativement peu ambitieuses à l'échelon mondial mais peuvent, si elles sont conjuguées, contribuer largement aux stratégies mises en oeuvre à l'échelon national ou mondial pour réduire les émissions.

SECTION VI.

TÂCHE 5 : SENSIBILITÉ À L'ÉLÉVATION DU NIVEAU DE LA MER

GROUPE DE TRAVAIL III

INTRODUCTION

En 1991, le Sous-groupe de l'aménagement du littoral (CZMS) relevant du Groupe de travail III a entrepris de mettre en application les recommandations énoncées dans son Rapport de 1990, intitulé «Stratégies d'adaptation à une élévation du niveau de la mer». Une de ces recommandations faisait état de la nécessité de fournir aux pays côtiers, aux petits États insulaires notamment, l'assistance technique dont ils ont besoin dans le cadre de leur développement socio-économique pour :

- i) recenser les zones côtières à risques;
- ii) apprécier leur degré de sensibilité aux incidences potentielles évoquées dans le premier Rapport d'évaluation du GIEC (1990), d'une élévation accélérée du niveau de la mer;
- iii) établir, et appliquer dans la mesure du possible, un plan global d'aménagement des zones côtières de façon à diminuer leur sensibilité à l'élévation accélérée du niveau de la mer d'ici l'an 2000, cette initiative s'appliquant plus spécialement aux pays côtiers très vulnérables.

Les avantages à attendre de cette démarche doivent être considérés dans l'optique du développement socio-économique accéléré dont font l'objet les zones côtières de la planète, et des pressions accrues qui s'exercent de ce fait sur les ressources littorales. De ce point de vue, une planification intégrée faciliterait une mise en valeur écologiquement rationnelle des zones côtières et permettrait de préserver les écosystèmes naturels.

Le renforcement des capacités et des institutions dans le cadre de l'aménagement du littoral est considéré comme un objectif prioritaire pour les zones côtières basses. Dans ce contexte, un renforcement de la coopération internationale s'impose également.

Pour faciliter l'évaluation et la satisfaction des besoins des pays côtiers, le Sous-groupe a :

- 1) élaboré une Méthodologie commune pour la réalisation d'études de cas visant à évaluer le degré de vulnérabilité des zones côtières et l'efficacité des différentes stratégies de parade possibles;
- 2) contribué à la coordination de plusieurs études de cas réalisées en suivant les sept étapes prévues dans la Méthodologie commune; et entrepris une analyse de vulnérabilité à l'échelle du globe, en étroite coopération avec les Groupes de travail I et II du GIEC;

3) recensé les moyens dont doivent se doter les pays en développement vulnérables pour pouvoir appliquer un programme d'aménagement du littoral qui tienne compte de l'évolution de la situation, dans la perspective d'un développement durable et écologiquement rationnel; et défini les mécanismes structurels et financiers à mettre en place, à l'échelon bilatéral et multilatéral pour :

- l'échange d'information, de données et de méthodes;
- la mise en oeuvre de programmes d'aménagement des zones côtières;
- le renforcement des moyens institutionnels.

Ce travail d'évaluation, bien qu'il ne soit pas achevé, permet néanmoins de dégager des conclusions qui sont en accord avec celles présentées par le Sous-groupe dans le premier Rapport d'évaluation du GIEC.

TÂCHE 5 DU GIEC – OBJECTIFS

Compte tenu des conclusions présentées dans son premier Rapport d'évaluation, le GIEC a décidé, à sa session de mars 1991, de confier les tâches ci-après au Sous-groupe de l'aménagement du littoral :

- commencer à évaluer le degré de vulnérabilité des pays, développés et en développement, à l'égard d'une élévation accélérée du niveau de la mer;
- élaborer une Méthodologie commune pour la conduite d'analyse de vulnérabilité dans le cadre de monographies nationales;
- réaliser des études de cas pour divers pays en développement, en collaboration avec ces pays et avec le Programme du PNUE pour les mers régionales;
- contribuer à l'élaboration de plans d'aménagement comportant des mesures destinées à réduire le degré de sensibilité des zones côtières à l'élévation accélérée du niveau de la mer d'ici l'an 2000, tout en tenant compte des priorités à respecter en matière d'aménagement du littoral;
- tenir compte dans les études de cas nationales, des études d'incidence relatives aux zones côtières réalisées par le Groupe de travail II;
- organiser des ateliers pour évaluer les résultats des études de cas;

- définir les stratégies de parade à appliquer et les mécanismes à mettre en oeuvre à cette fin;
- apprécier la nature et le niveau de l'aide que devront fournir organismes internationaux et pays donateurs pour les évaluations et la mise en oeuvre de plans d'aménagement côtier;
- formuler des recommandations quant aux travaux futurs.

La mission confiée au Sous-groupe est une entreprise de longue haleine. Pour la mener à bien, il lui faut, dans un premier temps, concevoir une méthodologie pour apprécier la sensibilité à une élévation accélérée du niveau de la mer, appliquer cette méthodologie dans les évaluations en cours et recenser les besoins des pays côtiers en développement en matière d'assistance.

TRAVAUX D'ÉVALUATION TERMINÉS

Premier rapport d'évaluation du GIEC. La contribution du Sous-groupe de l'aménagement du littoral au premier Rapport d'évaluation du GIEC est un rapport intitulé «Stratégies d'adaptation à l'élévation du niveau de la mer», établi à la suite des deux grandes rencontres internationales tenues à Miami (novembre 1989) et à Perth (février 1990), pour lesquelles la participation des pays en développement a été très forte. Dans ce rapport, le Sous-groupe présente les stratégies à opposer à une élévation accélérée du niveau de la mer dans les zones côtières, à savoir : retrait, adaptation ou protection (y compris la préservation des défenses naturelles : étages mésolittoraux, mangroves, fonds herbeux et récifs coralliens). Chaque stratégie de parade comporte ses avantages et ses inconvénients, prévoit plusieurs options et peut être mise en oeuvre dans le cadre d'une planification intégrée de l'aménagement des zones côtières.

Rapport du Sous-groupe de l'aménagement du littoral. Ce rapport contient dix recommandations classées en trois grandes catégories - planification nationale de l'aménagement du littoral; coopération internationale; recherche, données et information - assorties de propositions quant au délai nécessaire (dix ans) pour la mise en oeuvre d'un plan global d'aménagement du littoral et d'une estimation du coût de l'assistance technique à fournir à cette fin pendant une période de cinq ans. Il contient aussi une estimation mondiale des coûts afférents aux mesures essentielles de protection du littoral.

Méthodologie commune. Au début de 1991, le Sous-groupe a présenté une Méthodologie commune, décrivant les sept étapes de l'évaluation de la sensibilité des zones côtières à l'élévation du niveau de la mer. Après un examen détaillé et une révision du texte compte tenu des commentaires et des suggestions des participants au GIEC, le groupe pense pouvoir affirmer que cette Méthodologie commune offre aux pays côtiers un cadre utile pour évaluer leur sensibilité à une élévation accélérée du niveau de la mer

et envisager les mesures de parade qu'il convient d'y opposer. Pour bon nombre de pays, l'application de cette Méthodologie commune pourrait constituer un premier pas vers l'adoption d'une approche systématique en matière d'aménagement du littoral. Cette planification faciliterait la prise de décisions s'agissant du développement socio-économique et des mesures à prendre pour rendre les zones côtières et leurs ressources moins vulnérables à l'égard d'une élévation accélérée du niveau de la mer. À mesure que s'accumuleront les analyses nationales de vulnérabilité, la Méthodologie commune offrira aussi un cadre pour des évaluations à l'échelle de la planète à partir d'une base mondiale de données, sans compter qu'elle pourra aider les organes responsables à définir les priorités. Cette Méthodologie commune est traduite en français, en espagnol et en arabe.

Études de cas. Le Sous-groupe a accompli un travail de coordination fort utile en favorisant une collaboration entre les pays pour la réalisation des analyses nationales de vulnérabilité. C'est ainsi que l'Australie, les États-Unis d'Amérique, la France, le Japon, les Pays-Bas et le Royaume-Uni ont entrepris, outre celles portant sur leur territoire national, des études de cas en coopération avec plus de 24 pays en développement. Le PNUE s'est aussi chargé d'un certain nombre de monographies. Cette coordination s'est révélée profitable à maints égards. Les résultats des analyses nationales de vulnérabilité seront présentés lors de la réunion que tiendra le Sous-groupe au Venezuela, en mars 1992, réunion qui doit déboucher sur la rédaction d'un rapport. La liste des pays participants, et de ceux qui ont encore besoin d'aide pour les analyses de vulnérabilité, est incluse dans le présent rapport.

Les pays en développement font preuve d'un très grand intérêt pour les analyses de vulnérabilité et la formulation de stratégies de parade, et plusieurs d'entre eux ont demandé une aide extérieure pour mener ces études à bien. Certains l'ont fait seuls, ce qui témoigne de l'importance qu'ils attachent à la question.

Il n'en reste pas moins que, comme une bonne partie du travail se fait au coup par coup, le Groupe d'étude n'arrive pas à répondre à la demande. Il faudra donc revoir la question des moyens institutionnels et financiers à mettre en oeuvre pour mieux satisfaire les nombreuses requêtes présentées par les pays côtiers en développement particulièrement vulnérables.

État d'avancement des travaux à l'échelon national. Le Sous-groupe a établi un questionnaire d'une page pour faire le point des activités nationales s'agissant de l'élévation accélérée de la température de la mer et de la planification de l'aménagement du littoral. Une première analyse des réponses adressées par 37 pays révèle que près de 90 % d'entre eux pensent qu'une élévation du niveau de la mer serait dangereuse pour tout ou partie du cordon littoral; 30 % seulement ont étudié les incidences de cette élévation sur les ressources côtières et ils sont encore moins nombreux

(20 %) a avoir abordé la question des stratégies de parade à mettre en oeuvre; 20 % seulement indiquent appliquer une politique d'aménagement côtier qui prenne en compte l'élévation du niveau de la mer. À ce propos, il est satisfaisant de constater que cette politique d'aménagement des zones côtières existe sous une forme ou une autre dans plus de 50 % des pays qui ont répondu au questionnaire. S'agissant de la demande à satisfaire, plus de 80 % se sont dit prêts à coopérer avec les pays qui les aideront à conduire des analyses de vulnérabilité.

MÉTHODOLOGIE COMMUNE

La Méthodologie commune propose une série de principes directeurs pour déterminer le degré de sensibilité d'un pays côtier à une élévation accélérée du niveau de la mer, en fonction de trois types de scénarios ou de conditions limites, le but visé étant d'évaluer, d'abord les incidences sur le développement socio-économique, ensuite celles qui intéressent les écosystèmes côtiers naturels et, enfin, les conséquences de l'application des différentes stratégies d'adaptation possibles.

Les hypothèses de départ retenues sont les suivantes : situation actuelle et élévation de 30 cm ou de 1 mètre d'ici l'an 2100 correspondant respectivement à l'estimation faible et à l'estimation forte données dans le premier Rapport d'évaluation du GIEC (1990). Des ajustements devront être faits pour tenir compte des conditions particulières propres à chaque aire d'étude, notamment pour la subsidence, l'élévation tectonique et les marées de tempête. La Méthodologie commune privilégie pour l'instant les effets de l'élévation accélérée du niveau de la mer (et la forme actuelle des tempêtes). Par la suite, il faudra consacrer plus d'attention à la vulnérabilité des zones côtières à l'égard d'autres aspects de l'évolution du climat - variations de l'intensité et de la distribution de tempêtes, de l'humidité du sol, etc.

Les objectifs de la Méthodologie commune, telle qu'elle se présente actuellement, sont les suivants :

- a) donner aux pays côtiers une base d'évaluation de leur sensibilité à une élévation accélérée du niveau de la mer;
- b) fournir la base d'une évaluation mondiale de la vulnérabilité des zones côtières;
- c) définir la marche à suivre pour recenser les besoins prioritaires des pays côtiers en développement;
- d) donner aux décideurs les éléments requis pour le choix des mesures de parade.

Cette démarche devrait aider chaque pays à déterminer ce qu'il devra faire pour parer aux incidences d'une éventuelle élévation accélérée du niveau de la mer et pour s'y préparer. En suivant les étapes proposées, il pourra apprécier sa vulnérabilité, étudier la faisabilité des stratégies de parade, du point de vue institutionnel, économique, technique et social, et définir l'aide dont il aura besoin pour appliquer ces stratégies.

ÉTUDES DE CAS ET ATELIERS

Plusieurs pays ont entrepris d'évaluer leur vulnérabilité vis-à-vis d'une élévation accélérée du niveau de la mer. Au 1^{er} janvier 1992, des membres du Sous-groupe avaient entrepris ou se proposaient d'entreprendre des études de cas pour 27 pays, 14 autres étant réalisées dans le cadre du Programme du PNUE concernant les mers régionales. Les études de cas portent sur différents types de paysages côtiers et font appel à toute une gamme de techniques et de méthodes. Certaines s'inscrivent dans l'étude, plus vaste, des incidences de l'évolution du climat, tandis que d'autres sont essentiellement axées sur les effets d'une élévation accélérée du niveau de la mer. Plusieurs monographies comportent une évaluation des mesures de parade possibles et font notamment état de la nécessité de plans d'aménagement des zones côtières pour diminuer leur vulnérabilité à l'égard de l'élévation accélérée du niveau de la mer.

Tableau A : Les sept étapes de la Méthodologie commune

Méthodologie commune pour la détermination et la réduction de la sensibilité à l'égard d'une future élévation du niveau de la mer	
1.	Délimitation de l'aire de l'étude de cas et spécification des conditions de l'élévation accélérée du niveau de la mer et des changements climatiques.
2.	Inventaire des caractéristiques du secteur étudié.
3.	Détermination des facteurs pertinents de développement.
4.	Évaluation des changements physiques et de la réponse des systèmes naturels.
5.	Formulation des stratégies de parade; évaluation de leur coût et de leurs effets.
6.	Détermination du profil de vulnérabilité et interprétation des résultats.
7.	Recensement des besoins futurs et élaboration d'un plan d'action.

Les résultats des études de cas faites dans différentes parties du monde serviront à dégager une meilleure vue d'ensemble des incidences potentielles de l'élévation accélérée du niveau de la mer sur les ressources côtières et du degré d'intervention nécessaire. Le Sous-groupe travaille actuellement à une estimation mondiale des conséquences sociales, économiques et écologiques de l'élévation du niveau de la mer (populations à risque, etc.). Pour ce faire, il compte utiliser diverses sources d'information : études de cas, questionnaires, etc.

La Méthodologie commune est actuellement utilisée, et testée, dans plus d'une douzaine d'études de cas. Cet exercice permet de mettre en évidence les avantages et les inconvénients de la méthodologie, ce qui se révélera très utile par la suite. La Méthodologie commune fera en effet l'objet d'une mise à jour, en fonction des monographies qui seront examinées lors de la rencontre de mars 1992 au Venezuela, et il est prévu de l'actualiser chaque fois que cela sera nécessaire.

De l'avis général, la Méthodologie commune offre aux pays côtiers un cadre général pour évaluer leur sensibilité à l'élévation accélérée du niveau de la mer, recenser, apprécier et choisir les mesures à prendre afin de l'atténuer. La démarche proposée est assez souple pour que l'on puisse tenir compte de toutes les conditions locales et nationales. Les études donnent à penser qu'un plan d'aménagement des côtes permet de réduire leur vulnérabilité à l'égard d'une élévation accélérée du niveau de la mer, vulnérabilité qui correspond à l'effet cumulé des processus naturels, de la mise en valeur des zones côtières et des changements climatiques. L'aménagement du littoral peut modérer les interactions entre les processus naturels et le développement et, partant, diminuer la vulnérabilité à l'égard de l'élévation accélérée du niveau de la mer tout en favorisant un développement durable.

Ateliers internationaux. Ces réunions ont joué un rôle important dans la collecte d'informations provenant de sources nombreuses et variées. Deux ateliers doivent avoir lieu prochainement, pour analyser les conclusions des études de cas réalisées à ce jour. Pour celui qui se déroulera au Venezuela, il est prévu que les représentants de 25 pays présenteront un rapport sur leurs monographies. Cette rencontre devrait être riche en enseignements, notamment sur les coûts et les avantages potentiels des différentes stratégies de parade possibles, ainsi que sur la capacité de chaque pays de s'adapter à une élévation accélérée du niveau de la mer dans le cadre d'un plan intégré d'aménagement des zones côtières. Le second atelier (Nouvelle-Calédonie, avril 1992) sera axé sur l'évolution du climat, l'élévation du niveau de la mer et l'aménagement côtier dans le Pacifique Sud.

COOPÉRATION INTERNATIONALE

Le Sous-groupe était chargé d'évaluer le niveau et la nature de l'assistance requise de la part des organisations interna-

tionales et des pays donateurs pour la poursuite des évaluations et la mise en oeuvre des plans nationaux d'aménagement. L'on ne dispose pour l'instant que d'une estimation grossière des ressources nécessaires pour atteindre l'objectif visé : d'ici l'an 2000, tous les pays côtiers concernés devraient avoir des programmes complets d'aménagement du littoral destinés à réduire leur sensibilité à l'élévation accélérée du niveau de la mer et à d'autres conséquences des changements climatiques annoncés. Il faudra dégager des ressources très importantes et de nombreux pays auront besoin d'un appui financier.

La mise en oeuvre de ces plans exigera la coopération internationale, qui permettra en particulier :

- de poursuivre les analyses de vulnérabilité;
- de définir une série de principes directeurs pour l'aménagement des zones côtières;
- d'assurer une coordination efficace par le biais d'arrangements bilatéraux et multilatéraux.

CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Conclusions. Depuis sa création en 1989, le Sous-groupe a :

- organisé des ateliers internationaux auxquels les pays en développement et les pays développés ont largement participé, et entrepris une évaluation mondiale de la sensibilité à l'élévation accélérée du niveau de la mer;
- élaboré une Méthodologie commune pour les évaluations de la sensibilité des zones côtières à l'élévation accélérée du niveau de la mer;
- assuré la coordination des 30 études de cas effectuées par ses pays membres du Sous-groupe sur une base bilatérale.

Tout au long de cette période, il est apparu de plus en plus clairement que les pays riverains avaient besoin :

- d'évaluer les multiples aspects de leur vulnérabilité à l'égard de l'élévation future du niveau de la mer et aux conditions extrêmes qui en résultent, dans l'optique de la mise en valeur et de la protection des écosystèmes côtiers;
- d'en apprécier les conséquences pour leur environnement naturel ainsi que leurs systèmes social, juridique et économique;
- de commencer à prévoir l'application de stratégies de parade appropriées, qu'il s'agisse de l'effort de sensibilisation à accomplir ou du renforcement des institutions.

L'élaboration d'un plan intégré d'aménagement du littoral pourrait constituer une parade. Cette démarche permettra une prise en compte globale des incidences de l'élévation accélérée du niveau de la mer et des autres problèmes qu'il est urgent de résoudre pour préserver les ressources côtières. Cette planification intégrée du littoral doit être axée sur un développement durable, et il sera indispensable de renforcer les moyens institutionnels et juridiques des pays en développement, par le biais, notamment, d'un échange d'informations et d'une coopération technique dans le cadre d'un réseau tel que celui qu'a établi le Sous-groupe en liaison avec le PNUE.

Le Sous-groupe a constaté que les pays côtiers prenaient de plus en plus conscience des incidences potentielles d'une élévation accélérée du niveau de la mer sur les ressources littorales et des autres impacts de l'évolution du climat. Cette prise de conscience trouve son expression dans l'intérêt manifesté pour la planification intégrée de l'aménagement, intérêt qui doit susciter des mesures d'encouragement et d'aide. La plupart des pays côtiers en développement n'ont pas encore les moyens de planifier l'aménagement du littoral et n'ont toujours pas fait d'évaluation de leur sensibilité à l'élévation accélérée du niveau de la mer. Même si, dans bien des cas, il faudra attendre très longtemps pour engager le processus d'adaptation à l'élévation du niveau de la mer, très rares sont les pays qui se sont mis à l'ouvrage, qu'il s'agisse de planification ou d'autres mesures nécessaires.

Le Sous-groupe a encore beaucoup à faire. Une première analyse montre qu'il y a lieu :

- de compléter les monographies nationales déjà faites, d'en réaliser de nouvelles et d'effectuer des études supplémentaires, en coopération avec le PNUE, l'OMM, la COI et d'autres organisations internationales;
- d'encourager la recherche sur les conséquences des changements climatiques annoncés pour les zones littorales, en particulier dans le cas de phénomènes extrêmes;
- de tenir compte, à mesure que la modélisation régionale du climat s'améliore, des indications qu'elle donne (par exemple au sujet d'une évolution possible de l'intensité et de la distribution des cyclones, des ouragans et des typhons) dans l'évaluation de la vulnérabilité des zones littorales à l'égard d'une élévation accélérée du niveau de la mer et d'autres impacts des changements climatiques à l'échelle de la planète.

Recommandations. Les recommandations ci-après sont fondées sur les progrès réalisés à ce jour.

- Les pays côtiers qui ne l'ont pas déjà fait devraient :

- 1) évaluer leur degré de sensibilité à l'élévation accélérée du niveau de la mer et à d'autres incidences potentielles de l'évolution du climat mondial et apprécier les risques encourus;
- 2) engager le processus de planification de stratégies s'agissant des stratégies de parade à appliquer;
- 3) élaborer, d'ici l'an 2000, un plan global d'aménagement des zones côtières pour atténuer leur vulnérabilité à l'élévation accélérée du niveau de la mer et aux autres conséquences de l'évolution du climat mondial.

- Les pays devraient maintenir leur appui aux organisations intergouvernementales compétentes et aux divers programmes internationaux; il leur faudra par ailleurs :

- 1) continuer à soutenir les activités de recherche et d'observation concernant l'élévation accélérée du niveau de la mer et les fortes tempêtes qui y sont associées (par exemple, dans le cadre du Système mondial d'observation de l'océan et du Système mondial d'observation du climat) ainsi que les répercussions de changements climatiques planétaires sur les régions côtières (par exemple, inondation du littoral et destruction de l'habitat du fait d'une modification de la fréquence et de l'intensité des fortes tempêtes);
- 2) aider les pays en développement à se donner les moyens de participer aux activités internationales de recherche et d'observation dans les domaines visés;
- 3) continuer à soutenir l'effort de recherche engagé pour concevoir des mesures de parade d'un bon rapport coût-efficacité destinées à aider les pays côtiers à s'adapter aux conséquences négatives de l'évolution du climat mondial;
- 4) encourager les programmes de sensibilisation et les initiatives visant à favoriser la prise de conscience des incidences d'une élévation accélérée du niveau de la mer et d'autres conséquences potentielles de l'évolution du climat mondial pour les ressources côtières ainsi que des possibilités d'application des mesures d'atténuation ou d'adaptation;
- 5) renforcer les programmes et les institutions nationaux, régionaux et internationaux, afin de coordonner les analyses de vulnérabilité des régions côtières à l'égard d'une élévation

accélérée du niveau de la mer et l'assistance dont les pays en développement ont besoin à cet égard;

- 6) reconnaître l'efficacité d'une coopération mondiale entre pays côtiers et organisations internationales, comme celle qui s'est instaurée sous les auspices du GIEC, et continuer d'appuyer le Sous-groupe et son réseau qui jouent un rôle de catalyse dans le renforcement de cette coopération mondiale, par le biais de l'échange de données et d'information, de l'assistance technique, d'un aménagement intégré des zones côtières, de programmes de formation et d'une meilleure communication.

l'assistance technique dont ils ont besoin pour élaborer d'ici l'an 2000 des plans intégrés d'aménagement côtier.

Pour que le Sous-groupe puisse mener à bien toutes ces activités, il faudra trouver les moyens de financer ses travaux (voir les recommandations ci-dessus). Il faudra également procéder à une nouvelle analyse des possibilités de financement du PNUE, d'autres organisations internationales et des pays donateurs et déterminer le rythme et l'importance des travaux qui pourraient ainsi être financés. La coopération internationale est indispensable au succès des activités projetées.

ACTIVITÉS FUTURES

Le Sous-groupe a formulé pour ses activités futures, les propositions ci-après :

- Il envisage d'établir de nouveaux rapports d'évaluation de la vulnérabilité à l'échelle de la planète, en étroite collaboration avec les Groupes de travail I et II et en coopération avec d'autres organismes compétents des Nations Unies. Compte tenu des liens étroits entre les impacts et les stratégies de parade, il a coordonné ses travaux avec ceux du Groupe de travail II, lesquels traitent essentiellement des incidences de l'évolution du climat, y compris l'élévation accélérée du niveau de la mer, sur les récifs coralliens et les mangroves, et sur les pêcheries commerciales et de subsistance. Le Sous-groupe a, lui, pour premier objectif de déterminer les solutions à adopter pour gérer ces ressources de manière à les rendre moins sensibles à l'élévation accélérée du niveau de la mer.
- Les principes directeurs à appliquer pour l'aménagement des zones côtières, devront être définis d'ici 1994 en coopération avec le PNUE comme cela est envisagé dans le cadre de la Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement.
- S'agissant du deuxième Rapport d'évaluation du GIEC (1994-1995), il s'agira de mener à bonne fin, en coopération avec les Groupes de travail I et II, et en appliquant la Méthodologie commune, une évaluation mondiale de la vulnérabilité des zones côtières à l'égard de l'élévation accélérée du niveau de la mer, première étape dans l'élaboration et la mise en oeuvre de plans et de programmes d'aménagement du littoral.
- Le Sous-groupe se propose de soutenir l'effort de planification de l'aménagement des zones côtières, en coopération avec le PNUE et d'autres organisations, et de fournir aux pays côtiers

SECTION VII.

ABRÉGÉ DU RÉSUMÉ DESTINÉ AUX DÉCIDEURS ÉTABLI PAR LE COMITÉ SPÉCIAL DU GIEC POUR LA PARTICIPATION DES PAYS EN DÉVELOPPEMENT

INTRODUCTION

Le GIEC a décidé, lors de sa sixième session (Genève, 29-31 octobre 1991), d'inclure dans le Supplément de 1992 un résumé des recommandations du Comité spécial pour la participation des pays en développement. En outre, il a accepté la proposition du président, visant à charger son Secrétariat d'établir ce Résumé en se fondant sur celui destiné aux décideurs élaboré par le Comité spécial (voir le premier Rapport d'évaluation du GIEC (1990)) et de le soumettre à l'examen de tous les pays. Le texte ci-après a été élaboré en application de cette décision.

Récapitulation du Résumé du Comité spécial

Une participation pleine et entière suppose la mise en place de moyens nationaux pour traiter de toutes les questions en jeu, à savoir l'évaluation des fondements scientifiques de l'évolution du climat, celles des incidences d'une telle évolution sur la société et celles des stratégies de parade à appliquer à l'échelon national et régional.

Les mesures destinées à promouvoir la pleine participation des pays en développement aux activités concernant l'évolution du climat ne devraient pas attendre l'issue de la négociation d'une convention-cadre sur les changements climatiques. Il faut agir maintenant, sur la base des accords existants, puis planifier et poursuivre cette action pendant plusieurs années.

Le Comité spécial a estimé que les cinq facteurs ci-après entravent principalement la pleine participation des pays en développement aux activités du GIEC :

- manque d'informations
 - communication déficiente
 - ressources humaines limitées
 - problèmes institutionnels
 - ressources financières limitées
- i) Manque d'informations : de nombreux pays en développement n'ont pas suffisamment d'informations sur la question des changements climatiques éventuels pour comprendre les préoccupations qu'elle suscite dans le reste de la planète. L'information laisse souvent à désirer, qu'il s'agisse des éléments scientifiques en jeu, des incidences physiques et socio-économiques potentielles de l'évolution du climat, ou des stratégies de parade. Ceci vaut non seulement pour les milieux scientifiques, mais encore pour les décideurs et l'opinion publique.

ii) Communication déficiente : même si la situation s'améliorait sur le plan de l'information, il faudrait encore améliorer les moyens de communication interne et externe afin que l'information relative à l'évolution du climat soit diffusée comme il se doit.

iii) Ressources humaines limitées : la pénurie de personnel qualifié dans presque tous les domaines, qu'il s'agisse de la théorie et de la science ou de l'application des connaissances à la production alimentaire et à la production d'énergie, à la gestion des ressources en eau, au problème des établissements humains, à la croissance commerciale et économique et à toute une série d'autres secteurs apparentés, est un problème commun à de nombreux pays en développement. La plupart d'entre eux, sinon tous, ne disposent que d'un petit nombre d'experts et de fonctionnaires qualifiés et bien informés et encore dans quelques-uns de ces domaines seulement.

iv) Problèmes institutionnels : le caractère pluridisciplinaire et interdépendant des questions en jeu exige une coordination relativement importante entre les différents départements ou ministères.

v) Ressources financières limitées : la survie est la préoccupation majeure. Pour le reste, l'ordre de priorité doit être établi en fonction des ressources financières limitées, et partant, de la pénurie générale de moyens technologiques. Le plus souvent, les pays n'ont pas de quoi faire face aux coûts marginaux afférents à la protection de l'environnement. En outre, des préoccupations immédiates d'intérêt local concernant l'environnement retiennent généralement plus l'attention des responsables que des problèmes planétaires auxquels il est difficile de s'identifier.

Il faudra tenir compte des préoccupations légitimes des pays en développement qui, alors qu'ils n'ont qu'une part minimale de responsabilités dans l'évolution du climat, craignent que celle-ci ait pour eux des conséquences très graves.

MESURES RECOMMANDÉES

Les pays en développement devraient bénéficier en permanence d'une aide financière pour leur permettre de se faire représenter aux sessions du GIEC et de participer aux activités de suivi. Le Comité spécial a attiré l'attention du

Groupe d'experts sur la nécessité de poursuivre cet effort et, pour les pays donateurs, de maintenir et d'augmenter leur soutien financier.

Il faudra envisager sérieusement de financer la participation de plus d'un expert par pays en développement aux réunions qui traitent simultanément de plusieurs aspects du problème de l'évolution du climat.

Les gouvernements et organisations des pays industrialisés devraient redoubler d'effort pour organiser des séminaires. Les pays en développement pourraient organiser, sous l'égide d'organisations internationales, ou de toute autre façon, des séminaires et des ateliers régionaux afin d'échanger des informations scientifiques et techniques. Il faudra élaborer à cet effet les programmes nécessaires et des listes d'experts. Dans le cadre de l'échange d'informations qui doit être un processus permanent, le Comité a recommandé au Groupe d'experts d'adresser le présent résumé à tous les intéressés. De leur côté, les pays en développement devront, chaque fois qu'ils le pourront et le plus rapidement possible, désigner les coordonnateurs à qui seront adressés rapports, documentation, données et information sur les séminaires et qui recevront des consignes pour la transmission interne de ce matériel à qui de droit pour suite à donner.

Chaque pays en développement devrait envisager de créer des mécanismes pour assurer la coordination nationale de toutes ses activités relatives aux climat. Cela serait utile, notamment pour la diffusion de l'information, l'élaboration et la mise en oeuvre de programmes de recherche et de surveillance, ou encore, pour le choix des orientations et la formulation de stratégies. Les pays industrialisés devront envisager d'aider les pays en développement à mettre en place ce mécanisme.

L'acquisition, l'analyse et l'interprétation de données climatologiques et d'informations connexes devraient permettre aux pays en développement de mieux tenir compte de l'évolution du climat dans la formulation de leurs orientations nationales. Ces activités sont également nécessaires pour effectuer, à l'échelon régional, des études d'incidences plus précises. Il faudrait s'efforcer de supprimer la disparité criante qui existe au niveau de l'acquisition et de l'utilisation de ces données entre l'hémisphère Nord et l'hémisphère Sud. Le Comité recommande en outre que les pays en développement commencent dès à présent à recenser leurs besoins particuliers afin de déterminer les incidences financières de ces activités. Il faudrait mobiliser des ressources financières suffisantes afin d'élaborer un programme viable et créer des centres régionaux pour mettre en place des réseaux d'informations sur l'évolution du climat.

Dans bien des pays en développement, le Service météorologique et/ou hydrologique national est le principal, et souvent le seul, à rassembler et à enregistrer des données climatologiques. Si les systèmes météorologiques sur lesquels portent ces données devaient se modifier, comme

certain le pensent, du fait de l'évolution du climat, les moyens dont disposent les Services nationaux devront être renforcés pour leur permettre de mieux contribuer à un développement national durable et viable.

Le Comité spécial a recommandé en outre qu'il soit tenu dûment compte de ses conclusions dans tous les domaines d'études qui sont du ressort du GIEC. Il faudrait élaborer et mettre en oeuvre des programmes d'action (et définir, si besoin est, les concepts sur lesquels ils reposeront) sans plus attendre, pour que les pays en développement puissent participer pleinement aux activités futures entreprises dans le domaine de l'évolution du climat, pour autant que les moyens nécessaires soient mis à leur disposition. Le PNUE et l'OMM devraient prendre l'initiative et conduire les consultations nécessaires. Il faudrait aussi s'assurer le concours d'autres organisations multilatérales ou bilatérales pour l'élaboration et la mise en oeuvre de ces programmes d'action.

SECTION VIII.

QUESTIONS À APPROFONDIR ABORDÉES DURANT LA SEPTIÈME SESSION DU GIEC

L'examen des résultats présentés dans les rapports des trois groupes de travail a permis de définir les domaines auxquels le GIEC devra accorder une attention prioritaire. Au cours des réunions plénières, on a évoqué des travaux récents dont les résultats n'ont pu être pleinement pris en compte ou contre-expertisés durant la préparation des suppléments aux rapports des groupes de travail. Toutes les études disponibles devraient faire l'objet d'une contre-expertise dans le cadre du processus de suivi du GIEC.

Désertification

De nombreuses régions du monde sont gravement touchées par l'évolution du climat, la sécheresse et la désertification. Il est nécessaire de définir de façon précise les liens qui unissent variations climatiques, évolution du climat et désertification pour répondre à la demande pressante de nombreux pays concernés par ces problèmes, dans la région du Sahel et dans d'autres régions de l'Afrique, en Amérique latine, en Australie, en Inde, en Chine et dans d'autres parties de l'Asie. La désertification est un phénomène complexe dû en grande partie aux activités de l'homme et encore aggravé par la variabilité du climat; il en va ainsi par exemple de la dégradation des sols. On peut donc s'attendre à ce que les régions arides et semi-arides soient plus vulnérables à une évolution du climat. La déclaration élaborée à l'issue du Congrès international sur les incidences des variations climatiques et le développement durable dans les régions semi-arides (Fortaleza, Brésil, 1992) insiste sur l'urgence du problème et sur la nécessité d'étudier les causes de la désertification et ses incidences sur les sociétés humaines.

Gaz à effet de serre fluorés qui ne relèvent pas du protocole de Montréal

Il s'agit de deux types de gaz : les hydrofluorocarbones (HFC), qui remplacent aujourd'hui les chlorofluorocarbones (CFC), et des gaz entièrement fluorés qui se caractérisent par un potentiel de réchauffement élevé et une très longue durée de vie tels le tétrafluorométhane (CF_4), l'hexafluoroéthane (C_2F_6) et l'hexafluorure de soufre (SF_6). Il serait utile de mieux connaître les sources et les puits de ces gaz et de les inclure dans les inventaires nationaux des émissions et des puits de gaz à effet de serre, ainsi que de définir des possibilités d'action appropriées.

Prévision du climat à l'échelle régionale

Le Groupe d'experts a une nouvelle fois souligné que priorité devait être accordée aux travaux de recherche visant à détecter une éventuelle évolution du climat à l'échelle régionale (en relation avec l'évolution du climat mondial), notant que certaines régions étaient particulièrement

touchées par divers effets de cette évolution. Parmi ceux-ci, les cyclones tropicaux et les marées de tempêtes qui leur sont associés. Il est urgent de fournir aux pays baignés par le Pacifique, l'océan Indien et l'océan Atlantique des informations sur les changements qui pourraient intervenir dans la fréquence, l'intensité et la répartition de tels phénomènes. Il faudra tout particulièrement s'attacher à répondre aux besoins des petits États insulaires qui sont plus vulnérables aux changements climatiques. Les prévisions relatives aux précipitations régionales constituent un autre domaine prioritaire. Il faudra en outre approfondir l'étude des relations entre la pollution à l'échelle locale, régionale et mondiale.

La pertinence de la méthode des analogues fondée sur l'étude du paléoclimat pour prévoir une évolution du climat à l'échelle régionale a également fait l'objet de discussions. Bien que les données relatives au paléoclimat soient très précieuses, on ne dispose pas encore de données strictement comparables qui permettraient de prévoir une évolution du climat. Le GIEC devra examiner et évaluer régulièrement toutes les méthodes de prévision du climat à l'échelle régionale.

Méthodes applicables aux études nationales

Le Groupe d'experts a reconnu la valeur des travaux entrepris au sein des trois groupes de travail et dans d'autres cadres pour définir des méthodes applicables aux études nationales - notamment celles qui permettent d'établir des inventaires des émissions et des puits de gaz à effet de serre, d'évaluer la vulnérabilité à l'élévation du niveau de la mer ainsi que d'autres incidences de l'évolution du climat. Le Groupe a estimé qu'il s'agissait là d'un problème intersectoriel et qu'il serait utile d'approfondir l'étude de ces méthodes, de les définir précisément et de les adapter, notamment pour les intégrer dans un contexte plus vaste. Les experts se sont accordés pour dire qu'il convenait en tout premier lieu d'évaluer plus précisément les travaux en cours et de définir des directives cohérentes, en tenant compte des conditions propres à chaque pays et de l'évolution des pratiques et politiques d'exploitation de leurs ressources naturelles. L'étape suivante sera l'organisation d'une réunion technique qui devrait dans la mesure du possible avoir lieu avant la huitième session du Groupe d'experts, et dont le rapport serait examiné à cette occasion.

Techniques relatives à l'énergie nucléaire

L'énergie nucléaire, qui compte parmi les sources d'énergie de substitution possibles pour atténuer l'évolution du climat, devrait faire l'objet d'une étude détaillée prenant notamment en compte les problèmes de sécurité et d'élimination des déchets.

Inventaire des possibilités d'action

Parmi les futures tâches confiées au GIEC devrait figurer la préparation d'un vaste inventaire de possibilités d'action afin de définir un ensemble de mesures que les pays pourraient envisager d'appliquer compte tenu de la situation qui leur est propre. L'inventaire devrait inclure des facteurs de faisabilité qui permettraient aux divers pays d'estimer dans quelle mesure telle ou telle possibilité d'action peut s'appliquer aux conditions nationales. Ces facteurs, qui pourraient gêner l'introduction de ces techniques ou pratiques, peuvent être d'ordre technique, économique ou d'une autre nature.

L'inventaire devrait comprendre des méthodes et techniques de gestion, et couvrir tous les secteurs de l'économie (énergie, industrie, transports, agriculture et exploitation forestière notamment). Il devrait inclure également des mesures d'adaptation pour les zones naturelles et développées.

La première étape sera l'élaboration de l'inventaire des technologies. Le rapport relatif à la tâche 4 définit également des possibilités d'action spécifiques et celui concernant la tâche 5 propose des méthodes de gestion des zones côtières pour faciliter l'adaptation à l'élévation du niveau de la mer.

Gaz naturel : perspectives

Le problème relatif aux réserves de gaz naturel et à l'accroissement prévu de la demande, notamment dans la perspective de la réduction des émissions de gaz à effet de serre, a été évoqué. Il est nécessaire d'évaluer les réserves, les méthodes de distribution et la demande au-delà de l'année 2005, notamment dans les pays qui ne font pas partie de l'OCDE.

Incidences économiques des mesures d'adaptation

Certaines études, qui n'ont été achevées que très récemment, n'ont pu être analysées par le GIEC. Leurs résultats sont confus et elles montrent qu'il est nécessaire d'évaluer régulièrement les effets des taxes sur le carbone sur la croissance du PIB.

Autres tâches à entreprendre

- Définition d'un ensemble minimal de paramètres pour la surveillance du climat, et les études d'impact et méthodes de mesure de ces paramètres.
- Incidences sur les écosystèmes de montagne (forêts, ressources en eau, incidences socio-économiques, etc.).
- Effets de l'évolution du climat sur les zones urbaines et les autres zones de peuplement.
- Potentiel de réchauffement indirect de la planète.

- Surveillance et bases de données.
- Poursuite du travail entrepris pour atteindre les objectifs de la Conférence de Noordwijk en matière de boisement.
- Émissions provenant du transport routier et moyens de transports de substitution possibles.
- Élaboration d'un plan d'action en vue de donner suite aux recommandations du Comité spécial du GIEC pour la participation des pays en développement, et d'atteindre notamment les objectifs à long terme qu'il a fixés (voir section VII).

Diffusion des informations du GIEC

Grâce au soutien financier de divers pays, le GIEC a pu organiser une série de séminaires destinés à l'échange d'informations dans plusieurs pays en développement. De même, le premier Rapport d'évaluation du GIEC (1990) ainsi que d'autres rapports du Groupe d'experts ont pu être traduits dans plusieurs langues. Ces séminaires ont attiré des représentants de toutes les catégories sociales: chefs d'État et ministres, experts, organisations non gouvernementales et grand public. Ils ont permis de faire mieux connaître les divers aspects du problème de l'évolution du climat. Il est prévu d'organiser des réunions du même type dans d'autres pays en développement qui en ont exprimé le souhait mais cela ne pourra se faire que si l'on dispose des ressources financières et du personnel nécessaires.

Problèmes de financement

Les évaluations du GIEC sont étroitement dépendantes des efforts de recherche - développement entrepris au titre de programmes internationaux et par des équipes de recherche dans divers pays du monde. La nécessité d'intensifier ces efforts de recherche est peu à peu apparue clairement. Le problème de l'évolution du climat et de ses incidences socio-économiques et purement sociales est encore peu connu et mal compris. Le GIEC demande instamment que des fonds plus importants soient débloqués au profit de ces activités et que les grands programmes internationaux bénéficient des ressources nécessaires. Il importe tout particulièrement que l'on donne aux pays en développement les moyens de participer pleinement à cet effort mené à l'échelle mondiale. Nous ne pourrions progresser qu'en étendant nos recherches à l'ensemble de la planète.

Premier Rapport d'évaluation du GIEC

TABLE DES MATIÈRES

	Page
Aperçu général	
Préface de l’Aperçu général du GIEC	55
1. Aspect scientifique	56
2. Incidences	57
3. Stratégies de parade	61
4. Participation des pays en développement	64
5. Coopération internationale et activités futures	66
Annexe Scénarios relatifs aux émissions mis au point par le GIEC	67
Rapport du Groupe de travail I au GIEC – Évaluation scientifique de l’évolution du climat	
Résumé directif	69
1. Introduction : quel est le problème?.....	71
2. Quels sont les facteurs qui déterminent le climat global?.....	71
3. Que sont les gaz à effet de serre et pourquoi sont-ils en augmentation?	73
4. Quels sont les gaz les plus importants?.....	77
5. Quel est l’ampleur du changement climatique prévu?.....	79
6. Quelle foi accordons-nous à nos prévisions?.....	85
7. Le climat sera-t-il très différent à l’avenir?	87
8. La société a-t-elle déjà commencé à modifier le climat terrestre?.....	87
9. De combien le niveau des mers va-t-il s’élever?	88
10. Quel sera l’incidence de l’évolution du climat sur les écosystèmes?	90
11. Que faut-il faire pour réduire les incertitudes, et combien de temps cela demandera-t-il?	91
Annexe Scénarios relatifs aux émissions du Groupe de travail III du GIEC	93
Rapport du Groupe de travail II au GIEC – Évaluation des incidences potentielles de l’évolution du climat	
Résumé directif	94
1. Scénarios	99
2. Incidences potentielles de l’évolution du climat sur l’agriculture, l’utilisation des sols et l’exploitation de la forêt	101
3. Incidences potentielles de l’évolution du climat sur les écosystèmes terrestres naturels et conséquences socio-économiques	106
4. Incidences potentielles de l’évolution du climat sur l’hydrologie et les ressources en eau	109
5. Incidences potentielles de l’évolution du climat sur les établissements humains, l’énergie, les transports, l’activité industrielle, la santé et la qualité de l’air	112
6. Incidences potentielles de l’évolution du climat sur les océans et les zones côtières	116

7.	Incidences potentielles de l'évolution du climat sur la cryosphère et conséquences socio-économiques.....	120
8	Récapitulation des mesures à prendre.....	124
9.	Dernières remarques	125

Rapport du Groupe de travail III au GIEC – Formulation de stratégies de parade

	Exposé préliminaire du président du Group III.....	127
	Résumé directif.....	129
1.	Émissions anthropiques de gaz à effet de serre	132
2.	Futures émissions de gaz à effet de serre	133
3.	Stratégies de parade à l'évolution du climat mondial.....	135
4.	Mesures visant à limiter les émissions de gaz à effet de serre	137
5.	Fixation d'objectifs pour la limitation des émissions de gaz à effet de serre	147
6.	Mesures d'adaptation à l'évolution du climat global	147
7.	Mécanismes de mise en oeuvre des stratégies de parade	151
Annexe	Mécanismes institutionnels et juridiques - Rapport des coordonnateurs pour les exposés thématiques	158

Résumé destiné aux décideurs établi par le Comité spécial du GIEC pour la participation des pays en développement

	Résumé directif.....	164
1.	Introduction.....	166
2.	Pleine participation des pays en développement	167
3.	Domaine d'action.....	171
4.	Conclusions et recommandations	174
Annexe 1	Mandat du Comité spécial du GIEC pour la participation des pays en développement.....	176
Annexe 2	Contributions versées en 1989 au fonds d'affectation spéciale du GIEC Fonds d'affectation spéciale : contributions reçues pour 1990.....	177

Préface de l'Aperçu général du GIEC

Le premier Rapport d'évaluation du GIEC comprend :

- le présent Aperçu général du GIEC;
- les résumés destinés aux décideurs et établis par les trois groupes de travail du GIEC (concernant respectivement l'évaluation scientifique, l'évaluation des incidences et la formulation de stratégies de parade) et par le Comité spécial du GIEC pour la participation des pays en développement;
- les trois rapports des groupes de travail.

L'Aperçu général reprend des informations figurant dans les quatre résumés destinés aux décideurs. Il présente des conclusions, propose des lignes d'actions possibles (en formulant notamment des suggestions quant aux facteurs qui pourraient servir de base pour les négociations) et esquisse les actions à mener encore pour favoriser une meilleure compréhension des problèmes relatifs à l'évolution du climat due aux activités humaines.

Comme le présent Aperçu général ne peut rendre compte de tous les aspects du problème qui sont exposés dans les trois rapports intégraux des groupes de travail et les quatre résumés destinés aux décideurs, il y a lieu de le lire en tenant compte de ces autres documents.

La présentation des diverses questions, options et stratégies dans le Rapport d'évaluation du GIEC est destinée à aider les décideurs et les futurs négociateurs dans leurs tâches respectives. Chaque gouvernement devrait procéder à un examen plus approfondi de ce rapport dans la mesure où il concerne différents secteurs d'activités dans tous les pays. Par ailleurs, il y a lieu de noter qu'il reflète l'évaluation technique faite par des experts, plutôt que des positions gouvernementales, d'autant que certains gouvernements n'ont pas pu participer aux réunions de tous les groupes de travail du GIEC.

L'Aperçu général s'inspire des conclusions énoncées dans :
i) les rapports des trois groupes de travail du GIEC s'occupant respectivement de l'aspect scientifique, des incidences et des stratégies de parade; ii) les résumés destinés aux décideurs et établis par les groupes de travail du GIEC et par le Comité spécial du GIEC pour la participation des pays en développement.

1. Aspect scientifique

La structure de cette section est analogue à celle du résumé destiné aux décideurs établi par le Groupe de travail I.

1.0.1 *Nous avons la certitude que :*

- Il existe un effet de serre naturel qui maintient déjà la Terre à une température supérieure à celle qu'elle aurait autrement.
- Les émissions dues aux activités humaines accroissent sensiblement la concentration dans l'atmosphère des gaz à effet de serre : dioxyde de carbone, méthane, chlorofluorocarbones (CFC) et oxyde nitreux. Cette augmentation renforcera l'effet de serre, intensifiant le réchauffement général de la surface terrestre. Le principal gaz à effet de serre, c'est-à-dire la vapeur d'eau, deviendra plus abondant sous l'effet du réchauffement planétaire ce qui accentuera encore ce dernier.

1.0.2 *Les calculs nous donnent la conviction que :*

- Certains gaz peuvent plus efficacement que d'autres modifier le climat et que leur efficacité relative peut être évaluée. Le dioxyde de carbone a causé dans le passé plus de la moitié du surcroît d'effet de serre, et il est probable qu'il en sera de même à l'avenir.
- La concentration dans l'atmosphère des gaz à longue durée de vie (dioxyde de carbone, oxyde nitreux et CFC) ne s'équilibre que lentement sous l'effet de modifications des émissions. Si l'émission de ces gaz continuait au rythme actuel nous serions condamnés à voir leur concentration augmenter pendant encore des siècles. Plus sera longue la durée pendant laquelle les émissions continueront à augmenter au rythme actuel, plus il faudra les réduire pour que les concentrations se stabilisent à un niveau donné.
- Pour les quatre scénarios des émissions futures que le GIEC a élaborés en tant qu'hypothèses (qui vont du scénario A, appelé aussi scénario de la poursuite des activités où aucune mesure ou quelques mesures seulement sont prises pour réduire les émissions, aux scénarios B, C et D, qui correspondent à des degrés de réglementation croissants), il y aura doublement des concentrations équivalentes de dioxyde de carbone par rapport aux niveaux pré-industriels d'ici

à peu près 2025, 2040 ou 2050, selon qu'il s'agira des scénarios A, B ou C (pour une description du concept de concentration équivalente de dioxyde de carbone, voir la section intitulée «Quels sont les gaz les plus importants?» dans le résumé destiné aux décideurs établi par le Groupe de travail I). On trouvera dans l'annexe au présent document une description des scénarios d'émissions élaborés par le GIEC.

- La stabilisation des concentrations équivalentes de dioxyde de carbone à environ deux fois le niveau pré-industriel interviendrait, selon le scénario D, vers la fin du prochain siècle. Des réductions immédiates de plus de 60 % des émissions nettes (sources moins puits) de gaz à longue durée de vie provenant d'activités humaines entraîneraient une stabilisation de la concentration aux niveaux actuels; les concentrations de méthane se stabiliseraient si la réduction était de l'ordre de 15 à 20 %.
- Les émissions de dioxyde de carbone anthropiques sont nettement inférieures aux taux d'échange naturel de dioxyde de carbone entre l'atmosphère et les océans, et entre l'atmosphère et le système terrestre. Toutefois, les taux d'échange naturel étaient en étroite équilibre avant le début des émissions d'origine humaine; les émissions anthropiques constantes dans l'atmosphère perturbent gravement le cycle naturel du carbone.

1.0.3 *En nous fondant sur les résultats que donnent les modèles actuels, nous prévoyons ce qui suit :*

- La température globale moyenne augmentera en moyenne au cours du siècle à venir de 0,3 °C environ par décennie (avec une marge d'incertitude de 0,2 à 0,5 °C par décennie) si les émissions de gaz à effet de serre correspondent au scénario A du GIEC (poursuite des activités); c'est là une valeur supérieure à celle que l'on a observée au cours des 10 000 dernières années. Cela aura probablement pour conséquence que la température globale moyenne dépassera de 1 °C environ la valeur actuelle en 2025 (environ 2 °C de plus que pendant la période pré-industrielle) et de 3 °C avant la fin du siècle à venir (environ 4 °C de plus que pendant la période pré-industrielle). Cette augmentation ne se fera pas à un rythme régulier, en raison de l'incidence d'autres facteurs.
- Dans le cas des autres scénarios du GIEC, qui supposent une réglementation progressivement plus stricte, le rythme d'augmentation de la température globale moyenne serait de 0,2 °C environ par décennie (scénario B), juste supérieur à 0,1 °C par décennie (scénario C) et de 0,1 °C environ par décennie (scénario D). Cette augmentation ne se fera pas à un rythme régulier, en raison de l'incidence d'autres facteurs.

- La surface des terres émergées se réchauffera plus rapidement que les océans, et les latitudes septentrionales élevées connaîtront une augmentation supérieure à la moyenne globale en hiver.
- Les océans exercent une fonction de puits de chaleur et retardent ainsi le plein effet d'un réchauffement imputable au gaz à effet de serre. Par conséquent, nous serons exposés à une nouvelle hausse de température, qui se réalisera progressivement au cours des décennies et siècles à venir. Les modèles prévoient que, sous l'effet de l'accroissement de la concentration des gaz à effet de serre, l'augmentation réalisée de la température à quelque époque que ce soit sera de l'ordre de 50 à 80 % de l'augmentation engagée.
- Dans le scénario A du GIEC (poursuite des activités), les émissions de gaz à effet de serre entraîneront une élévation globale moyenne du niveau des mers de 6 cm environ par décennie au cours du siècle à venir (avec une marge d'incertitude de 3 à 10 cm par décennie), due principalement à la dilatation thermique des océans et à la fonte d'une partie des glaces terrestres. L'élévation prévue du niveau global moyen des mers est de 20 cm environ pour l'an 2030, et de 65 cm pour la fin du siècle à venir. Les variations régionales seront considérables.

1.0.4 *En ce qui concerne les incertitudes, l'on peut constater ce qui suit :*

- Nos prévisions comportent de nombreuses incertitudes, en particulier pour ce qui est du rythme, de l'ampleur et de la répartition régionale de l'évolution du climat, surtout dans le cas des précipitations.
 - Ces incertitudes viennent de ce que nous ne connaissons pas suffisamment les sources et les puits des gaz à effet de serre et les réactions des nuages, des océans et des calottes glaciaires polaires à un changement du forçage radiatif provoqué par l'augmentation des concentrations de ces gaz.
 - Ces processus sont déjà partiellement élucidés, et nous sommes convaincus que de nouvelles recherches permettront de réduire les incertitudes. Cependant, la complexité du système ne nous permet pas d'exclure des surprises.

1.0.5 *Nous estimons que :*

- La température globale moyenne de l'air en surface a augmenté de 0,3 à 0,6 °C au cours des 100 dernières années, les cinq années marquées par la moyenne globale la plus chaude se situant au cours des années 80. Pendant la même période le niveau global des

mers s'est élevé de 10 à 20 cm. Ces augmentations ne se sont pas produites de manière régulière dans le temps, ni uniformément à la surface du globe.

- La valeur de ce réchauffement concorde dans l'ensemble avec les prévisions fondées sur les modèles du climat, mais elle est aussi du même ordre de grandeur que la variabilité naturelle du climat. Si l'unique cause du réchauffement observé était l'effet de serre anthropique, la sensibilité du climat serait alors voisine des estimations les plus basses déduites des modèles. Par conséquent, l'augmentation observée pourrait être due en grande partie à cette variabilité naturelle; d'un autre côté, cette variabilité et d'autres facteurs anthropiques pourraient avoir contrebalancé un réchauffement encore plus considérable dû à un effet de serre anthropique. Il se passera probablement au moins 10 ans avant que des observations nous permettent d'établir de façon certaine qu'il y a eu renforcement de l'effet de serre.
- Des mesures effectuées sur des carottes de glace remontant à 160 000 ans montrent que la température de la Terre a évolué presque parallèlement à la teneur de l'atmosphère en dioxyde de carbone et en méthane. Nous ne connaissons pas les causes et effets de manière détaillée, mais les calculs indiquent que les modifications subies par ces gaz à effet de serre ont causé en partie, mais en partie seulement, les grandes variations (5 à 7 °C) de la température du globe entre les époques glaciaires et les périodes interglaciaires.
- Les sources et puits naturels de gaz à effet de serre sont sensibles à un changement de climat. De nombreux processus de réaction (rétroaction) sont mal connus, mais il semble bien que, à mesure que le climat deviendra plus chaud, ces rétroactions entraîneront une augmentation générale, plutôt qu'une diminution, des concentrations de gaz à effet de serre naturels. Le changement de climat pourrait donc bien être plus important que ce que les estimations présentées ci-dessus permettent de prévoir.

2. Incidences

2.0.1 Le rapport du Groupe de travail II sur l'évaluation des incidences est l'aboutissement des travaux d'un certain nombre de sous-groupes qui ont réalisé des études distinctes en appliquant des méthodes différentes. S'inspirant de la littérature spécialisée, ils ont utilisé plusieurs scénarios pour l'évaluation des incidences potentielles de l'évolution du climat. Ces scénarios prévoient :

- i) un doublement effectif de la teneur de l'atmosphère en CO₂ d'ici 2025 à 2050;
- ii) une hausse consécutive de la moyenne globale des températures de l'ordre de 1,5 à 4,5 °C;

- iii) une distribution inégale de cette élévation thermique sur l'ensemble de la planète, à savoir une hausse égale à la moitié de la moyenne globale dans les régions tropicales et une hausse plus forte correspondant à deux fois la moyenne globale dans les régions polaires;
- iv) une élévation du niveau moyen de la mer de 30 à 50 cm d'ici l'an 2050 et d'un mètre environ à l'horizon 2100, accompagnée d'une augmentation de la température de l'océan en surface de 0,2 à 2,5 °C.

2.0.2 Bien qu'antérieures, ces hypothèses concordent avec le scénario A retenu par le Groupe de travail I pour des émissions correspondant à la poursuite des activités et qui estime l'élévation prévue du niveau de la mer à 20 cm environ d'ici 2030 et à quelque 65 cm d'ici la fin du siècle prochain. Ce scénario prévoit aussi que la moyenne globale des températures augmentera d'environ 1 °C par rapport aux valeurs actuelles à l'horizon 2025 et de 3 °C avant la fin du vingt et unième siècle.

2.0.3 Les effets prévus de l'évolution du climat doivent être considérés dans le contexte d'un monde dynamique en constante évolution. Des événements naturels de grande portée, tels que le phénomène El Niño, peuvent avoir des effets significatifs pour l'agriculture et les établissements humains. L'explosion démographique annoncée aura, pour l'utilisation des sols et la demande d'énergie, d'eau douce, d'alimentation et de logement, de graves conséquences qui varieront d'une région à l'autre en fonction des revenus des pays et de leur degré de développement. Dans bien des cas, ce sont les régions déjà éprouvées, dans les pays en développement en particulier, qui seront le plus durement touchées. Les modifications climatiques anthropiques du fait de la non réglementation des émissions de gaz à effet de serre ne feront qu'aggraver la situation. Ainsi, les effets dommageables de l'évolution du climat, de la pollution et de l'augmentation du rayonnement ultraviolet résultant de l'appauvrissement de la couche d'ozone pourront se conjuguer et se renforcer mutuellement au détriment des matières et des organismes. L'accroissement des concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère risque de conduire à une modification irréversible du climat qui pourrait bien être perceptible dès la fin du vingtième siècle.

2.0.4 Évaluer dans leur totalité les effets physiques et biologiques des changements climatiques d'échelle régionale n'est pas une tâche facile. Les estimations régionales de certains facteurs climatiques décisifs sont peu fiables. Cela est particulièrement vrai des précipitations et de l'humidité du sol pour lesquelles les modèles de la circulation générale et l'analyse des analogies paléoclimatiques produisent des résultats très divergents. Qui plus est, les relations scientifiques que l'on peut établir entre l'évolution du climat et ses effets biologiques, d'une part, et entre ces derniers et les conséquences socio-économiques, de l'autre, sont fortement entachées d'incertitude.

2.0.5 Dans la présente partie de l'Aperçu général, qui traite des incidences, l'on n'a pas cherché à prendre en compte les effets que produiront les stratégies d'adaptation, les innovations technologiques ou toute autre mesure destinée à atténuer les conséquences préjudiciables de changements climatiques concomitants. Cette analyse revêt une importance particulière pour les secteurs à fort coefficient de gestion, tels que l'agriculture, l'exploitation de la forêt et la santé publique.

2.0.6 Enfin, le rythme et l'horizon des changements doivent être pris en considération. On sait qu'il y aura décalage entre :

- i) les émissions des gaz à effet de serre et le doublement de leurs concentrations dans l'atmosphère;
- ii) le doublement des concentrations des gaz à effet de serre et les changements climatiques qui en résulteront;
- iii) les changements climatiques et leurs effets physiques et biologiques;
- iv) les effets physiques et biologiques et les conséquences socio-économiques (écologiques, également) qui en résulteront. Plus ces décalages seront faibles, plus les conséquences socio-économiques seront grandes et plus il sera difficile d'y faire face.

2.0.7 Nous n'avons guère de certitudes sur ce point. L'évolution ne sera pas régulière et nous ne sommes pas à l'abri de surprises. La gravité des conséquences des changements climatiques dépendra en grande partie du rythme auquel ils se produiront.

2.0.8 Malgré toutes ces incertitudes, le Groupe de travail II est arrivé à un certain nombre de grandes conclusions qui sont présentées ci-après.

2.1 Agriculture et exploitation de la forêt

2.1.1 On dispose aujourd'hui d'éléments de preuve suffisants pour supposer qu'un changement climatique aurait sur l'agriculture et le bétail des effets importants. Toutefois, les diverses études qui ont été réalisées ne permettent pas d'établir de façon concluante si, en moyenne, la capacité productive globale de l'agriculture augmentera ou diminuera. La modification des conditions météorologiques et de la situation des parasites résultant de l'évolution du climat, de même que les variations de l'ozone en surface liées à la pollution pourraient avoir des incidences régionales négatives qui nécessiteront que l'on innove dans le domaine des techniques et des pratiques agricoles. Certaines régions seraient plus sévèrement touchées et l'on pourrait notamment enregistrer une forte baisse de la production dans celles qui sont aujourd'hui les plus vulnérables et, partant, les moins aptes à s'adapter. Tel serait notamment le cas du Brésil, du Pérou, de la région du Sahel en Afrique, de l'Asie du Sud-Est, de la partie asiatique de l'URSS et de

la Chine. L'allongement de la saison de croissance pourrait accroître les rendements potentiels aux latitudes moyennes et élevées, mais il est peu probable que cet effet positif, qui se limiterait d'ailleurs essentiellement à l'hémisphère Nord, ouvre de vastes perspectives nouvelles pour la production.

2.1.2 La structure du commerce agricole pourrait se modifier par suite d'un recul de la production céréalière dans certaines régions qui comptent aujourd'hui parmi les principales productrices, telles que l'Europe occidentale, le sud des États-Unis, certaines régions d'Amérique du Sud et l'ouest de l'Australie. La production horticole pourrait diminuer aux latitudes moyennes, et la production céréalière augmenter en Europe septentrionale. Des mesures de parade comportant l'adoption de nouveaux cultivars et l'application de pratiques agricoles adaptées aux nouveaux régimes climatiques pourraient atténuer le contrecoup. Tout porte à croire qu'il sera somme toute possible, face aux changements climatiques prévus, de maintenir la production alimentaire mondiale pratiquement au même niveau que si cette évolution n'avait pas eu lieu. On ignore toutefois ce que cela coûterait. Il n'en reste pas moins que cette évolution du climat pourrait aggraver les problèmes liés à une croissance démographique rapide. Une augmentation ou une variation du rayonnement ultraviolet B en surface, consécutive à l'appauvrissement de la couche d'ozone stratosphérique aura des répercussions préjudiciables pour les cultures et le bétail.

2.1.3 Les forêts ont un cycle de renouvellement long et celles que nous connaissons aujourd'hui parviendront à maturité et mourront dans un climat qui leur conviendra de moins en moins. Les conséquences réelles de cette situation dépendront de l'adaptabilité physiologique des arbres et des relations entre les parasites et leurs hôtes et des pertes importantes sont à craindre. La forêt dépérira et les feux de friche feront des dégâts de plus en plus étendus. Les zones climatiques qui régissent la distribution des espèces gagneront en altitude et se déplaceront vers les pôles. Les forêts aménagées exigent une intervention humaine importante : choix de l'emplacement et espacement des jeunes pousses, éclaircies, mesures de protection. Elles fournissent toute une gamme de produits, allant du bois de chauffage aux aliments.

2.1.4 Le degré de dépendance des populations à l'égard des produits forestiers varie d'un pays à l'autre, tout comme leur faculté de faire face aux pertes et d'y résister. Les zones les plus vulnérables seront celles où les espèces sont déjà proches de leurs limites biologiques, du point de vue de la température et de l'humidité, ce qui risque fort d'être le cas des zones semi-arides, par exemple. Une montée des tensions sociales est à prévoir qui pourrait entraîner une agression de l'homme contre la forêt. Cette surexploitation des ressources forestières exigera des investissements accrus, des mesures de protection renforcées et des politiques d'aménagement plus rationnelles.

2.2 Écosystèmes terrestres naturels

2.2.1 L'augmentation globale des concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère et les changements climatiques qui en résulteront pourraient avoir de graves conséquences pour les écosystèmes terrestres naturels. Les variations thermiques et pluviométriques prévues donnent à penser que les zones climatiques pourraient se déplacer de plusieurs centaines de kilomètres vers les pôles au cours des cinquante prochaines années. Flores et faunes réagiraient avec retard, survivant là où elles se trouvent et seraient donc exposées à des régimes climatiques différents, plus ou moins propices, d'où un accroissement de productivité pour certaines espèces et une diminution pour d'autres. On ne doit pas s'attendre à ce que les écosystèmes se déplacent d'un seul bloc, mais plutôt à se qu'ils changent de structure sous l'effet d'une modification de la distribution et de l'abondance des espèces.

2.2.2 La nature et l'ampleur des incidences de l'évolution du climat sur les écosystèmes terrestres naturels dépendront d'abord de la vitesse à laquelle les changements prévus s'opèreront. Comme il est probable que celle-ci sera supérieure au temps de réaction de certaines espèces, les réactions pourront être immédiates ou progressives.

2.2.3 Des contraintes accrues entraînant une réduction de la diversité biologique globale pourraient conduire à la disparition de certaines espèces. Il est probable que la fréquence de divers facteurs perturbateurs - attaques de parasites, incendies, etc. - augmentera dans certaines régions, ce qui aura pour effet d'accentuer les modifications prévues des écosystèmes.

2.2.4 Les effets d'un apport accru de CO₂ et de l'évolution du climat sur les écosystèmes terrestres naturels pourraient se trouver modifiés par d'autres facteurs agissant sur l'environnement, qu'ils soient d'origine naturelle ou anthropique (la pollution de l'air, par exemple).

2.2.5 Les communautés les plus menacées sont celles dont les possibilités d'adaptation sont limitées (communautés préalpines, alpines, polaires, insulaires et côtières, zones de végétation vestigiale, terres patrimoniales et réserves) et celles pour lesquelles les changements climatiques viendront s'ajouter à des contraintes déjà fortes. Les incidences du climat sur les écosystèmes terrestres naturels auront des conséquences socio-économiques importantes, en particulier dans les régions où sociétés et économies sont tributaires de ces écosystèmes. Une altération de ces derniers pourrait modifier sensiblement les ressources (denrées alimentaires, combustibles, médicaments, matériaux de construction) et les revenus. Dans certaines régions, d'importants produits à base de fibre pourraient être affectés.

2.3 Hydrologie et ressources en eau

2.3.1 Des changements climatiques relativement modestes peuvent engendrer dans nombre de régions de

graves problèmes de ressources en eau, en particulier dans les zones arides et semi-arides et dans les régions humides où l'eau est raréfiée sous la pression de la demande ou du fait de la pollution. On a peu de précisions quant à la nature et à l'ampleur des variations hydrométéorologiques d'échelle régionale induites par l'effet de serre. Il semble que de nombreuses régions connaîtront un accroissement des précipitations, de l'humidité du sol et de la rétention des eaux ce qui aura pour effet de modifier la structure de la consommation d'eau, notamment pour l'agriculture et les écosystèmes. Ailleurs au contraire, les approvisionnements diminueront, perspective inquiétante pour des régions comme la zone du Sahel en Afrique, dont la situation est déjà critique. Les conséquences seront lourdes pour l'agriculture, l'emmagasinement et la distribution d'eau, ainsi que pour la production d'énergie hydroélectrique. Dans certaines zones peu étendues, par exemple, une hausse des températures de l'ordre de 1 à 2 °C comme le prévoit le scénario retenu, jointe à une baisse de 10 % des précipitations pourrait réduire l'écoulement annuel de 40 à 70 %. Des régions comme l'Asie du Sud-Est dont le réseau hydrographique n'est pas aménagé sont particulièrement sensibles aux modifications des conditions hydrométéorologiques. D'autres régions, en revanche, l'ouest de l'URSS et des États-Unis par exemple, où l'aménagement des cours d'eau est très important, seront moins sensibles aux effets des modifications hydrométéorologiques prévues dans le scénario retenu pour les émissions de gaz à effet de serre. Les ressources en eau ne seront pas les seules à se modifier. La demande pourra aussi évoluer du fait des mesures de conservation et d'un meilleur rendement de la consommation d'eau des plantes dans un environnement atmosphérique plus riche en CO₂. Le bilan des conséquences socio-économiques doit prendre en compte à la fois l'offre et la demande. Pour l'aménagement hydraulique, il faudra tenir compte des conséquences possibles s'agissant d'ouvrages destinés à durer jusqu'à la fin du siècle prochain. Là où les précipitations augmenteront, il pourra être nécessaire d'accroître la capacité de divers systèmes d'aménagement, les réseaux d'évacuation des eaux de pluie, par exemple. Une modification des risques de sécheresse constitue la plus grave des conséquences potentielles de l'évolution du climat pour l'agriculture, à l'échelon tant régional que mondial.

2.4 Établissements humains, énergie, transports, activités industrielles, santé, qualité de l'air

2.4.1 Les établissements humains les plus vulnérables sont ceux qui sont aujourd'hui les plus exposés aux risques de catastrophes naturelles : inondation des plaines côtières ou fluviales, fortes sécheresses, glissements de terrains, violentes tempêtes de vent et cyclones tropicaux par exemple. Les populations les plus vulnérables sont les populations des pays en développement, les groupes à faibles revenus, les habitants des zones côtières basses et des îles, ceux des herbages dans les régions semi-arides et la

population urbaine pauvre des habitats précaires, des taudis et des bidonvilles, en particulier dans les mégapoles. Dans les pays au littoral bas, comme le Bangladesh, la Chine et l'Égypte, de même que dans les petites nations insulaires, les inondations provoquées par l'élévation du niveau de la mer et par les marées de tempêtes pourraient entraîner d'importants déplacements de population. L'amenuisement des approvisionnements en eau et en aliments joint à une augmentation des problèmes de santé résultant de la propagation d'infections favorisées par la chaleur pourraient avoir des répercussions majeures sur la situation sanitaire, en particulier dans les grandes agglomérations urbaines. Les variations des précipitations et des températures pourraient modifier radicalement le tableau des maladies transmises par les vecteurs et par les virus qui gagneraient des latitudes plus élevées, menaçant de nombreuses populations. Comme cela s'est déjà produit dans le passé, à la suite d'événements comparables, on pourrait alors assister à de vastes migrations, ce qui conduirait au bout de quelques années à l'instabilité sociale et à une dislocation des modes d'habitat dans certaines régions.

2.4.2 On peut s'attendre à ce que le réchauffement global ait une incidence sur l'abondance des ressources en eau et de la biomasse, deux sources majeures d'énergie dans de nombreux pays en développement. Il est aussi probable que les effets de cette élévation thermique varieront d'une région à l'autre et à l'intérieur d'une même région, en ce sens qu'il y aura perte d'eau et de biomasse dans certaines régions et gain dans d'autres. De telles modifications dans des zones qui accusent un déficit en eau risquent de compromettre l'exploitation de ressources indispensables pour l'habitat humain et la production d'énergie. Qui plus est, le changement climatique proprement dit peut aussi avoir des effets, différents selon les régions, sur la distribution d'autres sources d'énergie renouvelables, telles que l'énergie éolienne et solaire. Dans les pays développés, certaines des principales incidences de l'évolution du climat sur le secteur de l'énergie, les transports et les activités industrielles résultera de stratégies que l'on appliquera, par exemple en réglementant l'emploi des combustibles, en taxant les émissions ou en encourageant une plus large utilisation des transports collectifs. Dans les pays en développement, la position concurrentielle de nombreuses entreprises risque de se trouver compromise si l'abondance et le prix de certains facteurs de production - énergie, eau, aliments et fibres - changent du fait de l'évolution du climat.

2.4.3 L'élévation thermique et l'accroissement du rayonnement ultraviolet résultant de l'appauvrissement de la couche d'ozone stratosphérique peuvent affecter la qualité de l'air en provoquant, par exemple, une augmentation de l'ozone en surface dans certaines zones urbaines polluées. Une plus forte intensité du rayonnement ultraviolet B à la surface de la Terre augmenterait les risques de lésions oculaires et cutanées et pourrait désorganiser la chaîne alimentaire marine.

2.5 Océans et zones côtières

2.5.1 Le réchauffement global aura pour effet d'accélérer l'élévation du niveau de la mer et de modifier la circulation océanique et les écosystèmes marins. Les conséquences socio-économiques seront considérables, alors que le niveau de la mer tend déjà à monter et que les ressources des zones côtières sont grevées par la pollution et la surexploitation. Une augmentation de 30 à 50 cm du niveau de la mer (prévue pour 2050) menacerait les îles et les zones côtières basses. Une élévation d'un mètre d'ici l'an 2100 rendrait certains pays insulaires inhabitables, déplacerait des dizaines de millions de personnes, menacerait gravement les zones urbaines basses, inonderait des terres productives, contaminerait les approvisionnements d'eau douce et modifierait le tracé des rivages. Tous ces problèmes se trouveraient aggravés par une plus forte intensité des sécheresses et des perturbations météorologiques. La défense du littoral exigerait des investissements coûteux. L'élévation rapide du niveau de la mer modifierait l'écologie côtière et mettrait en péril de nombreuses pêcheries importantes. La diminution des glaces de mer profiterait certes à la navigation, mais aurait des répercussions très fâcheuses pour les mammifères et oiseaux marins qui vivent sur la banquise.

2.5.2 La structure globale du bilan thermique et de la circulation des océans se modifierait, affectant la capacité d'absorption de chaleur et de CO₂ de l'océan et entraînant un déplacement des zones de remontée d'eau froide associées aux pêcheries. Les effets varieraient d'une zone géographique à l'autre et l'on pourrait assister à une modification des habitats, à une réduction de la diversité biologique et à un déplacement des organismes marins et des zones productives, qui toucheraient notamment d'importantes espèces commercialisées. De telles modifications régionales des pêcheries auraient sans nul doute des répercussions sociales et économiques majeures.

2.6 Manteau nival saisonnier, glaces et pergélisol

2.6.1 L'étendue zonale et le volume de certains éléments de la cryosphère terrestre (manteau nival saisonnier, couches de pergélisol au voisinage de la surface et glaces) diminueraient notablement ce qui, considéré dans un contexte régional, pourrait avoir de graves conséquences pour les écosystèmes et les activités socio-économiques qui leur sont associés. De plus, ces réductions pourraient, dans certaines régions, être plus soudaines que progressives du fait de rétroactions positives liées au réchauffement climatique.

2.6.2 La superficie et la persistance du manteau nival saisonnier devraient diminuer dans la plupart des régions, en particulier aux latitudes moyennes, mais il est possible que certaines régions des latitudes élevées connaissent une augmentation de la couverture neigeuse saisonnière. Ces modifications auront des conséquences régionales à la fois positives et négatives sur les ressources en eau (par suite de

changements dans l'époque de la fonte des neiges et dans le volume du ruissellement nival), sur les transports (routiers, maritimes, aériens et ferroviaires) et sur le secteur des loisirs.

2.6.3 Les effets de la diminution globale du volume des glaciers et des glaces seront altérés dans certaines régions par des chutes de neige plus abondantes pouvant entraîner une accumulation de la glace. Le recul des glaciers aura des répercussions sensibles sur les ressources en eau, à l'échelon local et régional, et, partant, sur les approvisionnements en eau et sur la capacité de production d'énergie hydroélectrique. Ce recul et la fonte progressive des glaces contribueront aussi à faire monter le niveau des mers. Le pergélisol qui occupe aujourd'hui 20 à 25 % du sous-sol de l'hémisphère Nord pourrait se dégrader notablement durant les 40 à 50 prochaines années. Avec l'augmentation prévue de la profondeur du mollisol (couche active soumise aux alternances de gel et de dégel) qui recouvre le pergélisol et le recul de celui-ci vers des latitudes et des altitudes plus élevées, le terrain pourrait devenir plus instable et les risques d'érosion et d'éboulements plus nombreux. Les écosystèmes des sols gelés en permanence pourraient s'en trouver sensiblement altérés et la solidité des ouvrages et des installations construits par la société compromise, ce qui serait lourd de conséquences pour les établissements humains et les possibilités d'aménagement.

3. Stratégies de parade

3.0.1 Les stratégies de parade à adopter face à l'évolution du climat posent d'énormes difficultés aux décideurs. Les éléments d'information et d'analyses dont ils disposent sont insuffisants. Cela tient à plusieurs raisons :

- a) on ignore encore jusqu'à quel point les solutions ou ensembles de solutions qui s'offrent à nous nous permettront réellement de prévenir les changements climatiques potentiels;
- b) le coût réel de ces mesures ou ensembles de mesures, de même que leurs effets sur la croissance et sur l'économie de la société en général, ne nous sont pas encore connus.

3.0.2 Le GIEC recommande d'adopter un programme pour la mise au point et l'application de mesures globales, étendues et modulées afin de résoudre le problème du réchauffement climatique global dans le cadre d'une approche souple et progressive.

- Les changements climatiques dus à l'émission croissante de gaz à effet de serre dans l'atmosphère posent un problème considérable dans la mesure où il faudra peut-être prendre des mesures bien avant que bon nombre des questions particulières qui se posent ou se poseront puissent faire l'objet de recherches plus approfondies.
- L'emploi des CFC est progressivement supprimé pour préserver la couche d'ozone stratosphérique. Cette

mesure permettra en outre de ralentir véritablement la progression du forçage radiatif des gaz à effet de serre dans l'atmosphère. Tout devrait être mis en oeuvre pour trouver des substituts qui ne provoquent pas ou guère un réchauffement par effet de serre ou un appauvrissement de la couche d'ozone au lieu des HCFC et des HFC qui sont aujourd'hui à l'étude.

- Le secteur de l'énergie (production et consommation) constitue à lui seul la cause anthropique principale du forçage radiatif. On estime à 46 % (avec une marge d'incertitude de 38 à 54 %) la part du secteur de l'énergie dans l'accroissement du forçage radiatif résultant d'activités humaines.
- On observe que les émissions dues à la combustion d'énergie fossile représentent 70 à 90 % environ du total des émissions anthropiques de CO₂ dans l'atmosphère, tandis que les 10 à 30 % restants sont dus à l'utilisation humaine des écosystèmes terrestres. Un fort ralentissement des activités de déboisement accompagné d'un accroissement des activités de reboisement contribueraient sensiblement à freiner l'augmentation du taux de concentration de CO₂ dans l'atmosphère, mais ne suffiraient pas à l'arrêter. Cela démontre que si des mesures sont prises dans le domaine forestier, il faudra prendre également d'autres mesures pour limiter ou réduire les émissions de gaz à effet de serre.

3.1 Rôles des pays industrialisés et des pays en développement

- Les pays industrialisés et les pays en développement doivent s'attaquer ensemble au problème de l'évolution du climat et de ses effets négatifs, mais selon des approches différentes. Les pays industrialisés devraient prendre les devants et ce, de deux façons :
 - i) la majeure partie des émissions actuelles leur est imputable et c'est pour eux que les perspectives de changement sont les plus grandes. Ils devraient donc prendre des mesures à l'échelon national pour limiter l'évolution du climat en adaptant leur économie en fonction des futurs accords sur la limitation des émissions;
 - ii) les pays industrialisés doivent aussi collaborer avec les pays en développement dans l'action internationale engagée, mais sans faire obstacle à leur développement; autrement dit, ils doivent leur procurer des ressources financières additionnelles, assurer un transfert de technologie approprié, coopérer étroitement avec eux sur le plan scientifique - programme d'observation, d'analyse et de recherche - et, enfin, les faire bénéficier d'une coopération technique axée sur la prévention et la solution des problèmes liés à l'environnement.

- La notion de développement viable¹ dans les pays industrialisés et dans les pays en développement suppose que la croissance aille de paire avec une protection efficace de l'environnement. Tout programme de développement doit systématiquement tenir compte de l'environnement. Il faut maintenir un juste équilibre entre les objectifs de la croissance économique et ceux qui concernent l'environnement.
- Les émissions des pays en développement sont en augmentation - ce qui est sans doute une nécessité compte tenu des exigences du développement - si bien qu'elles pourraient, à la longue, représenter une part toujours plus importante des émissions globales. Étant donné que les émissions de gaz à effet de serre augmentent avec l'accroissement démographique et la croissance économique, il faut de toute urgence transférer rapidement aux pays en développement, sur une base préférentielle, des technologies qui leur permettent de surveiller et de limiter les changements climatiques ou de s'y adapter, sans entraver leur développement économique. Les pays en développement devraient, dans la limite du possible, prendre des mesures pour adapter leurs économies en conséquence. Étant donné la pauvreté dans laquelle vit leur population, il est normal que ces pays accordent la priorité à la croissance économique. Réduire l'écart qui existe entre le monde industrialisé et les pays en développement permettrait de jeter les fondements d'une véritable association entre tous les pays du monde et aiderait les pays en développement à faire face au problème de l'évolution du climat.

3.2 Mesures

- Les hypothèses de travail retenues par les Groupes de travail I et III donnent un aperçu général de la réglementation des émissions qui pourrait ralentir le réchauffement climatique global en ramenant la hausse des températures de 0,3 °C qui est actuellement prévue à 0,1 °C environ par décennie (voir l'annexe).
- Les incidences que l'évolution du climat pourrait avoir sont suffisamment graves pour que l'on adopte dès maintenant des stratégies de parade qui se justifient dans l'immédiat malgré des grandes incertitudes qui subsistent quant à ce qui se passera réellement. Il faudrait entre autres :
 - supprimer progressivement les émissions de CFC et examiner avec soin si les substituts proposés peuvent entraîner un effet de serre;

¹ Le développement viable est une forme de développement qui répond aux besoins actuels sans compromettre la capacité des générations futures à satisfaire aux leurs et qui n'empiète en aucune façon sur la souveraineté nationale. (Annexe II à la décision 15/2 adoptée par le Conseil d'administration du PNUE à sa quinzième session, Nairobi, mai 1989.)

- améliorer le rendement énergétique et procéder à des économies d'énergie dans la production, la conversion et l'utilisation finale de l'énergie, notamment en encourageant l'application de techniques à haut rendement énergétique, en augmentant le rendement énergétique dans la production de biens de grande série, en revoyant les systèmes de prix et de barèmes douaniers afin de mieux tenir compte des coûts pour l'environnement;
 - adopter des modes d'aménagement forestier et de reboisement viables;
 - recourir à des énergies plus propres et plus efficaces ne dégageant que peu ou pas de gaz à effet de serre;
 - réexaminer les pratiques agricoles.
- Il n'existe pas de solution technique toute prête pour limiter les émissions de gaz à effet de serre. Il faudrait mettre au point des stratégies de parade modulées et souples pour renforcer la recherche technologique ainsi que l'élaboration et l'application de techniques appropriées, et notamment améliorer et réévaluer les techniques existantes. Ces stratégies devraient faire l'objet d'une coopération internationale. Il faut adopter une stratégie globale qui concerne tous les aspects du problème et qui fasse apparaître les coûts et les avantages écologiques, économiques et sociaux.
 - L'accroissement démographique annoncé est important et jouera un rôle majeur dans l'augmentation prévue des émissions de gaz à effet de serre. Aussi sera-t-il indispensable que les stratégies de parade à l'évolution du climat mondial tiennent compte du fait qu'il faut résoudre le problème de la croissance de la population mondiale.
 - Compte tenu de sa situation particulière, chaque pays ou groupe de pays peut envisager de prendre dès maintenant des mesures visant à limiter, à stabiliser ou à réduire les émissions de gaz à effet de serre résultant d'activités humaines ainsi qu'à accroître l'efficacité des puits d'absorption et à en empêcher la destruction. Les pouvoirs publics pourraient, par exemple, envisager de fixer les objectifs quantitatifs pour le CO₂ et d'autres gaz à effet de serre.
 - Le Groupe de travail III du GIEC s'est livré à une première évaluation d'un grand nombre de solutions possibles. Certaines d'entre elles paraissent suffisamment viables, du point de vue économique et social, pour pouvoir être appliquées assez rapidement, alors que d'autres, dont la viabilité technique ou économique est encore incertaine, conviendraient davantage pour le long terme. Le groupe a conclu que, dans l'ensemble, les mesures de parade les plus efficaces, surtout à court terme, seront celles qui :
 - se justifient elles-mêmes car elles auront des effets bénéfiques indépendamment de l'évolution du climat, par exemple : augmenter le rendement de l'énergie et recourir à des technologies produisant moins de gaz à effet de serre; améliorer l'aménagement forestier et mieux exploiter les autres ressources naturelles; réduire les émissions de CFC et d'autres substances qui appauvrissent la couche d'ozone et agissent sur le rayonnement;
 - sont rentables et efficaces sur le plan économique, en particulier si elles font appel aux mécanismes du marché;
 - peuvent servir plusieurs objectifs, tant sur le plan économique et social que du point de vue de l'environnement;
 - se prêtent à une application souple et modulée, et qu'il sera facile de modifier au fur et à mesure que nous approfondirons notre connaissance des aspects scientifiques, techniques et économiques de l'évolution du climat;
 - sont compatibles avec la croissance économique et avec la notion de développement durable;
 - peuvent du point de vue administratif, assurer l'application, le suivi et l'imposition d'une façon viable et efficace;
 - reflètent les obligations et engagements des pays industrialisés comme des pays en développement dans le domaine de l'évolution du climat, tout en prenant en compte les besoins particuliers de ces derniers, notamment du point de vue des ressources financières et du transfert de technologie.
- 3.2.1 La viabilité des différentes solutions possibles variera très largement d'un pays et d'une région à l'autre. Chaque pays devra donc replacer chacune d'entre elles dans le contexte social, environnemental et économique national. Seule une analyse approfondie de toutes les solutions possibles permettra de déterminer celles qui sont le mieux adaptées à la situation particulière d'une région ou d'un pays donné. Dans un premier temps, il faudra surtout s'attacher à revoir les politiques appliquées actuellement, afin de minimiser les risques de conflits avec les objectifs des stratégies de parade à l'évolution du climat. Des changements d'orientations seront nécessaires par la suite.
- Dans une perspective à long terme, il faudrait commencer par définir des critères pour choisir les solutions appropriées qui refléteraient les incidences de l'évolution du climat ainsi que ses coûts et avantages d'une part, et de l'autre, les coûts et les avantages socio-économiques de ces solutions.
 - Il faudrait commencer dès que possible à examiner des mesures pour limiter les conséquences de l'évolution

du climat mondial, notamment en ce qui concerne la prévention des catastrophes, l'aménagement du littoral et la lutte contre la désertification, l'application de bon nombre de ces mesures étant justifiée en elle-même. Les mesures tendant à limiter l'évolution du climat ou à s'y adapter devraient avoir un rapport coût-efficacité aussi élevé que possible, tout en tenant compte des répercussions sociales importantes. Il faudrait envisager l'application des mesures de limitation et d'adaptation dans le cadre d'un programme intégré.

- Il faudrait commencer dès que possible à recenser les zones exposées aux effets d'une élévation du niveau de la mer et mettre au point des plans de gestion détaillés visant à atténuer la sensibilité des populations et celle des aménagements des écosystèmes côtiers dans le contexte général de l'aménagement du littoral.
- Les objectifs en matière d'environnement peuvent être atteints par une réglementation et/ou par des instruments économiques fondés sur les mécanismes de marché. En encourageant une sélection souple des mesures de réduction des émissions, ces instruments tendent à favoriser l'innovation et la mise au point de technologies et de pratiques améliorées pour réduire les émissions et permettent ainsi souvent d'améliorer l'environnement à un coût moindre que les mécanismes réglementaires. Il est toutefois peu probable que les instruments économiques soient applicables dans toutes les circonstances.
- On estime que trois facteurs peuvent faire obstacle au fonctionnement des marchés et/ou à la réalisation des objectifs environnementaux par le mécanisme des marchés. Ce sont :
 - i) les problèmes d'information, qui ont souvent pour effet que les marchés produisent des résultats moins efficaces ou défavorables pour l'environnement;
 - ii) les mesures et institutions existantes, qui peuvent encourager un comportement défavorable pour l'environnement;
 - iii) des objectifs antagonistes en concurrence (sur le plan social, environnemental ou économique).

3.2.2 Une première stratégie de parade pourrait donc être de s'attaquer directement aux problèmes d'information et d'analyser les mesures existantes qui peuvent faire obstacle. Par exemple, avant d'adopter un système de redevances sur les émissions, les pays devraient examiner les subventions et incitations fiscales existantes concernant le secteur énergétique et d'autres secteurs qui produisent des gaz à effet de serre.

- En ce qui concerne les mécanismes institutionnels par lesquels la coopération et l'assistance financières

seraient fournies aux pays en développement, une approche à deux branches a été envisagée :

- i) une branche serait fondée sur les travaux en cours ou prévus dans le cadre des institutions existantes. Les donateurs bilatéraux pourraient intégrer davantage et renforcer les éléments environnementaux de leurs programmes d'assistance et mettre au point des dispositions de cofinancement avec les institutions multilatérales tout en s'assurant que cela ne crée des conditions inopportunes sur le plan de l'environnement;
 - ii) parallèlement à cette branche on a envisagé la possibilité de mécanismes et moyens nouveaux. Certains pays tant en développement qu'industrialisés ont émis l'avis qu'il fallait de nouveaux mécanismes se rattachant directement à une future convention assortie de protocoles sur le climat, par exemple un nouveau fonds international.
- Les gouvernements devraient dès maintenant :
 - mettre en oeuvre des programmes coordonnés de recherche accélérée afin de dissiper les incertitudes qui caractérisent encore les mécanismes scientifiques et les conséquences socio-économiques de l'évolution du climat, ce qui leur permettra de choisir en meilleure connaissance de cause les stratégies et les mesures de parade à appliquer;
 - revoir la planification dans le domaine de l'énergie, de l'industrie, des transports, de l'aménagement des zones urbaines et du littoral, de l'utilisation et de la gestion des ressources;
 - encourager les modifications structurelles et les changements de comportement qui pourraient être bénéfiques (par exemple dans les secteurs des transports et du logement);
 - élargir et développer les systèmes d'observation et de surveillance de l'océan.

3.2.3 Il convient de noter qu'aucune évaluation détaillée n'a encore été faite en ce qui concerne les coûts et les avantages économiques des orientations proposées, ainsi que leur viabilité technique, ou commerciale.

4. Participation des pays en développement

4.0.1 Il est évident que la participation des pays en développement à l'élaboration ultérieure d'une future stratégie et les incidences qui en découleront pour ces pays constituent des éléments essentiels. Le GIEC a tenu compte de ce problème particulier en créant un Comité spécial pour la participation des pays en développement, auquel il a demandé de déterminer les facteurs qui font obstacle à une

pleine participation de ces pays à l'action du GIEC et de recommander autant que possible les mesures à prendre pour y remédier. Le Comité a souligné qu'une pleine participation supposait non seulement une présence physique aux réunions mais aussi l'acquisition sur le plan national des compétences voulues pour traiter tous les problèmes qui se posent tels que l'évaluation des bases scientifiques de l'évolution du climat, les incidences éventuelles sur la société d'une telle évolution et l'évaluation de stratégies de parade susceptibles d'une application pratique sur le plan national ou régional.

4.0.2 Pour ce qui fait obstacle à une pleine participation des pays en développement, le Comité spécial a recensé les facteurs suivants :

- manque d'informations
- communication déficiente
- ressources humaines limitées
- problèmes institutionnels
- ressources financières limitées

4.0.3 Au sujet de certains de ces facteurs, les groupes de travail du GIEC ont élaboré des options en matière de politique qui sont décrites dans leurs rapports respectifs.

- Dans certains cas, les pays en développement auront besoin de ressources financières supplémentaires pour les aider dans les efforts qu'ils déploient vers des activités contribuant à la fois à limiter les émissions de gaz à effet de serre et/ou à s'adapter aux effets défavorables de l'évolution du climat, et à promouvoir dans le même temps le développement économique. Les domaines de coopération pourraient être notamment les suivants :

- utilisation efficace des ressources énergétiques, utilisation de combustibles fossiles émettant moins de gaz à effet de serre ou de sources d'énergies non fossiles, développement dans la mesure du possible de sources d'énergies propres et renouvelables comme la biomasse, l'énergie éolienne, l'énergie des vagues, l'énergie hydroélectrique et l'énergie solaire;
- utilisation rationnelle accrue des produits forestiers, pratiques saines de gestion forestière et techniques agricoles minimisant les effets négatifs sur le climat;
- mesures pouvant faciliter le développement et le transfert de technologies propres et sûres dans des domaines tels que :

- + l'industrie de la construction et l'industrie manufacturière;

- + les transports publics;

- + le secteur industriel;

- mesures renforçant l'aptitude des pays en développement à élaborer des programmes concernant le changement climatique, y compris les activités de recherche et de développement et l'information et l'éducation du public, par exemple :

- + développement des ressources humaines nécessaires pour faire face au problème de l'évolution du climat et à ses effets défavorables;

- + mise au point de programmes d'étude et de formation concernant des sujets et des techniques liés à l'évolution du climat;

- + fourniture de personnel qualifié et du matériel nécessaires pour organiser les programmes éducatifs voulus afin de développer localement les compétences requises pour l'évaluation du changement climatique et pour la lutte contre ses effets défavorables;

- + élaboration de programmes de recherche relatifs au climat, organisés sur une base régionale;

- mesures propres à faciliter la participation des pays en développement aux activités d'instances et d'organisations internationales - Programme international concernant la géosphère et la biosphère; Interactions terre-océan dans la zone côtière; Cycle hydrologique et la biosphère; Incidences de l'évolution à l'échelle globale sur l'agriculture et la société; Programme climatologique mondial; Programme sur l'homme et la biosphère;

- mesures propres à faciliter la participation des pays en développement aux instances internationales s'occupant de l'évolution du climat, telles que le GIEC;

- renforcement des institutions existantes dans les domaines de l'éducation et de la recherche et création de nouvelles institutions à l'échelon national et régional.

- Les mesures d'adaptation exigeraient en outre coopération et assistance et, pour certains pays et régions, les activités d'adaptation pourraient être plus importantes que les activités de limitation.

- Le GIEC formule la conclusion qu'il n'est pas nécessaire d'attendre l'issue de la future négociation d'une convention sur le climat pour donner suite aux recommandations du Comité spécial. Il adresse un appel aux organisations de financement multilatéral et bilatéral pour qu'elles mettent en oeuvre ces recommandations. Il presse en outre les

gouvernements de poursuivre et d'accroître de manière urgente leurs contributions au Fonds d'affectation spéciale du GIEC.

la question facilitera l'adoption et l'application des stratégies de parade qui sembleront nécessaires et appropriées. Il faut donc d'urgence s'efforcer de parvenir à une telle approche.

5. Coopération internationale et activités futures

- L'application de toutes ces mesures exigera une coopération internationale poussée, sans préjudice de la souveraineté nationale des États. La négociation internationale d'une convention cadre devrait commencer aussitôt que possible après la remise du présent rapport conformément à la résolution SS II/3 du Conseil d'administration du PNUE sur l'évolution du climat (août 1990) et à la résolution 8 (EC-XLII) du Conseil exécutif de l'OMM (juin 1990). De nombreux pays, surtout des pays en développement, ont souligné que la négociation doit être menée dans le cadre, de la manière et selon le calendrier que déciderait l'Assemblée générale des Nations Unies.

5.0.1 Cette convention ainsi que tout protocole additionnel qui pourrait être adopté, constitueraient une base solide pour une coopération efficace concernant les émissions de gaz à effet de serre et les mesures d'adaptation à prendre face aux effets négatifs de l'évolution du climat. La convention devrait reconnaître que la question de l'évolution du climat est une préoccupation commune à l'humanité et définir, au minimum, des principes et des engagements généraux. Elle devrait être formulée de façon à recueillir l'adhésion d'un éventail de pays aussi large et aussi équilibré que possible, tout en permettant d'agir en temps voulu.

5.0.2 La négociation devra porter essentiellement sur les points suivants : différents aspects de l'obligation de réglementer les émissions nettes de gaz à effet de serre - critères à observer, échéances à respecter, formes juridiques et incidences; moyens de répartir équitablement les conséquences de cette réglementation; création des mécanismes institutionnels requis, notamment pour la recherche et la surveillance; et, en particulier, moyens de consentir aux pays en développement des ressources financières additionnelles et un transfert de technologie sur une base préférentielle. Le Groupe de travail III a identifié les éléments que pourrait contenir une convention cadre sur l'évolution du climat et les a traités dans le document joint au résumé destiné aux décideurs qu'il a consacré aux mesures juridiques.

- Le GIEC recommande que l'on intensifie les activités de recherche dans le domaine de la science de l'évolution du climat en général, et notamment sur le développement des technologies et les incidences économiques internationales.
- Etant donné que pratiquement chaque secteur de la société subira, directement ou indirectement, le contre-coup de l'évolution du climat, une approche globale de

ANNEXE

Scénarios relatifs aux émissions mis au point par le GIEC

Le GIEC a eu recours à deux méthodes différentes pour élaborer les scénarios relatifs aux émissions futures :

- D'une part, il a employé des modèles globaux pour mettre au point quatre scénarios qui ont ensuite été utilisés par le Groupe de travail I afin d'élaborer des scénarios sur le réchauffement futur. Ces quatre scénarios prennent pour base les mêmes valeurs de la croissance économique mondiale, celles des projections de la Banque mondiale et les mêmes valeurs de la croissance démographique, celles que donnent les études de l'Organisation des Nations Unies. Les figures 1 et 2 indiquent les émissions anthropiques de dioxyde de carbone et de méthane correspondant à ces scénarios.
- La seconde méthode a fait appel aux études portant sur les secteurs de l'énergie et de l'agriculture qui ont été présentées par plus de 21 pays et organisations internationales pour estimer les émissions de CO₂.

Dans les deux cas, les calculs indiquent que les émissions de CO₂ passeront de leur chiffre actuel de 7 Gt C par an à 12-15 Gt C par an d'ici 2025. Le scénario A (scénario de la poursuite des activités) tient compte d'une diminution progressive partielle des CFC au titre du Protocole de Montréal ainsi que de niveaux d'émission de CO₂ et de CH₄ inférieurs à ceux du scénario de référence. Le scénario de référence, construit à partir des études par pays et des

études internationales menées à bien par le Sous-groupes énergie et agriculture, suppose des émissions de CO₂ plus élevées et une suppression progressive des CFC. On constate que les concentrations en équivalent de CO₂ et donc l'incidence sur le climat mondial sont similaires dans les deux cas.

Méthode 1²

Le scénario A (scénario de la poursuite des activités) suppose qu'il ne sera rien fait ou presque pour limiter les émissions de gaz à effet de serre. Il prévoit que la consommation d'énergie et le défrichage de la forêt tropicale se poursuivront, les combustibles fossiles, le charbon en particulier, demeurant la principale source mondiale d'énergie primaire, et que le Protocole de Montréal entrera en vigueur, mais ne sera pas renforcé, ni respecté à 100 %. Selon ce scénario, on arrivera aux alentours de 2025 à une situation équivalant à un doublement de la concentration de CO₂ dans l'atmosphère par rapport au niveau pré-industriel.

Le scénario B (scénario du faible niveau des émissions) suppose que le gaz naturel prendra une place plus grande parmi les combustibles fossiles utilisés dans le secteur énergétique, que l'on améliorera sensiblement les rendements, que le déboisement aura été inversé et que les émissions de CFC seront réduites de 50 % par rapport à leur niveau de 1986. Il en résultera l'équivalent d'un doublement du dioxyde de carbone par rapport au niveau pré-industriel aux alentours de 2040.

Le scénario C (scénario des politiques de réglementation) suppose que l'on se tournera vers les énergies renouvelables et une énergie nucléaire sûre dans la deuxième moitié du

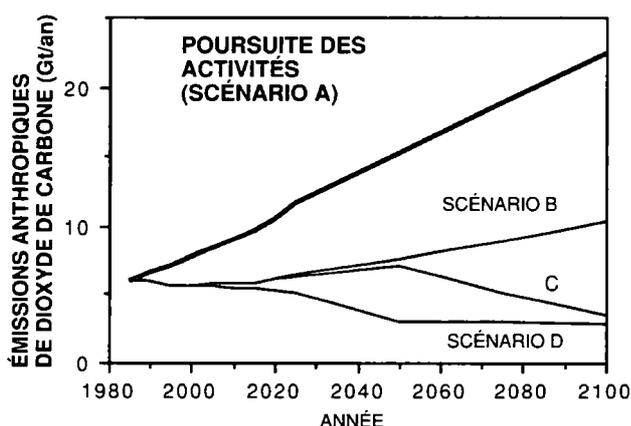


Figure 1 Projections des émissions anthropiques de CO₂ (en milliards de tonnes ou gigatonnes de carbone par an - Gt C/an)

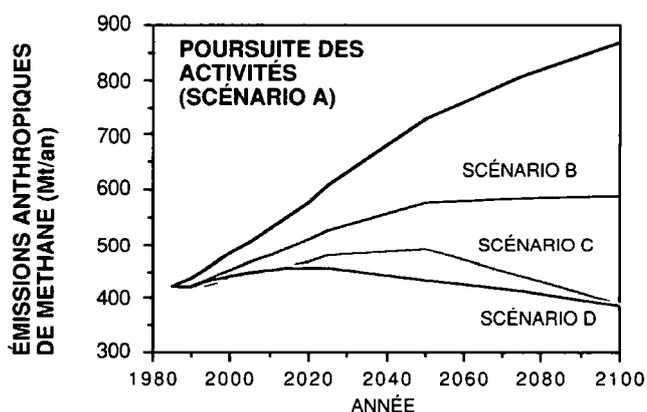


Figure 2 Projections des émissions anthropiques de méthane (en millions de tonnes par an - Mt/an)

² Dans tous les scénarios, on a supposé un certain respect du Protocole de Montréal mais pas de tous les amendements décidés à Londres (juin 1990). Les amendements de Londres au Protocole de Montréal, s'ils étaient appliqués intégralement, entraîneraient une élimination pour ainsi dire totale de la production de CFC totalement halogénés, d'halons, de tétrachlorure de carbone et de méthylchloroforme au début du vingt et unième siècle. Les Parties au Protocole demandent également une élimination ultérieure des HCFC. Les hypothèses de départ des scénarios A et B surestiment donc le forçage radiatif potentiel des CFC et des halons. De plus, l'Organisation des Nations Unies a produit récemment des projections de la population plus élevées que celles qui ont été utilisées dans les scénarios mis au point à partir d'un modèle global (scénarios A à D); si l'on utilisait ces nouvelles projections, le chiffre des émissions future de CO₂ s'en trouverait accru. Par ailleurs, les émissions de CO₂ utilisées pour le scénario de référence sont plus élevées que celles du scénario A (scénario de la poursuite des activités) ce qui tendrait à suggérer que ce dernier scénario pourrait représenter une sous-évaluation.

siècle prochain, que les gaz CFC seront progressivement éliminés et les émissions agricoles (méthane et oxyde nitreux) limitées; l'équivalent d'un doublement de dioxyde de carbone par rapport au niveau pré-industriel se produira aux alentours de 2050.

Le scénario D (scénario de l'accélération des politiques) suppose qu'un passage rapide aux énergies renouvelables et à une énergie nucléaire sûre se produira au début du siècle prochain, que les émissions seront strictement réglementées dans les pays industriels et augmenteront légèrement dans les pays en développement. Ce scénario, qui suppose une réduction des émissions de dioxyde de carbone à 50 % des niveaux de 1985, stabilise la concentration en équivalent de dioxyde de carbone à une valeur double environ du niveau pré-industriel vers la fin du siècle prochain.

Méthode 2 (voir note²) au bas de la page précédente)

Le Sous-groupe énergie et industrie et le Sous-groupe pour l'agriculture et l'exploitation de la forêt relevant du Groupe de travail III ont employé la seconde méthode pour mettre au point le scénario dit de référence. Selon ce scénario, les émissions totales de CO₂, tous secteurs confondus, passeront d'environ 7,0 Gt C/an en 1985 à plus de 15 Gt C/an en 2025. La part de l'énergie passe de quelque 5 Gt C/an à plus de 12 Gt C. La demande d'énergie primaire sera plus que doublée entre 1985 et 2025, avec un taux de croissance moyen de 2,1 %. Les émissions par habitant dans les pays industrialisés passeront de 3,1 tonnes de carbone (tC) en 1985 à 4,7 tC en 2025; dans les pays en développement, elles passeront de 0,4 tC à 0,8 tC dans le même temps.

Résumé

Tous ces scénarios forment un cadre conceptuel pour l'étude de la composition des émissions futures et des interventions globales qui pourraient la modifier. Aucune évaluation détaillée n'a été faite en ce qui concerne les coûts et les avantages économiques des orientations proposées, ou leur viabilité technique et commerciale. En raison de notre incapacité à évaluer les futurs taux de la croissance démographique et économique, les comportements et habitudes, les innovations techniques et d'autres facteurs qui jouent un rôle déterminant dans l'évaluation des taux d'émissions pour le siècle prochain, les prévisions des émissions de gaz à effet de serre sont entachées d'incertitudes. Compte tenu de ces difficultés intrinsèques, les scénarios relatifs aux émissions construits par le GIEC constituent, à l'heure actuelle, les meilleures estimations pour les émissions durant le siècle prochain. Reste qu'il faudra continuer à approfondir les hypothèses avancées et à améliorer les méthodes utilisées pour les estimations afin d'orienter comme il convient l'élaboration des stratégies de parade.

Rapport du Groupe de travail I au GIEC

Évaluation scientifique de l'évolution du climat

Résumé directif

1. *Nous avons la certitude que :*

- Un effet de serre naturel maintient déjà la Terre à une température supérieure à celle qu'elle aurait autrement.
- Les émissions dues aux activités humaines accroissent sensiblement la concentration dans l'atmosphère des gaz à effet de serre : dioxyde de carbone, méthane, chlorofluorocarbones (CFC) et oxyde nitreux. Cette augmentation renforcera l'effet de serre, intensifiant le réchauffement général de la surface terrestre. Le principal gaz à effet de serre, c'est-à-dire la vapeur d'eau, deviendra plus abondante sous l'effet du réchauffement planétaire ce qui accentuera encore ce dernier.

2. *Les calculs nous donnent la conviction que :*

- Certains gaz peuvent plus efficacement que d'autres modifier le climat et que leur efficacité relative peut être évaluée. Le dioxyde de carbone a causé dans le passé plus de la moitié du surcroît d'effet de serre, et il est probable qu'il en sera de même à l'avenir.
- La concentration dans l'atmosphère des gaz à longue durée de vie (dioxyde de carbone, oxyde nitreux et CFC) ne s'équilibre que lentement sous l'effet de modifications des émissions. Si l'émission de ces gaz continuait au rythme actuel nous serions condamnés à voir leur concentration augmenter pendant encore des siècles. Plus sera longue la durée pendant laquelle les émissions continueront à augmenter au rythme actuel, plus il faudra les réduire pour que les concentrations se stabilisent à un niveau donné.
- Il faudrait réduire immédiatement de plus de 60 % les émissions anthropiques des gaz à longue durée de vie pour stabiliser leurs concentrations aux niveaux actuels; dans le cas du méthane, la réduction devrait être de 15 à 20 %.

3. *En nous fondant sur les résultats que donnent les modèles actuels, nous prévoyons ce qui suit :*

- Si les émissions de gaz à effet de serre correspondent à l'hypothèse de la poursuite des activités (scénario A du GIEC), la température globale moyenne augmentera au cours du siècle à venir de 0,3 °C environ par décennie (avec une marge d'incertitude de 0,2 à 0,5 °C par décennie); cette valeur est supérieure à celle que l'on a observée au cours des 10 000

dernières années. Cela aura probablement pour conséquence que la température globale moyenne dépassera de 1 °C environ la valeur actuelle en 2025 et de 3 °C avant la fin du siècle à venir. Cette augmentation ne se fera pas à un rythme régulier en raison de l'incidence d'autres facteurs.

- Dans le cas des autres scénarios du GIEC, supposant une réglementation progressivement plus stricte de ces émissions, le rythme d'augmentation de la température globale moyenne serait de 0,2 °C environ par décennie (scénario B), juste supérieur à 0,1 °C par décennie (scénario C) et de 0,1 °C environ par décennie (scénario D).
- La surface des terres émergées se réchauffera plus rapidement que les océans, et les latitudes septentrionales élevées connaîtraient une augmentation supérieure à la moyenne globale en hiver.
- Le climat régional présentera des modifications qui s'écarteront de la moyenne globale, mais nous n'accordons qu'une confiance limitée aux prévisions détaillées concernant les modifications régionales. Par exemple, les augmentations de température en Europe méridionale et au centre de l'Amérique du Nord devraient dépasser la moyenne globale et s'accompagner dans l'ensemble d'une diminution de l'humidité du sol et des précipitations en été. Les prévisions concernant les tropiques et l'hémisphère Sud sont moins cohérentes.
- Dans le scénario de la poursuite des activités, les émissions de gaz à effet de serre entraîneront une élévation globale moyenne du niveau des mers de 6 cm environ par décennie au cours du siècle à venir (avec une marge d'incertitude de 3 à 10 cm par décennie), due principalement à la dilatation thermique des océans et à la fonte d'une partie des glaces terrestres. L'élévation prévue du niveau global moyen des mers est de 20 cm environ pour l'an 2030, et de 65 cm pour la fin du siècle à venir. Les variations régionales seront considérables.

3.1 Nos prévisions comportent de nombreuses incertitudes, en particulier en ce qui concerne le rythme, l'ampleur et la répartition régionale de l'évolution du climat, du fait de l'insuffisance de nos connaissances concernant :

- les sources et les puits des gaz à effet de serre, ce qui affecte nos prévisions concernant leurs concentrations futures;
- la nébulosité, qui influe fortement sur l'ampleur du changement climatique;

- les océans, qui influent sur l'évolution du climat dans le temps et dans l'espace;
- les glaces polaires qui influent sur les prévisions touchant l'élévation du niveau des mers.

3.2 Ces processus sont déjà partiellement élucidés, et nous sommes convaincus que de nouvelles recherches permettront de réduire les incertitudes. Cependant la complexité du système ne nous permet pas d'exclure des surprises.

4. *Nous estimons que :*

- La température globale moyenne de l'air en surface a augmenté de 0,3 à 0,6 °C au cours des 100 dernières années, les cinq années marquées par la moyenne globale la plus chaude se situant durant les années 80. Pendant la même période, le niveau global des mers s'est élevé de 10 à 20 cm. Ces augmentations ne se sont pas produites de manière régulière dans le temps, ni uniformément à la surface du globe.
- La valeur de ce réchauffement concorde dans l'ensemble avec les prévisions fondées sur les modèles du climat, mais elle est aussi du même ordre de grandeur que la variabilité naturelle du climat. Par conséquent, l'augmentation observée pourrait être due en grande partie à cette variabilité naturelle; d'un autre côté, cette variabilité et d'autres facteurs humains pourraient avoir contrebalancé un réchauffement encore plus considérable dû à un effet de serre anthropique. Il se passera probablement au moins 10 ans avant que des observations nous permettent d'établir de façon certaine qu'il y a eu renforcement de l'effet de serre.
- Il n'est pas prouvé que le climat soit devenu plus variable au cours des quelques dernières décennies. Toutefois, compte tenu de l'augmentation de la température moyenne, les épisodes de haute température seront très probablement plus fréquents à l'avenir, et les épisodes de froid moins fréquents.
- Les écosystèmes influent sur le climat et subiront l'influence de l'évolution du climat et d'une augmentation de la concentration de dioxyde de carbone. Des variations rapides du climat modifieront la composition des écosystèmes; certaines espèces seront favorisées alors que d'autres qui ne seront pas en mesure de migrer ou de s'adapter assez rapidement pourraient disparaître. Une concentration plus élevée du dioxyde de carbone pourrait accroître la productivité et l'efficacité de l'utilisation de l'eau par la végétation. L'incidence du réchauffement sur les processus biologiques, bien que mal connue, pourrait accroître la concentration dans l'atmosphère des gaz à effet de serre naturels.

5. *Pour améliorer notre aptitude à établir des prévisions, il nous faut :*

- mieux comprendre les divers processus liés au climat, en particulier ceux qui concernent les nuages, les océans et le cycle du carbone;
- améliorer l'observation systématique à l'échelle planétaire des variables liées au climat, et continuer à analyser les modifications qui se sont produites dans le passé;
- élaborer des modèles améliorés du système climatique planétaire;
- appuyer davantage les activités de recherche nationales et internationales sur le climat, en particulier dans les pays en développement;
- faciliter les échanges de données climatologiques sur le plan international.

1. Introduction : quel est le problème?

1.0.1 On se préoccupe de savoir si l'être humain, par ses activités, n'est pas, sans le vouloir, en train de modifier le climat sur la Terre en renforçant l'effet de serre par le dioxyde de carbone et d'autres gaz qu'il a émis et qu'il continue à émettre et qui provoqueront une élévation de la température à la surface terrestre, que l'on appelle couramment le «réchauffement global». Si tel est le cas, les modifications qui en résulteront pourront avoir une incidence considérable pour la société.

1.0.2 L'objet du rapport du Groupe de travail I, tel qu'il a été défini lors de la première session du GIEC, est de donner une évaluation scientifique :

- 1) des facteurs qui peuvent régir l'évolution du climat au cours du siècle à venir, en particulier ceux qui sont imputables à l'activité humaine;
- 2) de la manière dont réagit à ces facteurs le système atmosphère-océan-glaces-terres émergées;
- 3) des moyens actuels de modélisation et de prévision de l'évolution du climat, à l'échelle mondiale et régionale;
- 4) des relevés climatologiques passés et des anomalies climatiques actuellement observées.

1.0.3 Sur la base de cette évaluation, le rapport présente l'état actuel de nos connaissances en ce qui concerne la prévision du changement climatique (y compris l'élévation du niveau des mers et les incidences sur les écosystèmes) au cours du siècle à venir, l'évolution de ces changements dans le temps, ainsi qu'une évaluation des incertitudes liées à ces prévisions.

1.0.4 Ce résumé à l'intention des décideurs vise à faire ressortir les éléments du rapport principal qui concernent le plus directement la formulation d'une politique, en répondant aux questions suivantes :

- Quels sont les facteurs qui déterminent le climat global?
- Que sont les gaz à effet de serre, et comment et pourquoi sont-ils en augmentation?
- Quels sont les gaz les plus importants?
- Quelle est l'ampleur du changement climatique prévu?
- Quelle foi accordons-nous à nos prévisions?
- Le climat sera-t-il très différent à l'avenir?
- L'homme a-t-il déjà commencé à modifier le climat terrestre?

- De combien le niveau des mers va-t-il s'élever?
- Quelles seront les incidences sur les écosystèmes?
- Que faut-il faire pour réduire les incertitudes, et combien de temps cela demandera-t-il?

1.0.5 Le présent rapport vise à répondre aux préoccupations pratiques du décideur. Il ne s'agit ni d'une étude de caractère théorique, ni d'un plan en vue d'un nouveau programme de recherche. Des incertitudes entachent presque tous les aspects du problème, et pourtant les décideurs attendent des scientifiques que ceux-ci leur fournissent des indications claires; il a donc été demandé aux auteurs de donner leurs meilleures estimations toutes les fois que cela sera possible, en les accompagnant d'une évaluation des incertitudes.

1.0.6 Le présent rapport résume ce que nous savons en 1990. Les recherches ultérieures approfondiront nos connaissances et exigeront de fréquentes mises à jour du rapport, mais les conclusions de base concernant la réalité du renforcement de l'effet de serre et de son incidence sur l'évolution du climat ne risquent guère d'en être sensiblement modifiées. Néanmoins la complexité du système peut nous réserver des surprises.

2. Quels sont les facteurs qui déterminent le climat global?

2.0.1 Il y a de nombreux facteurs, tant naturels qu'imputables à la société, qui déterminent le climat terrestre. Nous allons d'abord examiner les facteurs naturels et verrons ensuite la part qui peut revenir aux activités humaines.

2.1 Quels facteurs naturels sont importants?

2.1.1 L'énergie qui joue un rôle moteur dans les phénomènes météorologiques et climatiques provient du Soleil. La surface terrestre reçoit le rayonnement solaire (dont celui qui se trouve dans la partie visible du spectre, à courtes longueurs d'onde); un tiers environ de ce rayonnement est réfléchi, le reste étant absorbé par les différentes composantes (atmosphère, océans, glaces, terres émergées et biotes) du système climatique. L'énergie du rayonnement solaire ainsi absorbée est contrebalancée (à long terme) par le rayonnement ascendant de la Terre et de l'atmosphère; ce rayonnement terrestre revêt la forme d'une énergie à grandes longueurs d'onde émise dans l'infrarouge invisible, et sa valeur quantitative est déterminée par la température du système Terre-atmosphère.

2.1.2 Plusieurs facteurs naturels peuvent modifier l'équilibre entre l'énergie absorbée par la Terre et celle qui est émise par cette dernière sous la forme de rayonnement infrarouge à grandes longueurs d'onde; ces facteurs causent

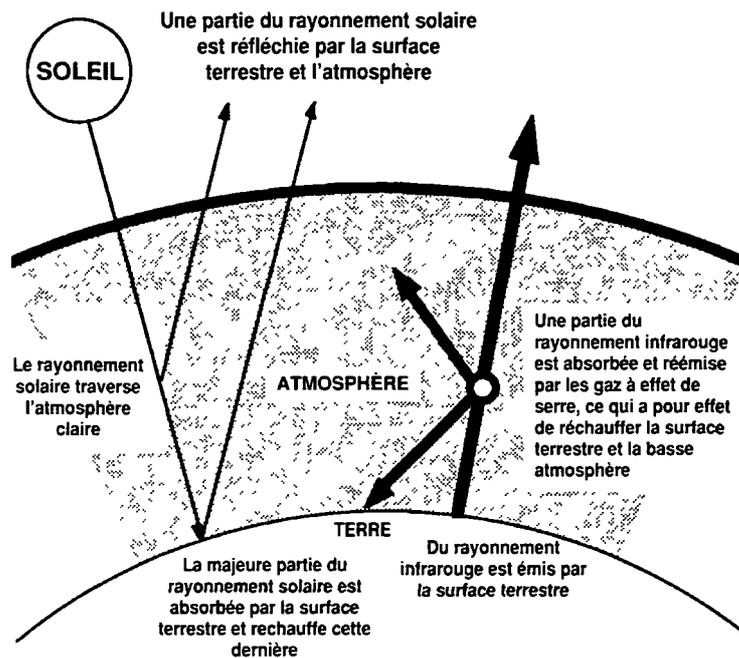


Figure 3 Schéma simplifié illustrant l'effet de serre

le forçage radiatif du climat. Le plus évident de ces facteurs est une variation de l'énergie émise par le Soleil. On a une preuve directe d'une telle variabilité au cours d'un cycle solaire de 11 ans, et des modifications de période plus longue peuvent aussi se produire. Les variations lentes de l'orbite terrestre influent sur la répartition du rayonnement solaire selon la saison et la latitude; elles ont probablement provoqué l'apparition des périodes glaciaires.

2.1.3 L'un des facteurs les plus importants est l'effet de serre (voir la figure 3), que l'on peut en simplifiant expliquer de la manière suivante. Le rayonnement solaire de courtes longueurs d'onde peut traverser une atmosphère claire sans guère rencontrer d'obstacle. En revanche le rayonnement terrestre de grandes longueurs d'onde émis par la surface chaude de la Terre est en partie absorbé puis réémis par un certain nombre de gaz qui se trouvent à l'état de trace dans la partie plus froide des couches supérieures de l'atmosphère. Comme le rayonnement ascendant de grandes longueurs d'onde équilibre grosso modo le rayonnement reçu du Soleil, tant l'atmosphère que la surface terrestre seront plus chaudes qu'elles ne le seraient en l'absence de gaz à effet de serre.

2.1.4 Les principaux gaz à effet de serre naturels ne sont pas les constituants essentiels de l'air, l'azote et l'oxygène, mais la vapeur d'eau (dont la contribution est la plus grande), le dioxyde de carbone, le méthane, l'oxyde nitreux, et l'ozone dans la troposphère (les 10 à 15 km inférieurs de l'atmosphère) et la stratosphère.

2.1.5 Les aérosols (petites particules) contenus dans l'atmosphère peuvent aussi influencer sur le climat en réfléchissant et absorbant le rayonnement. Les perturbations

d'origine naturelle les plus importantes sont celles résultant d'éruptions volcaniques explosives qui modifient les concentrations dans la basse atmosphère. Enfin, le climat présente aussi par lui-même une variabilité naturelle à toutes les échelles de temps et des modifications s'y produisent sans aucune influence extérieure.

2.2 Comment savons-nous que l'effet de serre naturel est une réalité?

2.2.1 L'effet de serre est réel: c'est un effet bien connu qui repose sur des principes scientifiques bien établis. Nous savons que l'effet de serre se manifeste dans la pratique, et ce pour plusieurs raisons.

2.2.2 Premièrement, la température moyenne de la surface terrestre dépasse déjà de 33 °C environ (pour un même coefficient de réflexion de la Terre) celle qui régnerait si les gaz à effet de serre d'origine naturelle n'existaient pas. Les observations par satellite du rayonnement émis par la surface terrestre et traversant l'atmosphère démontrent l'incidence des gaz à effet de serre.

2.2.3 Deuxièmement, nous savons que les atmosphères de Vénus, de la Terre et de Mars ont des compositions très différentes et les températures de surface de ces planètes concordent dans l'ensemble avec ce qu'indique la théorie de l'effet de serre.

2.2.4 Troisièmement, des mesures effectuées sur des carottes de glace remontant à 160 000 ans montrent que la température de la Terre a évolué presque parallèlement à la teneur de l'atmosphère en dioxyde de carbone et en méthane

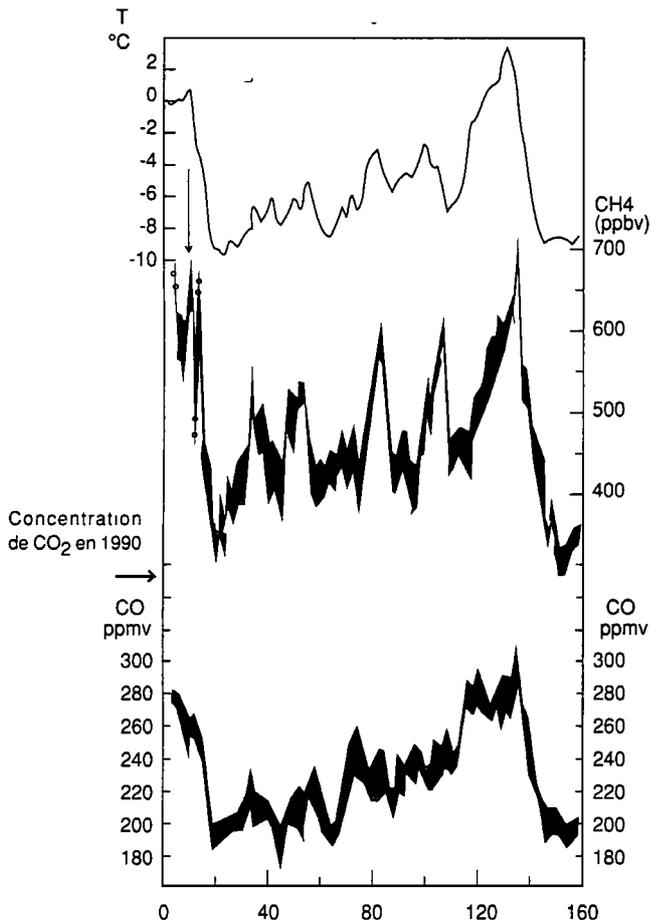


Figure 4 L'analyse de l'air emprisonné dans les carottes de glace de l'Antarctique montre que les concentrations de méthane et de dioxyde de carbone correspondaient étroitement à la température locale au cours des derniers 160 000 ans. Les valeurs actuelles de la concentration en dioxyde de carbone sont indiquées.

(voir la figure 4). Nous ne connaissons pas les causes et effets de manière détaillée, mais les calculs indiquent que les modifications subies par ces gaz à effet de serre ont causé en partie, mais en partie seulement, les grandes variations (5 à 7 °C) de la température du globe entre les époques glaciaires et les périodes interglaciaires.

2.3 Comment les activités humaines peuvent-elles modifier le climat à l'échelle mondiale?

2.3.1 Les gaz à effet de serre d'origine naturelle maintiennent la Terre à une température suffisante pour qu'elle soit habitable. En accroissant leur concentration et en ajoutant de nouveaux gaz à effet de serre tels que les chlorofluorocarbones (CFC), la société peut élever la moyenne globale annuelle de la température moyenne de l'air en surface (que, pour simplifier, nous appelons la «température globale»), bien que nous ne sachions pas exactement à quel rythme se produit ce phénomène. Il s'agit là, à strictement parler, d'un effet de serre renforcé - venant s'ajouter à celui qui est dû à la concentration naturelle des gaz à effet de serre; le mot «renforcé» est habituellement omis, mais il convient de ne pas l'oublier. On prévoit qu'il en résultera d'autres modifications de climat, par exemple

des changements dans les précipitations, et un réchauffement planétaire qui entraînera une élévation du niveau des mers; nous examinerons ces aspects plus en détail par la suite.

2.3.2 D'autres activités humaines peuvent aussi influencer sur le climat. Une modification de l'albédo (coefficient de réflexion) de la surface terrestre, provoquée par la désertification ou le déboisement influe sur la quantité d'énergie solaire absorbée par la surface de la Terre. Des aérosols, formés par le soufre émis principalement lors de l'utilisation de combustibles fossiles, peuvent modifier les nuages et avoir pour effet d'abaisser la température. Enfin, le climat peut aussi être influencé par les changements que les CFC font subir à l'ozone dans la stratosphère.

3. Que sont les gaz à effet de serre et pourquoi sont-ils en augmentation?

3.0.1 Nous avons la certitude que la concentration des gaz à effet de serre dans l'atmosphère s'est modifiée naturellement à l'échelle de temps de la période glaciaire et qu'elle est en augmentation dès l'époque pré-industrielle du fait des activités humaines. Le tableau 1 indique l'abondance des gaz à effet de serre à l'heure actuelle et à l'époque pré-industrielle, son taux de variation actuel et la durée de vie actuelle dans l'atmosphère des gaz à effet de serre influencés par les activités humaines. Le dioxyde de carbone, le méthane et l'oxyde nitreux ont tous trois des sources importantes tant naturelles qu'humaines, tandis que les chlorofluorocarbones ont uniquement une origine industrielle.

3.0.2 Deux importants gaz à effet de serre, la vapeur d'eau et l'ozone, ne figurent pas dans le tableau 1. La vapeur d'eau exerce le plus fort effet de serre, mais sa concentration dans la troposphère est déterminée par des causes internes au système climatique; à l'échelle planétaire, elle n'est pas affectée par les sources et les puits d'origine humaine. La vapeur d'eau augmente sous l'effet du réchauffement global et accentue encore ce dernier; les modèles du climat tiennent compte de ce processus. La concentration de l'ozone subit des variations tant dans la stratosphère que dans la troposphère du fait des émissions anthropiques, mais il est difficile de quantifier ces changements sur la base des observations actuelles.

3.0.3 Pendant les mille années qui ont précédé la révolution industrielle, l'abondance des gaz à effet de serre est demeurée relativement constante. Toutefois, à mesure que la population mondiale augmentait, que le monde s'industrialisait et que l'agriculture se développait, cette abondance a subi une augmentation marquée. La figure 5 illustre ce phénomène dans le cas du dioxyde de carbone, du méthane, de l'oxyde nitreux et du CFC-11.

3.0.4 Depuis la révolution industrielle, l'utilisation de combustibles fossiles et le déboisement ont conduit à une augmentation de 26 % de la concentration de dioxyde de

Tableau 1 Aperçu des principaux gaz à effet de serre affectés par l'activité humaine

	CO ₂	Méthane	CFC-11	CFC-12	N ₂ O
Concentration dans l'atmosphère	ppmv	ppmv	pptv	pptv	ppbv
Époque pré-industrielle (1750-1800)	280	0,8	0	0	288
Époque actuelle (1990)	353	1,72	280	484	310
Taux de variation annuel actuel	1,8 (0,5 %)	0 015 (0,9 %)	9,5 (4 %)	17 (4 %)	0,8 (0,25 %)
Durée de vie dans l'atmosphère (années)	(50-200)†	10	65	130	150

ppmv = Parties par million en volume.

ppbv = Parties par milliard en volume.

pptv = Parties par billion (million de millions) en volume

† La manière dont le CO₂ est absorbé par les océans et la biosphère ne peut se décrire de manière simple et on ne peut l'exprimer par une valeur unique (prière de se reporter au rapport principal pour plus de détails)

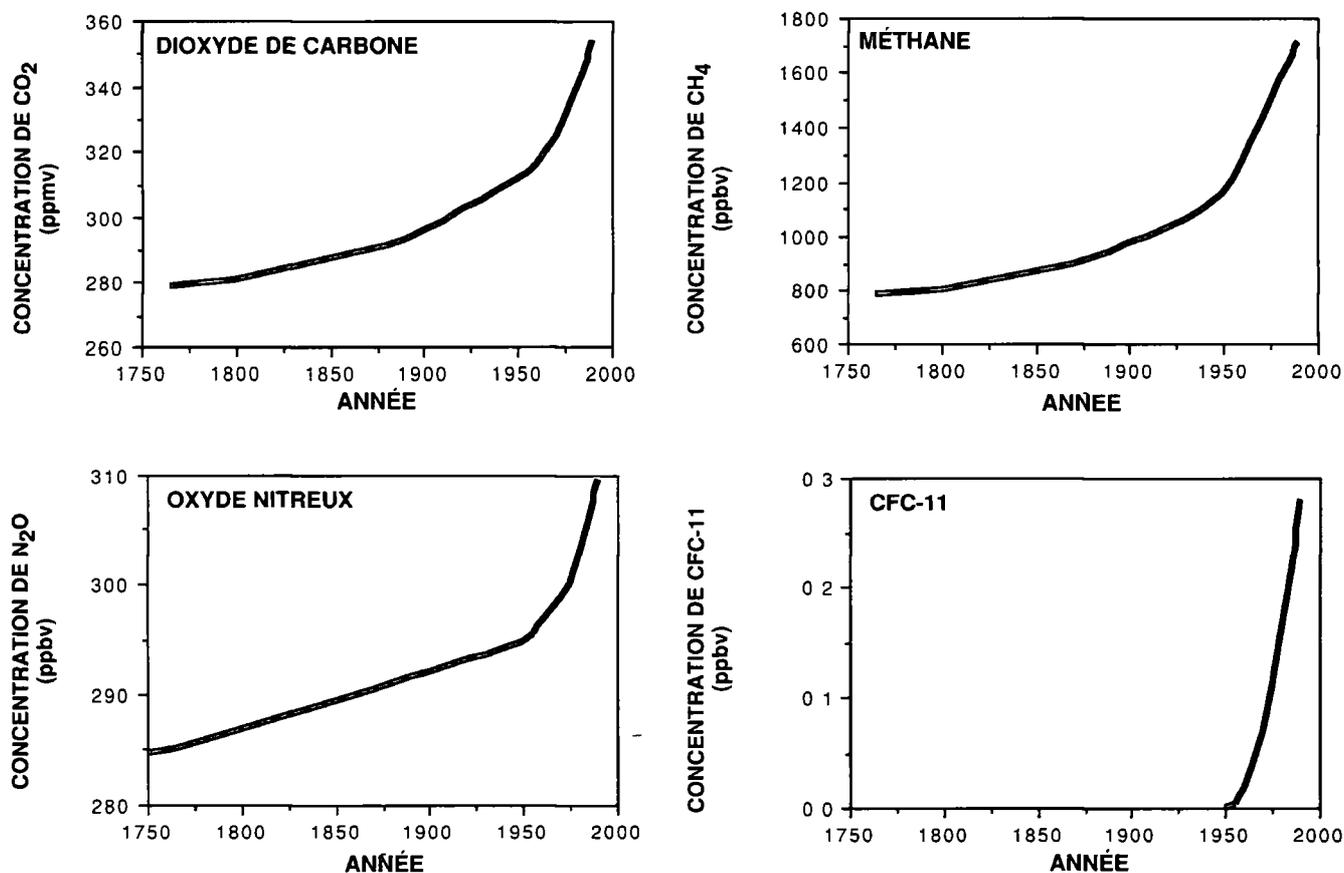


Figure 5 Les concentrations de dioxyde de carbone et de méthane, après être restées relativement constantes jusqu'au dix-huitième siècle, ont ensuite fortement augmenté du fait des activités humaines. La concentration d'oxyde nitreux a augmenté depuis le milieu du dix-huitième siècle, mais surtout au cours des quelques dernières décennies. L'atmosphère ne contenait pas de CFC avant les années 30

x-huit
u du d

carbone dans l'atmosphère. Nous pouvons chiffrer l'apport actuel des combustibles fossiles, mais il n'est pas possible d'estimer avec précision celui du déboisement. En outre, si la moitié environ du dioxyde de carbone émis demeure dans l'atmosphère, nous ne savons guère quelle proportion de la quantité restante est absorbée par les océans ni combien en absorbent les biotes terrestres. Les émissions de chlorofluorocarbones, utilisés comme propulseurs d'aérosol, solvants, réfrigérants et agents moussants, sont également bien connues, l'atmosphère n'en contenait pas avant leur invention dans les années 30.

3.0.5 Les sources de méthane et d'oxyde nitreux sont moins bien connues. La concentration de méthane a plus que doublé du fait de la production de riz, de l'élevage du bétail, de la combustion de la biomasse, de l'extraction du charbon et du dégagement de gaz naturel, en outre, l'utilisation de combustibles fossiles peut aussi y avoir contribué du fait de réactions chimiques intervenant dans l'atmosphère qui réduisent le taux d'élimination du méthane. L'abondance de l'oxyde nitreux a augmenté de 8 % environ depuis l'époque pré-industrielle, sans doute en raison des activités humaines; nous ne pouvons pas en préciser les sources, mais il est probable que l'agriculture joue ici un rôle

3.0.6 L'effet de l'ozone sur le climat se fait surtout sentir dans la haute troposphère et la basse stratosphère. Les calculs faits à l'aide de modèles indiquent que la concentration de l'ozone dans la haute troposphère devrait avoir augmenté du fait des émissions anthropiques d'oxydes d'azote, d'hydrocarbures et de monoxyde de carbone. La teneur en ozone au niveau du sol s'est accrue dans l'hémisphère Nord du fait de ces émissions, mais les observations sont insuffisantes pour confirmer l'augmentation prévue dans la haute troposphère. Faute d'observations appropriées, nous ne pouvons quantifier de manière précise l'effet sur le climat des variations de l'ozone atmosphérique.

3.0.7 Dans la basse stratosphère aux hautes latitudes australes, l'ozone s'est sensiblement raréfié sous l'effet des

CFC et il y a lieu de penser qu'il a subi une diminution à l'échelle mondiale, qui, sans qu'on puisse en expliquer le mécanisme, peut aussi être due aux CFC. Les diminutions ainsi observées devraient avoir pour effet d'abaisser la température de la surface terrestre, compensant ainsi un peu le réchauffement que devraient susciter les autres gaz à effet de serre. Il est possible que la teneur en ozone de la basse stratosphère diminue encore au cours des quelques décennies à venir à mesure que continuera à s'accroître l'abondance de CFC dans l'atmosphère.

3.1 Concentration, durée de vie et stabilisation des gaz

3.1.1 Pour calculer la concentration dans l'atmosphère du dioxyde de carbone qui résultera des émissions imputables à l'homme, nous utilisons des modèles informatiques qui tiennent compte des aspects détaillés des émissions et comprennent des représentations des échanges de dioxyde de carbone entre l'atmosphère, les océans et la biosphère terrestre. Pour les autres gaz à effet de serre, on utilise des modèles qui décrivent les effets des réactions chimiques intervenant dans l'atmosphère.

3.1.2 La durée pendant laquelle les gaz existent dans l'atmosphère est déterminée par leurs sources et leurs puits dans les océans, l'atmosphère et la biosphère. Le dioxyde de carbone, les chlorofluorocarbones et l'oxyde nitreux ne sont que lentement éliminés de l'atmosphère, par conséquent, leur concentration atmosphérique met des décennies, sinon des siècles, pour s'équilibrer complètement après une variation du rythme d'émission. Même si toutes les émissions anthropiques de dioxyde de carbone cessaient en 1990, la moitié environ de l'accroissement de la concentration de dioxyde de carbone due aux activités humaines se manifesterait encore en l'an 2100.

3.1.3 En revanche, certains des gaz que l'on substitue aux CFC et le méthane ont des durées de vie relativement brèves dans l'atmosphère, si bien que leur concentration

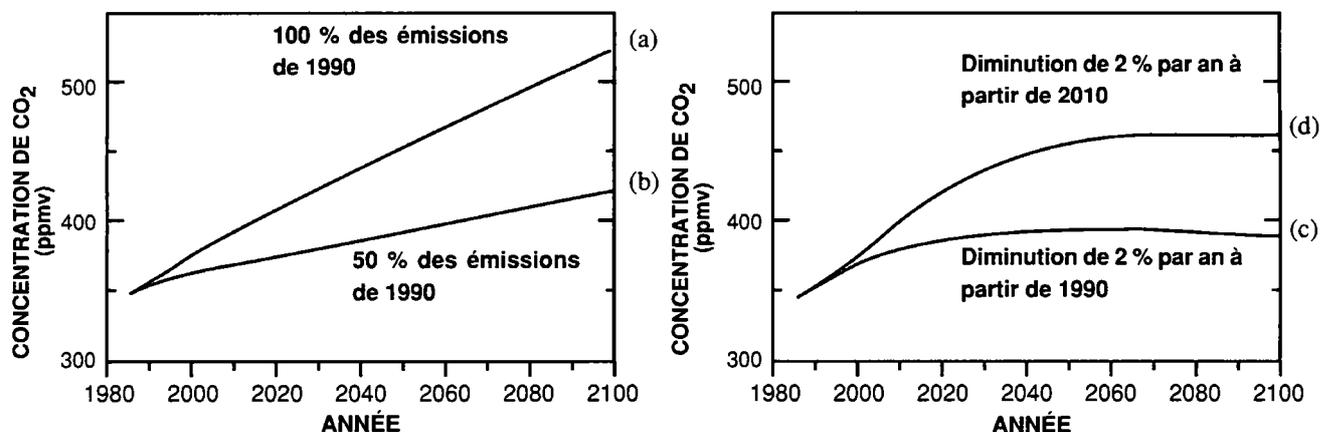


Figure 6 Les graphiques indiquent la relation entre des rythmes d'émission supposés du dioxyde de carbone provenant des combustibles fossiles et sa concentration dans l'atmosphère dans le cas où a) les émissions se poursuivent au niveau de 1990, b) les émissions sont réduites de 50 % en 1990 et continuent à ce niveau, c), les émissions sont réduites de 2 % par an à partir de 1990, d) les émissions, après avoir augmenté de 2 % par an jusqu'en 2010, sont ensuite réduites de 2 % par an

atmosphérique traduit pleinement en l'espace de quelques décennies les modifications que subissent leurs taux d'émission.

3.1.4 Pour bien illustrer la relation entre émission et concentration, nous indiquons à la figure 6 l'effet de modifications supposées des émissions de dioxyde de carbone dues aux combustibles solides : a) poursuite des émissions à l'échelle mondiale au niveau de 1990; b) diminution de moitié des émissions en 1990; c) réduction des émissions de 2 % par an à partir de 1990; et d) augmentation de 2 % par an de 1990 à 2010 suivie d'une diminution de 2 % par an à partir de 2010.

3.1.5 Si les émissions se poursuivent à leur rythme actuel, nous grèveront l'avenir de concentrations accrues, et plus sera longue la durée pendant laquelle les émissions continueront à augmenter, plus il faudra les réduire de manière radicale pour stabiliser les concentrations à un niveau donné. S'il existe des niveaux de concentration critiques à ne pas dépasser, les réductions seront d'autant plus efficaces qu'elles interviendront plus tôt.

3.1.6 On utilise souvent l'expression «*stabilisation atmosphérique*» pour désigner la limitation de la concentration des gaz à effet de serre à un certain niveau. La quantité dont il faut réduire les émissions anthropiques d'un gaz à effet de serre pour stabiliser la concentration à sa valeur actuelle, par exemple, est indiquée au tableau 2. Pour la plupart des gaz, cette réduction devrait être considérable.

Tableau 2 Stabilisation des concentrations dans l'atmosphère

Réductions à imposer aux émissions anthropiques de gaz à effet de serre pour stabiliser leur concentration au niveau actuel

Dioxyde de carbone	>60 %
Méthane	15—20 %
Oxyde nitreux	70—80 %
CFC-11	70—75 %
CFC-12	75—85 %
HCFC-22	40—50 %

Il est à noter que la stabilisation de chacun de ces gaz aurait des incidences différentes sur le climat, comme cela est indiqué dans la section suivante.

3.2 Comment évoluera à l'avenir l'abondance des gaz à effet de serre?

3.2.1 Il nous faut connaître la concentration future des gaz à effet de serre pour pouvoir estimer l'évolution future du climat. Comme nous l'avons déjà vu, cette concentration dépend du volume des émissions imputables à la société et

de la façon dont l'évolution du climat et d'autres conditions liées à l'environnement peut influencer les processus de la biosphère dont dépend l'échange des gaz à effet de serre d'origine naturelle, tels que le dioxyde de carbone et le méthane, entre l'atmosphère, les océans et la biosphère terrestre, c'est-à-dire les «*rétroactions*» sur les gaz à effet de serre.

3.2.2 Le Groupe de travail III a élaboré quatre scénarios concernant les émissions anthropiques futures de gaz à effet de serre. Le premier scénario suppose qu'il ne sera guère pris de mesures pour limiter ces émissions, et on le désigne comme étant celui de la «*poursuite des activités*» (il convient de relever qu'en additionnant les prévisions nationales concernant l'émission de dioxyde de carbone et de méthane jusqu'en l'an 2025 le Groupe de travail III est arrivé à un volume global des émissions supérieur de 10 à 20 % à celui auquel conduit le scénario de la poursuite des activités). Les trois autres scénarios supposent que des réglementations progressivement plus strictes auront pour effet de réduire la croissance des émissions; il s'agit là des scénarios B, C et D. On en trouve une brève description dans l'annexe. La concentration future de certains des gaz à effet de serre qui résulterait des émissions correspondantes est indiquée à la figure 7.

3.3 Rétroaction sur les gaz à effet de serre

3.3.1 Nous examinerons dans les paragraphes qui suivent certaines des rétroactions qui pourraient modifier sensiblement la concentration future des gaz à effet de serre sur une planète qui a subi un réchauffement.

3.3.2 Les émissions nettes de dioxyde de carbone dues aux écosystèmes terrestres augmenteront si une élévation de température intensifie davantage la respiration que la photosynthèse, ou si les populations végétales, en particulier les grandes forêts, ne peuvent s'adapter assez rapidement aux modifications du climat.

3.3.3 Un flux net de dioxyde de carbone vers l'atmosphère pourrait se manifester en particulier si le climat est plus chaud dans les régions boréales et de toundra où existent de vastes réserves de carbone. On aura une situation opposée si une forte abondance de dioxyde de carbone dans l'atmosphère accroît la productivité des écosystèmes naturels, ou s'il y a une augmentation de l'humidité du sol, qui devrait stimuler la croissance des plantes dans les écosystèmes secs et accroître le stockage du carbone dans la tourbe de la toundra. Il reste à quantifier la mesure dans laquelle les écosystèmes peuvent fixer des quantités croissantes de dioxyde de carbone atmosphérique.

3.3.4 Si les océans se réchauffent, leur absorption nette de dioxyde de carbone pourrait diminuer en raison de modifications i) de la chimie du dioxyde de carbone dans l'eau de mer, ii) de l'activité biologique des eaux de surface et iii) du taux d'échange du dioxyde de carbone entre les couches superficielles et les couches profondes de l'océan.

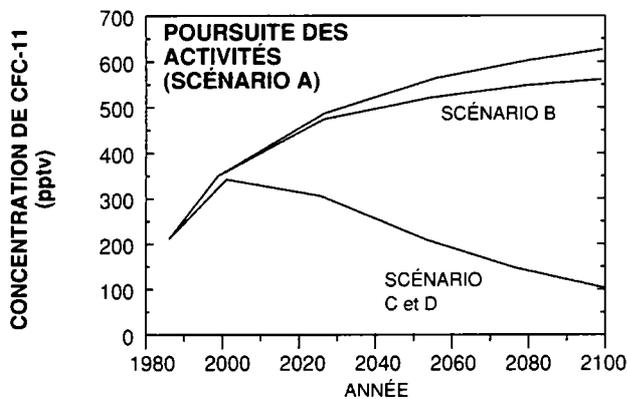
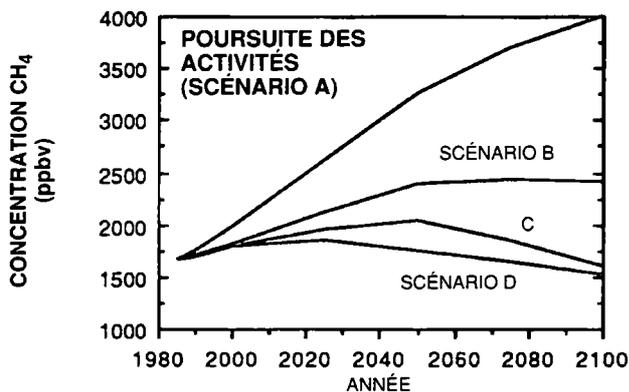
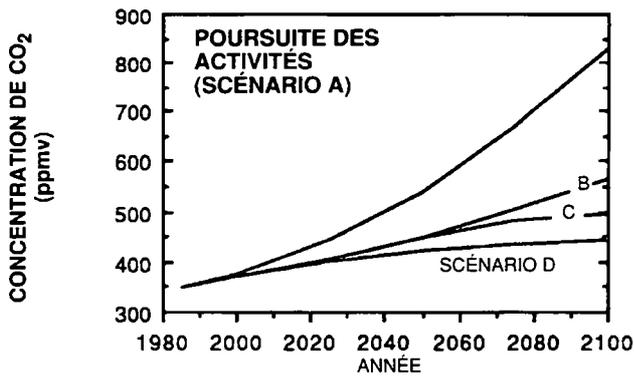


Figure 7 Concentration dans l'atmosphère du dioxyde de carbone, du méthane et du CFC-11 résultant des quatre scénarios relatifs aux émissions envisagées par le GIEC

Ce dernier processus dépend du taux de formation des eaux océaniques profondes, qui, par exemple dans l'Atlantique Nord, pourrait s'abaisser si la salinité diminue du fait d'une modification du climat.

3.3.5 Les émissions de méthane des zones humides naturelles et des rizières sont particulièrement sensibles à la température et à l'humidité du sol. Elles augmentent nettement avec la température et avec l'humidité du sol; en revanche, un abaissement de l'humidité du sol entraînerait une réduction des émissions. L'élévation de la température aux latitudes septentrionales élevées pourrait accroître les émissions de méthane provenant des matières organiques

décomposables emprisonnées dans le pergélisol et des hydrates de méthane.

3.3.6 Comme nous l'avons indiqué plus haut, l'analyse de carottes de glace montre que la concentration de méthane et de dioxyde de carbone a varié dans le même sens que la température entre les périodes glaciaires et interglaciaires.

3.3.7 Bien que bon nombre de ces processus de rétroaction soit mal compris, il semble peu probable qu'ils aient, à tout prendre, pour effet d'accroître plutôt que d'abaisser la concentration des gaz à effet de serre dans le cas d'un réchauffement de la planète.

4. Quels sont les gaz les plus importants?

4.0.1 - Nous avons la certitude qu'une augmentation de la concentration des gaz à effet de serre accroît le forçage radiatif (voir la figure 8). Nous pouvons calculer ce forçage de manière beaucoup plus fiable que la modification du climat qui en résulte parce que nous n'avons pas alors à évaluer un certain nombre de phénomènes atmosphériques mal connus. Cela nous donne une base pour calculer l'effet relatif sur le climat d'une augmentation de la concentration de chacun des gaz contenus dans l'atmosphère telle qu'elle est actuellement, à la fois en valeur absolue et relativement au dioxyde de carbone. Ces effets relatifs s'étendent sur un large intervalle de valeurs; le méthane est environ 21 fois plus efficace, molécule pour molécule, que le dioxyde de carbone, et le CFC-11 a une efficacité 12 000 fois plus forte environ. Sur une base pondérale, les valeurs équivalentes sont de 58 pour le méthane et de 4 000 environ pour le CFC-11, toujours par rapport au dioxyde de carbone. Les valeurs correspondantes pour les autres gaz à effet de serre sont indiquées dans le rapport détaillé.

4.0.2 Le forçage radiatif total à un moment donné est la somme de ceux des divers gaz à effet de serre. La figure ci-dessous montre comment cette grandeur a varié dans le passé (sur la base des observations concernant les gaz à effet de serre) et comment elle pourrait évoluer à l'avenir

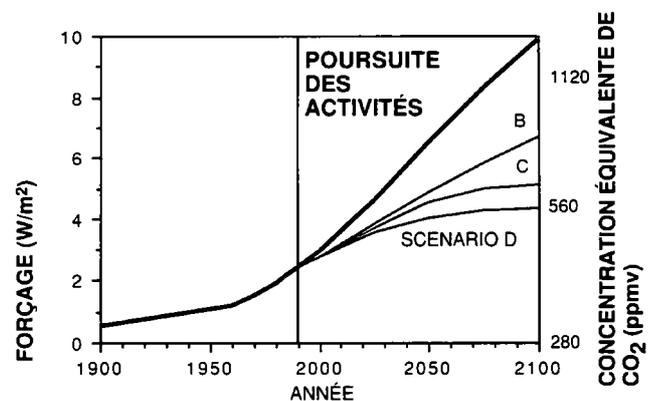


Figure 8 Augmentation du forçage radiatif depuis le milieu du dix-huitième siècle et prévue, selon les quatre scénarios du GIEC concernant les émissions, exprimée aussi en concentration équivalente de dioxyde de carbone.

(selon les quatre scénarios du GIEC concernant les émissions). Pour simplifier, nous pouvons exprimer le forçage total par la quantité de dioxyde de carbone qui produirait le forçage en question; c'est ce que nous appelons la concentration équivalente de dioxyde de carbone. L'abondance des gaz à effet de serre a augmenté depuis l'époque pré-industrielle (milieu du dix-huitième siècle) d'une quantité qui, sur le plan radiatif, équivaut à une augmentation de 50 % environ de l'abondance du dioxyde de carbone, bien que le dioxyde de carbone lui-même n'ait augmenté que de 26 %; les autres gaz sont responsables du reste de l'augmentation.

4.0.3 La contribution des divers gaz à l'augmentation totale du forçage du climat au cours des années 80 est indiquée à la figure 9 sous la forme d'un diagramme à secteurs; le dioxyde de carbone est responsable de la moitié environ de l'augmentation au cours de la décennie (il n'est pas tenu compte de l'ozone, dont l'incidence peut être considérable).

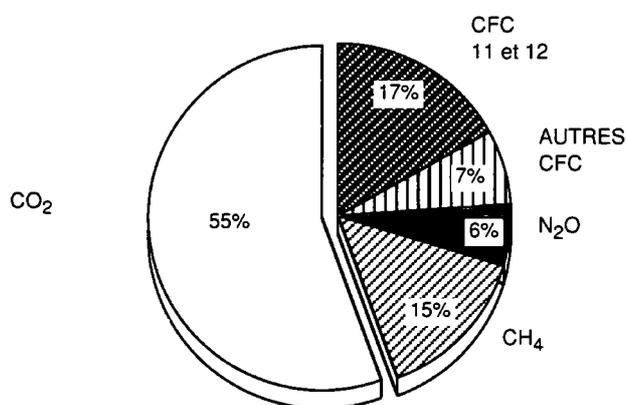


Figure 9 Contribution à l'évolution du forçage radiatif entre 1980 et 1990 de chacun des gaz à effet de serre imputables à l'homme. La contribution de l'ozone pourrait aussi être significative, mais on ne peut la quantifier à l'heure actuelle.

4.1 Comment pouvons-nous évaluer l'incidence de différents gaz à effet de serre?

4.1.1 Pour déterminer la validité de telle ou telle option en matière de politique à suivre, il est utile de connaître l'effet radiatif relatif (et par conséquent l'effet potentiel sur le climat) de l'émission de quantités égales de chacun des gaz à effet de serre. On a élaboré la notion de potentiel de réchauffement global (PRG) pour tenir compte des temps de séjour différents de ces gaz dans l'atmosphère.

4.1.2 Cet indicateur définit l'effet de réchauffement intégré par rapport au temps du dégagement instantané dans l'atmosphère actuelle, d'une masse unitaire (1 kg) d'un gaz à effet de serre donné comparé à celui du dioxyde de carbone. Ces importances relatives se modifieront à l'avenir à mesure que variera la composition de l'atmosphère car, bien que le forçage radiatif augmente en proportion directe de la concentration des CFC, les variations concernant les autres gaz à effet de serre (en particulier le dioxyde de carbone) ont sur le forçage un effet qui est beaucoup moins que proportionnel.

4.1.3 Le tableau 3 donne les PRG pour trois horizons temporels, car il est nécessaire d'envisager les effets cumulatifs sur le climat à diverses échelles de temps. L'horizon le plus lointain convient pour estimer l'effet cumulatif; le plus proche indique l'incidence à court terme de modifications des émissions. L'élaboration et le calcul de la valeur du PRG soulèvent un certain nombre de difficultés pratiques et les valeurs indiquées ici doivent être considérées comme préliminaires. Outre ces effets directs, les émissions anthropiques ont des effets indirects qui résultent des réactions chimiques entre les divers constituants. Ces estimations tiennent compte des effets indirects sur la vapeur d'eau stratosphérique, le dioxyde de carbone et l'ozone troposphérique.

Tableau 3 : Potentiels de réchauffement global

	Effet de réchauffement de l'émission de 1 kg de chacun des gaz comparés à celui du CO ₂		
	Ces valeurs sont les meilleures estimations calculées sur la base de la composition actuelle de l'atmosphère.		
	Horizon temporel		
	20 ans	100 ans	500 ans
Dioxyde de carbone	1	1	1
Méthane (effet indirect y compris)	63	21	9
Oxyde nitreux	270	290	190
CFC-11	4 500	3 500	1 500
CFC-12	7 100	7 300	4 500
HCFC-22	4 100	1 500	510

Les potentiels de réchauffement global de divers CFC et produits de substitution sont indiqués dans le rapport détaillé.

4.1.4 Le tableau montre, par exemple, que l'efficacité avec laquelle le méthane influe sur le climat est plus grande pendant les quelques premières décennies qui suivent le dégagement du gaz, alors que l'émission d'oxyde nitreux qui a une durée de vie plus longue, influe beaucoup plus longtemps sur le climat. Les durées de vie des substances proposées pour remplacer les CFC sont comprises entre 1 et 40 ans; celles d'entre elles qui subsistent le plus longtemps pourraient aussi être d'efficaces agents de modification du climat. Par exemple, le HCFC-22 (durée de vie 15 ans) a un effet comparable (lorsqu'il est émis en quantité égale) à celui du CFC-11 sur une durée de 20 ans; toutefois son effet est moindre sur une durée de 500 ans.

4.1.5 Il ressort du tableau que le dioxyde de carbone est le gaz à effet de serre le moins efficace par kilogramme émis, mais que sa contribution au réchauffement global, qui dépend du produit du PRG par la quantité émise, est la plus forte. Dans le tableau 4 nous indiquons à titre d'exemple l'effet sur une durée de 100 ans d'émissions de gaz à effet de serre au niveau de 1990 par comparaison avec le dioxyde de carbone. Cela illustre la situation; pour comparer le résultat de projections concernant les différentes émissions, il nous faut additionner l'effet des émissions qui se produiront au cours des années à venir.

4.1.6 S'il apparaît nécessaire de réduire les émissions de gaz, d'autres critères techniques peuvent aider le décideur à choisir les gaz à prendre en considération. Le gaz contribue-t-il de manière sensible, dans le présent ou l'avenir, au forçage du climat? A-t-il une longue durée de vie, ce qui signifie qu'une réduction des émissions serait d'autant plus efficace qu'elle est précoce? Ses sources et puits sont-ils assez bien connus pour décider de ce qu'il y a lieu de réglementer dans la pratique? Le tableau 5 donne une illustration de ces facteurs.

5. Quelle est l'ampleur du changement climatique prévu?

5.0.1 Il est relativement facile de déterminer l'effet direct du forçage radiatif accru dû à une abondance plus grande des gaz à effet de serre. Toutefois, à mesure que le climat se réchauffe, divers processus interviennent pour amplifier (par des rétroactions positives) ou réduire (par des rétroactions négatives) le réchauffement. Les principales rétroactions que l'on a indentifiées sont imputables aux modifications affectant la vapeur d'eau, les glaces de mer, la nébulosité et les océans.

5.0.2 Les meilleurs outils dont nous disposons pour prendre en compte les rétroactions précitées (mais non les rétroactions sur les gaz à effet de serre) sont des modèles mathématiques tridimensionnels du système climatique (atmosphère-océan-glaces-terres émergées), connus sous le nom de modèles de la circulation générale. Ils font la synthèse de ce que nous savons des processus physiques et dynamiques qui se déroulent dans l'ensemble du système et tiennent compte des interactions complexes intervenant entre les diverses composantes. Toutefois, au stade actuel de l'élaboration des modèles, la description de bon nombre des processus en cause est assez approximative. Il s'attache de ce fait une incertitude considérable aux prévisions de l'évolution du climat, d'où la gamme de valeurs indiquée. Nous y reviendrons plus en détail ultérieurement.

5.0.3 Les estimations concernant l'évolution du climat qui sont présentées ici reposent sur :

- i) la «meilleure estimation» de la sensibilité du climat d'équilibre (c'est-à-dire la modification de la température à l'équilibre résultant d'un doublement du dioxyde de carbone dans l'atmosphère), reposant sur

Tableau 4 Effet cumulatif relatif sur le climat des émissions anthropiques au niveau de 1990

	PRG (horizon de 100 ans)	Emissions en 1990 (Tg)	Contribution relative sur 100 ans
Dioxyde de carbone	1	26 000†	61 %
Méthane*	21	300	15 %
Oxyde nitreux	290	6	4 %
CFCs	Variés	0,9	11 %
HCFC-22	1 500	0,1	0,5 %
Divers*	Variés		8,5 %

* Ces valeurs comprennent l'effet indirect de ces émissions sur d'autres gaz à effet de serre dû aux réactions chimiques qui se produisent dans l'atmosphère. Ces estimations sont très dépendantes du modèles et doivent être considérées comme préliminaires et sujettes à modification. L'effet estimé de l'ozone est inclus dans la rubrique «Divers». Les gaz entrant dans cette rubrique sont indiqués dans le rapport détaillé.

† 26 000 Tg (téragrammes) de dioxyde de carbone = 7 000 Tg (=7 Gt) de carbone

Tableau 5 Caractéristiques des gaz à effet de serre

GAZ	Contribution importante?	Longue durée de vie?	Source connue?
Dioxyde de carbone	oui	oui	oui
Méthane	oui	non	semi-quantitativement
Oxyde nitreux	pas actuellement	oui	qualitativement
CFC	oui	oui	oui
HCFC, etc	pas actuellement	non dans l'ensemble	oui
Ozone	peut-être	non	qualitativement

des simulations à l'aide de modèles, l'analyse des rétroactions et des considérations fondées sur les observations (voir l'encadré intitulé : «Quels outils utilisons-nous?»)

- ii) un modèle climatique océan-atmosphère «en boîtes de diffusion-advection» qui permet, à partir du forçage imputable à l'effet de serre, de déterminer l'évolution de la température pour une sensibilité donnée du climat (ce modèle simple a été étalonné à l'aide de modèles plus complexes de la circulation générale dans le système couplé atmosphère-océan en l'appliquant à des situations pour lesquelles les modèles plus complexes ont été mis en oeuvre.

5.1 À quelle vitesse le climat global va-t-il évoluer?

a) Si les émissions correspondent au scénario de la poursuite des activités

5.1.1 Selon le scénario du GIEC qui suppose la poursuite des activités (scénario A) en ce qui concerne les émissions de gaz à effet de serre, le taux d'élévation moyen de la température globale moyenne au cours du siècle à venir est

estimé à 0,3 °C environ par décennie (avec une marge d'incertitude de 0,2 à 0,5 °C). Il en résultera une augmentation probable de la température globale moyenne de 1 °C environ par rapport à la valeur actuelle (environ 2 °C de plus qu'à l'époque pré-industrielle) en 2025 et de 3 °C par rapport à cette valeur (environ 4 °C de plus que la valeur pré-industrielle) avant la fin du prochain siècle.

5.1.2 La figure 10 représente l'élévation de température prévue jusqu'en l'an 2100, dans le cas d'une estimation forte, d'une estimation faible et de la meilleure estimation concernant la réaction du climat. Compte tenu des autres facteurs qui influent sur le climat, la température n'augmentera probablement pas selon un rythme régulier.

5.1.3 Les hausses de température indiquées ci-dessus sont des températures réalisées; nous pourrions aussi à un instant donné voir engager une nouvelle élévation de température vers la température d'équilibre (voir l'encadré «Équilibre et changement climatique réalisé»). Par exemple, selon la «meilleure estimation» pour l'année 2030 dans l'hypothèse de la poursuite des activités, on pourrait s'attendre à une hausse supplémentaire de 0,9 °C, dont une fraction de 0,2 °C environ serait réalisée vers 2050 (en plus des modifications imputables à des augmentations

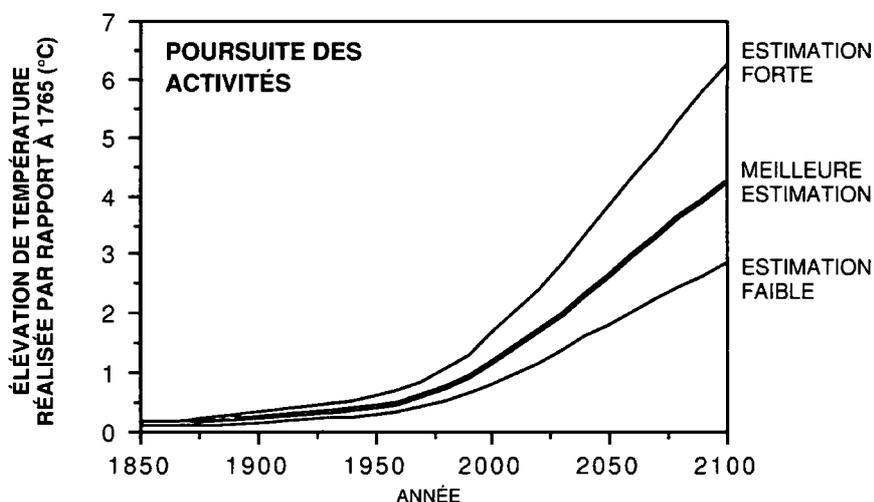


Figure 10 Simulation de la hausse de la température globale moyenne de 1850 à 1990 due aux augmentations observées des gaz à effet de serre et prévision de l'élévation entre 1990 et 2100 des émissions correspondant à la poursuite des activités.

à eff

ultérieures des gaz à effet de serre); le reste ne se manifesterait que des décennies ou des siècles plus tard.

5.1.4 Même si nous pouvions dès à présent stabiliser les émissions de chacun des gaz à effet de serre aux niveaux actuels, il est à prévoir que la température s'élèvera de 0,2 °C environ par décennie au cours des quelques décennies à venir.

5.1.5 Le réchauffement global conduira aussi à un accroissement global moyen des précipitations et de l'évaporation, de l'ordre de quelques points de pourcentage en 2030. On prévoit aussi que les superficies des glaces de mer et du manteau neigeux diminueront.

b) Si les émissions sont soumises à des réglementations

5.1.6 Selon les autres scénarios du GIEC qui supposent une réglementation progressivement plus stricte des émissions de gaz à effet de serre, le taux d'élévation moyen de la température globale moyenne au cours du siècle à venir est estimé à environ 0,2 °C par décennie (scénario B), à un peu plus de 0,1 °C par décennie (scénario C) et à environ 0,1 °C par décennie (scénario D). Ces résultats sont illustrés à la figure 11, et comparés avec le cas de la poursuite des activités. Il n'est donné dans chaque cas que la meilleure estimation de l'élévation de température.

5.1.7 La marge d'incertitude indiquée ci-dessus pour l'élévation de la température globale résulte d'une évaluation subjective des incertitudes inhérentes au calcul de la réaction du climat, mais elle ne tient pas compte des incertitudes relatives au calcul des concentrations à partir des émissions, ni de l'incidence des rétroactions sur les gaz à effet de serre.

5.2 Comment aura évolué la structure du climat en 2030?

5.2.1 Pour déterminer les répercussions de l'évolution du climat, par exemple sur l'agriculture, il n'est pas très utile de connaître la valeur moyenne à l'échelle mondiale du réchauffement ou de la modification subie par les précipitations. Il nous faut pour cela savoir les variations qui sont intervenues sur le plan régional et aux diverses saisons.

5.2.2 Les modèles indiquent que l'air en surface se réchauffera plus vite au-dessus des terres émergées qu'au-dessus des océans et qu'il y aura un minimum de réchauffement autour de l'Antarctique et dans la partie septentrionale de la région de l'Atlantique Nord.

5.2.3 Les modèles à très haute résolution font toujours apparaître certaines modifications à l'échelle continentale, dont nous pouvons expliquer les raisons physiques. Selon ces prévisions, le réchauffement doit être de 50 à 100 % supérieur à la moyenne globale aux latitudes boréales élevées en hiver, et sensiblement inférieur à la moyenne globale en été dans les régions où existent des glaces de mer. Les précipitations devraient en moyenne augmenter en hiver sur les continents situés aux latitudes moyennes et hautes (de quelque 5 à 10 % entre 35 et 55 °N).

5.2.4 Le GIEC a choisi en vue d'une étude particulière (voir la carte p. 84) cinq régions, couvrant chacune quelques millions de kilomètres carrés et représentatives de régimes climatiques différents. L'encadré indique les modifications moyennes de la température, des précipitations et de l'humidité du sol qui devraient être observées en 2030 dans chacune des cinq régions dans le cas du scénario de la poursuite des activités. Des variations considérables pourraient exister à l'intérieur des régions. Ces estimations régionales sont dans l'ensemble peu fiables, surtout en ce qui concerne les précipitations et l'humidité du sol, mais elles

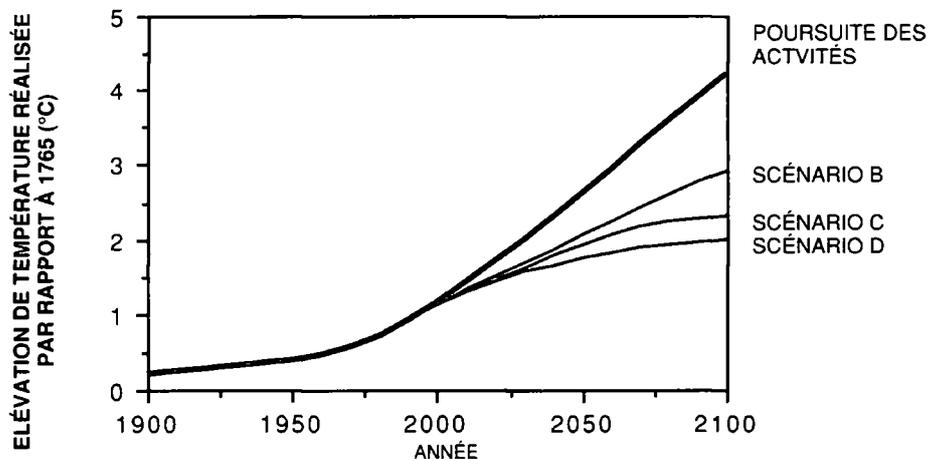


Figure 11 Simulation de l'élévation de la température globale moyenne de 1850 à 1990 due aux augmentations observées des gaz à effet de serre, et prévision de l'élévation entre 1990 et 2100 résultant des émissions supposées selon les scénarios B, C et D du GIEC, comparées au cas de la poursuite des activités.

Quels outils utilisons-nous pour prévoir le climat futur, et comment les utilisons-nous?

L'outil le plus perfectionné dont nous disposons pour prévoir le climat futur est connu sous le nom de modèle de la circulation générale (MCG). Ces modèles reposent sur les lois de la physique et utilisent des descriptions simplifiées du point de vue physique (que l'on appelle paramétrisations) des processus de petite échelle comme ceux qui sont dus aux nuages et au mélange profond dans les océans. Dans un modèle du climat, une composante atmosphérique, qui est quasiment identique à un modèle de prévision du temps, est couplée à un modèle de l'océan, lequel peut être également complexe.

Les prévisions du climat ne sont pas établies de la même manière que des prévisions météorologiques. Un modèle de prévision du temps donne une description de l'état de l'atmosphère pour une période allant jusqu'à dix jours environ, en partant d'une description détaillée de l'état initial de l'atmosphère à un instant donné. Ces prévisions décrivent le mouvement et l'évolution de vastes systèmes météorologiques, mais les modèles ne peuvent représenter des phénomènes qui se produisent à très petite échelle, comme des nuages d'averse particuliers.

Pour établir une prévision climatique, on fait d'abord fonctionner le modèle de climat sur une durée simulée de plusieurs décennies. Les données statistiques fournies par le modèle constituent une description du climat simulé par le modèle, qui, si celui-ci est bon, donnera une bonne représentation du climat réel de l'atmosphère et de l'océan. On répète cet exercice en entrant dans le modèle des concentrations croissantes de gaz à effet de serre. Les différences entre les statistiques fournies par les deux simulations (concernant par exemple la température moyenne et la variabilité interannuelle) donnent une estimation de l'évolution correspondante du climat.

La modification à long terme de la température de l'air en surface consécutive à un doublement du dioxyde de carbone (que l'on appelle la sensibilité climatique) est généralement utilisée comme référence pour comparer les modèles. La gamme des résultats fournis par les études faites à l'aide de modèles va de 1,9 à 5,2 °C. La plupart des résultats sont proches de 4,0 °C mais des études récentes utilisant une représentation plus détaillée mais non nécessairement plus précise des processus relatifs aux nuages donnent des valeurs qui se situent dans la moitié inférieure de cet intervalle. Par conséquent, les résultats que donnent les modèles ne justifient pas que l'on modifie la gamme de valeurs précédemment acceptée, soit 1,5 à 4,5 °C.

Les chercheurs sont peu enclins à désigner dans cet intervalle une valeur qui serait la meilleure estimation, mais il est pourtant nécessaire de choisir une meilleure estimation pour pouvoir présenter des prévisions du climat. Compte tenu des résultats fournis par les modèles ainsi que des données d'observation recueillies au cours des cent dernières années, qui semblent indiquer que la sensibilité climatique se situe dans la moitié inférieure de l'intervalle (voir la section 8) on a choisi la valeur de 2,5 °C comme étant la meilleure estimation de la sensibilité climatique. Le lecteur trouvera plus de détails à ce sujet dans la section 5 du rapport.

Dans la présente évaluation, nous avons aussi utilisé des modèles beaucoup plus simples, qui simulent le comportement des modèles de la circulation générale, pour formuler des prévisions de l'évolution dans le temps de la température globale dans le cas de divers scénarios concernant les émissions. Ces modèles dits de la diffusion en boîtes reposent sur des représentations physiques très simplifiées, mais ils donnent des résultats analogues à ceux des MCG lorsque l'on en fait la moyenne à l'échelle du globe.

Une manière tout à fait différente, et qui pourrait se révéler utile, de prévoir la physionomie future du climat est de rechercher dans le passé des périodes au cours desquelles la température globale moyenne a été semblable à celle que nous prévoyons pour l'avenir, et d'admettre alors que les variations spatiales passées sont analogues à celles qui se produiront à l'avenir. Pour que l'analogie soit valable, il faut aussi que les facteurs de forçage (par exemple, les gaz à effet de serre, les variations de l'orbite terrestre) et d'autres conditions (par exemple, la couverture de glace, la topographie, etc.) soient comparables: des comparaisons directes avec des situations climatiques pour lesquelles ces conditions ne sont pas remplies sont difficiles à interpréter. On n'a pas retrouvé de situations qui présentent une analogie avec les changements climatiques que doivent provoquer les gaz à effet de serre.

Nous ne pouvons donc préconiser le recours aux conditions paléoclimatiques pour prévoir les variations régionales du climat qui résulteront des augmentations futures des gaz à effet de serre. Toutefois, les données paléoclimatiques peuvent aider à mieux comprendre les processus climatiques et à valider les modèles du climat.

constituent des exemples de nos meilleures estimations. Nous ne sommes pas encore en mesure de fournir des prévisions régionales fiables aux petites échelles qu'exigent les évaluations d'incidences.

5.3 Comment varieront les extrêmes climatiques et les phénomènes extrêmes?

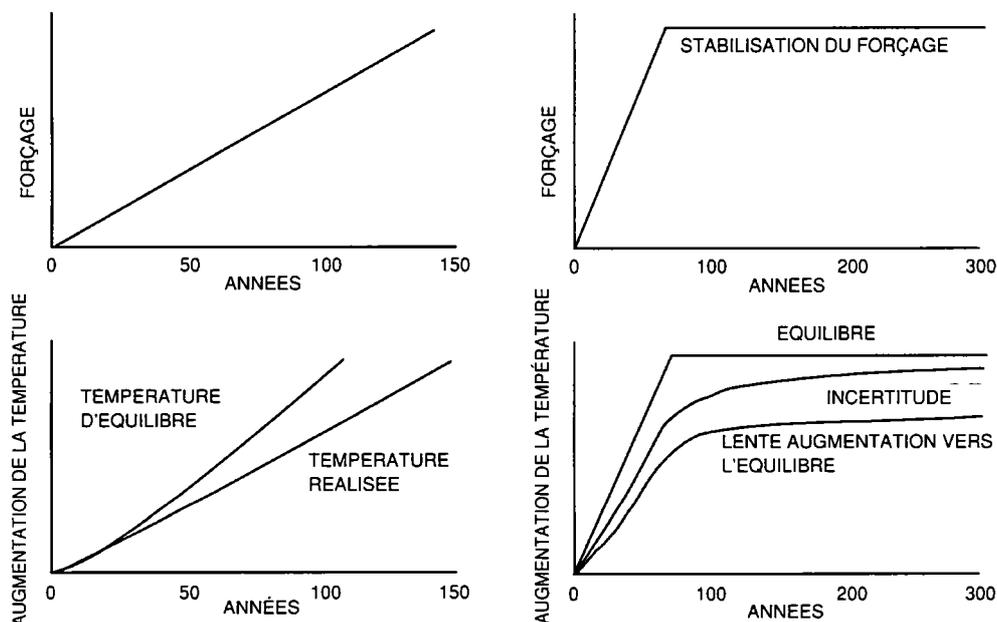
5.3.1 Les modifications de la variabilité des conditions

Équilibre et changement climatique réalisé

Lorsque le forçage radiatif subi par le système Terre-atmosphère est modifié, par exemple du fait d'une concentration accrue de gaz à effet de serre, l'atmosphère cherche à y réagir immédiatement (par un réchauffement). Mais l'atmosphère est étroitement couplée aux océans; de ce fait, pour que l'air soit réchauffé par l'effet de serre, il faut que les océans le soient aussi; en raison de la capacité thermique de ces derniers, ce processus s'étend sur des décennies ou même des siècles. Cet échange thermique entre l'atmosphère et l'océan a pour effet de ralentir l'élévation de température imputable à l'effet de serre.

Supposons que la concentration des gaz à effet de serre dans l'atmosphère, après avoir été constante pendant une certaine période, augmente brusquement jusqu'à atteindre un nouveau niveau auquel elle se maintient; le forçage radiatif s'élèvera alors lui aussi rapidement pour atteindre un nouveau niveau. Cette augmentation du forçage radiatif entraînera un réchauffement de l'atmosphère et des océans et finira par conduire à une nouvelle température stable. Cette élévation de la température d'équilibre devient inéluctable - nous dirons qu'elle est « engagée » - dès que change la concentration des gaz à effet de serre. Mais tant que cet équilibre n'aura pas été atteint, la température effective n'augmentera que d'une partie de la valeur voulue pour atteindre la température d'équilibre, c'est ce qu'on appelle la variation de température réalisée.

Les modèles indiquent que dans le cas actuel d'une augmentation relativement stable du forçage radiatif, l'élévation de température réalisée à un instant donné correspond à 50 % environ de l'élévation de température engagée si la sensibilité climatique (la réaction à un doublement du dioxyde de carbone) est de 4,5 °C, et à 80 % environ si la sensibilité climatique est de 1,5 °C. Si le forçage était alors maintenu à une valeur constante, la température continuerait à s'élever lentement, mais nous ne savons pas s'il lui faudra des décennies ou des siècles pour arriver au voisinage de la température d'équilibre.



météorologiques et de la fréquence des conditions extrêmes exerceront généralement plus d'influence que l'évolution du climat moyen en un lieu donné. À l'exception peut-être d'une augmentation du nombre d'averses intenses, il n'y a pas d'indication nette que la variabilité des conditions météorologiques se modifie à l'avenir. En ce qui concerne la température, en admettant que la variabilité sera inchangée mais qu'il y aura une modeste augmentation de la valeur moyenne, on observera un accroissement considérable du nombre de jours où la température dépasse une valeur donnée à l'extrémité supérieure de la distribution. Selon les mêmes hypothèses, il y aura une diminution du

nombre de jours où la température se situe à l'extrémité inférieure de la distribution. Il peut donc y avoir une modification sensible du nombre des journées très chaudes ou des nuits très froides sans que la variabilité du climat en soit modifiée. Le nombre de jours où l'humidité du sol atteint au moins une valeur-seuil (nécessaire pour assurer la viabilité d'une culture donnée, par exemple) serait encore plus sensible aux modifications de la valeur moyenne des précipitations et de l'évaporation.

5.3.2 Si les systèmes météorologiques de grande échelle, par exemple les trajectoires de dépressions ou

Estimations des changements en 2030

(Scénario du maintien du statu quo du GIEC; modifications par rapport à la période pré-industrielle)

Les valeurs indiquées ci-dessous reposent sur des modèles à haute résolution, ajustées de manière à concorder avec notre meilleure estimation du réchauffement global moyen, soit 1,8 °C en 2030. Pour obtenir des valeurs qui concordent avec les autres estimations de l'élévation de la température globale, il y aurait lieu de réduire de 30 % les valeurs ci-dessous dans le cas de l'estimation faible et de les augmenter de 50 % dans le cas de l'estimation forte. Les estimations relatives aux précipitations sont également ajustées de manière analogue.

La fiabilité de ces estimations régionales est faible.

Centre de l'Amérique du Nord (35 °-50 °N 85 °-105 °W)

Le réchauffement est compris entre 2 et 4 °C en hiver et 2 et 3 °C en été. Les précipitations augmentent de 0 à 15 % en hiver et baissent de 5 à 10 % en été. L'humidité du sol baisse en été de 15 à 20 %.

Asie méridionale (5 °-30 °N 70 °-105 °E)

Le réchauffement est compris entre 1 et 2 °C tout au long de l'année. Les précipitations ne changent guère en hiver et s'accroissent en général de 5 à 15 % en été dans l'ensemble de la région. L'humidité du sol augmente de 5 à 10 % en été.

Sahel (10 °-20 °N 20 °W-40 °E)

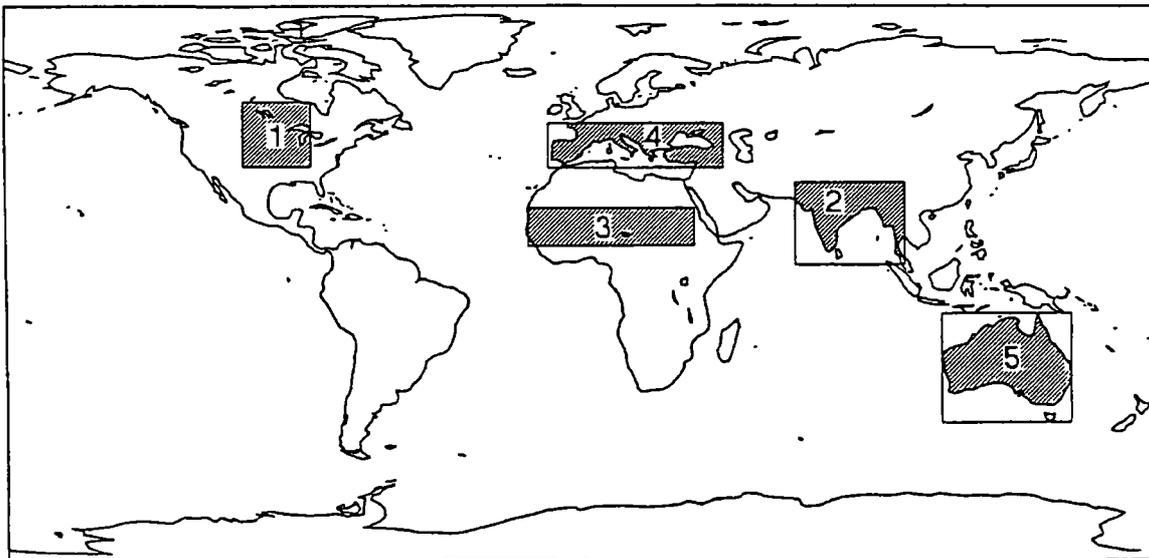
Le réchauffement est de 1 à 3 °C. La moyenne régionale des précipitations augmente et la moyenne régionale de l'humidité du sol diminue marginalement en été. Il y a toutefois dans l'ensemble de la région des zones tant d'augmentation que de diminution de chacun de ces paramètres.

Europe méridionale (35 °-50 °N 10 °W-45 °E)

Le réchauffement est de 2 °C environ en hiver et de 2 à 3 °C en été. Il est possible que les précipitations augmentent en hiver, mais diminuent de 5 à 15 % en été; l'humidité du sol diminue en été de 15 à 25 %.

Australie (12 °-45 °S 110 °-155 °E)

Le réchauffement est compris entre 1 et 2 °C en été et est de l'ordre de 2 °C en hiver. Les précipitations augmentent de 10 % environ en été, mais les modèles ne fournissent pas d'estimations cohérentes concernant l'évolution de l'humidité du sol. Les moyennes régionales masquent de fortes variations à l'intérieur du sous-continent.



Carte montrant la localisation et l'étendue des cinq régions choisies par le GIEC

d'anticyclones, se déplacent, la variabilité et les extrêmes météorologiques en un lieu donné s'en trouveraient affectés et les répercussions pourraient être considérables. Toutefois, nous ne savons pas si un tel phénomène se produira, ni comment il se traduira.

5.4 Les tempêtes vont-elles augmenter sur une planète réchauffée?

5.4.1 Les tempêtes peuvent avoir des répercussions considérables pour la société. Leur fréquence, leur intensité ou leur localisation vont-elles augmenter sur un globe réchauffé?

5.4.2 Les tempêtes tropicales, telles que les typhons et les ouragans, ne se forment actuellement qu'au-dessus des mers dont la température dépasse environ 26 °C. La superficie maritime dont la température est supérieure à cette valeur critique doit augmenter à mesure que la Terre se réchauffera, mais il est possible que sur un globe plus chaud la température critique augmente elle aussi. On prévoit que l'intensité théorique maximale des tempêtes tropicales augmentera avec la température, mais les modèles de climat ne donnent pas d'indication cohérente sur le point de savoir si ces tempêtes augmenteront ou diminueront en fréquence ou en intensité avec l'évolution du climat; il n'est pas établi non plus que cela se soit produit au cours des quelques décennies écoulées.

5.4.3 Les tempêtes aux latitudes moyennes, comme celles qui traversent l'Atlantique Nord et le Pacifique Nord, résultent de l'écart de température entre l'équateur et le pôle. Comme cet écart s'affaiblira probablement avec le réchauffement (du moins dans l'hémisphère Nord), on pourrait avancer l'idée que les tempêtes aux latitudes moyennes seront également plus faibles ou suivront une autre trajectoire; d'autre part, les simulations sur modèle laissent présager une réduction générale de la variabilité au jour le jour de la trajectoire des tempêtes aux latitudes moyennes en hiver, encore que l'allure des changements à cet égard varie d'un modèle à l'autre. Les modèles actuels ne résolvent pas les perturbations de petite échelle et il sera donc impossible d'évaluer l'évolution de la propension aux tempêtes avant que soient disponibles dans quelques années des modèles à plus haute résolution.

5.5 Évolution du climat à plus long terme

5.5.1 Les calculs mentionnés plus haut concernaient principalement la période allant jusqu'à l'an 2100; il est évidemment plus difficile de faire des calculs qui concernent des années plus lointaines. Toutefois, si des incertitudes considérables ne nous permettent guère de dire quand interviendra une augmentation prévue de la température globale, nous pouvons affirmer avec plus de certitude que cette augmentation finira par se produire. En outre, certains calculs effectués sur modèle et portant sur plus de 100 ans semblent indiquer que, si l'augmentation du forçage climatique par les gaz à effet de serre se poursuit, on pourrait observer des modifications significatives de la circulation

océanique, y compris une diminution de la formation d'eau profonde dans l'Atlantique Nord.

5.6 Autres facteurs pouvant influencer le climat futur

5.6.1 Les variations du flux d'énergie solaire pourraient aussi influencer le climat. À l'échelle décennale, la variabilité solaire et les modifications de la concentration des gaz à effet de serre pourraient entraîner des modifications d'ampleur comparable. Toutefois l'intensité du Soleil varie en plus et en moins, si bien qu'à long terme l'augmentation des gaz à effet de serre devrait jouer un rôle plus important. Les aérosols résultant d'éruptions volcaniques peuvent entraîner un refroidissement en surface qui pourra contrebalancer le réchauffement dû à l'effet de serre pendant plusieurs années suivant une éruption. Mais, là aussi, le réchauffement dû à l'effet de serre devrait probablement prédominer sur la longue période.

5.6.2 L'activité humaine conduit à une augmentation des aérosols dans la basse atmosphère, imputable surtout à des émissions de soufre. Il en résulte deux effets, qui sont l'un et l'autre difficiles à quantifier mais pourraient jouer un rôle considérable sur le plan régional. Le premier est l'effet direct des aérosols sur le rayonnement, qui est diffusé et absorbé par l'atmosphère. Le deuxième est un effet indirect : les aérosols influent sur la microphysique des nuages, dont le coefficient de réflexion se trouve accru. Ces deux effets pourraient provoquer un refroidissement significatif sur le plan régional; on peut prévoir qu'une diminution des émissions de soufre entraînera une augmentation de la température globale.

5.6.3 En raison des couplages de longue période entre différentes composantes du système climatique, par exemple entre l'océan et l'atmosphère, le climat terrestre continuerait à varier même s'il n'était pas perturbé par des influences extérieures. Cette variabilité naturelle pourrait avoir pour effet d'accroître, ou de diminuer, tout réchauffement imputable à l'homme; à l'échelle séculaire, son incidence serait moindre que les modifications que l'on peut attendre d'une augmentation des gaz à effet de serre.

6. Quelle foi accordons-nous à nos prévisions?

6.0.1 Les incertitudes qui s'attachent aux prévisions climatiques indiquées ci-dessus tiennent à notre connaissance imparfaite :

- du rythme futur des émissions imputables aux activités humaines;
- de l'incidence de ces dernières sur la concentration dans l'atmosphère des gaz à effet de serre;
- de l'effet sur le climat des variations de cette concentration.

Fiabilité des prévisions fondées sur des modèles du climat

Dans quelle mesure pouvons-nous affirmer que l'évolution du climat imputable à une augmentation des gaz à effet de serre ressemblera tant soit peu aux prévisions fondées sur les modèles? Nous pouvons comparer les prévisions météorologiques au temps qu'il aura fait effectivement le lendemain, et évaluer ainsi leur validité, mais nous ne pouvons en faire autant pour les prévisions concernant le climat. Toutefois, plusieurs indicateurs nous permettent, dans une certaine mesure, d'ajouter foi aux prévisions fondées sur les modèles du climat.

Lorsque l'on introduit dans les modèles atmosphériques les plus récents les valeurs actuelles de la concentration dans l'atmosphère des gaz à effet de serre et des conditions limites observées, la simulation que l'on obtient du climat actuel est généralement réaliste à grande échelle, et fait apparaître des caractéristiques principales telles que les zones tropicales humides de convergence et les ceintures de dépression aux latitudes moyennes, ainsi que les contrastes entre les circulations d'été et d'hiver. Les modèles simulent aussi la variabilité observée; par exemple, les grandes variations de pression d'un jour à l'autre dans les zones de dépression aux latitudes moyennes et les maximums de la variabilité interannuelle responsables du caractère très différent d'un hiver par rapport à un autre sont également représentés. Cependant, à l'échelle régionale (2 000 km ou moins), tous les modèles comportent des erreurs significatives.

La validité d'ensemble est accrue par le fait que les modèles de l'atmosphère représentent en général de façon satisfaisante les aspects de la variabilité de l'atmosphère, par exemple ceux qui sont liés aux variations de la température à la surface de la mer. On a assez bien réussi à simuler la circulation générale des océans, y compris le cheminement (mais non pas toujours l'intensité) des principaux courants, et la distribution des traceurs introduits dans l'océan.

On a couplé des modèles de l'atmosphère avec des modèles simples de l'océan pour prévoir la situation d'équilibre qui résulterait de l'incidence des gaz à effet de serre, en supposant que les erreurs inhérentes aux modèles sont les mêmes dans le cas d'un climat modifié. L'aptitude de ces modèles à simuler des aspects importants du climat lors de la dernière époque glaciaire permet d'ajouter foi à leur utilité. On a aussi couplé des modèles de l'atmosphère à des modèles de l'océan à couches multiples (donnant des modèles de la circulation générale pour le couple océan-atmosphère) en vue de prévoir l'incidence progressive d'une augmentation des gaz à effet de serre. Bien que les modèles élaborés jusqu'ici aient une résolution relativement grossière, ils permettent de simuler de manière assez valable les structures à grande échelle de l'océan et de l'atmosphère. Toutefois, le couplage de modèles de l'océan et de l'atmosphère fait apparaître une forte sensibilité aux erreurs à petite échelle, d'où une dérive par rapport au climat observé. Au stade actuel, il faut éliminer ces erreurs en apportant des corrections à l'échange de chaleur entre l'océan et l'atmosphère. On observe des similitudes entre les résultats fournis par les modèles couplés utilisant des représentations simples de l'océan et ceux qui font appel à des descriptions plus perfectionnées, et ce que nous savons au sujet des différences qui se produisent nous permet d'être assez confiants dans les résultats.

6.0.2 Premièrement, il est évident que la mesure dans laquelle le climat se modifiera dépend du rythme auquel sont émis les gaz à effet de serre (et d'autres gaz qui affectent leur concentration). Ce facteur à son tour dépendra de divers facteurs économiques et sociologiques de caractère complexe. Les scénarios relatifs aux émissions futures ont été élaborés dans le cadre du Groupe de travail III du GIEC et sont décrits dans l'annexe.

6.0.3 Deuxièmement, comme nous ne connaissons pas entièrement les sources et les puits des gaz à effet de serre, nos calculs des concentrations futures résultant d'un scénario donné en matière d'émissions comportent des incertitudes. Nous avons utilisé un certain nombre de modèles pour calculer les concentrations et choisi une meilleure estimation pour chaque gaz. Dans le cas du dioxyde de carbone, par exemple, l'augmentation de la concentration entre 1990 et 2070 dans le scénario des émissions correspondant à la poursuite des activités varie presque du simple au double selon que l'on prend la valeur la plus forte ou la plus faible

fournie par le modèle (correspondant à une variation de 50 % environ du forçage radiatif).

6.0.4 En outre, les sources et puits naturels des gaz à effet de serre, du fait qu'ils sont sensibles à un changement du climat, peuvent provoquer une modification considérable des concentrations (voir plus haut la section intitulée «Rétroactions sur les gaz à effet de serre»). Il apparaît que, à mesure que le climat se réchauffe, ces rétroactions entraîneront, dans l'ensemble, une augmentation, plutôt qu'une diminution, de l'abondance des gaz à effet de serre naturels. Il est donc probable que le changement climatique sera plus grand que ce qu'indiquent nos estimations.

6.0.5 Troisièmement, les modèles du climat ne valent pas plus que la connaissance que nous avons des processus que ces modèles décrivent, et cette connaissance est loin d'être parfaite. L'éventail des valeurs que contiennent nos prévisions concernant le climat traduit les incertitudes dues aux déficiences des modèles; la plus grande d'entre elles

concerne la rétroaction sur la nébulosité (il s'agit des facteurs qui influent sur le volume et la répartition des nuages et sur l'interaction des nuages avec le rayonnement solaire et terrestre), et elle conduit à une incertitude allant du simple au double touchant la valeur du réchauffement. D'autres déficiences concernent le transfert d'énergie entre l'atmosphère et l'océan, entre l'atmosphère et les terres émergées, et entre les couches superficielles et les couches profondes de l'océan. Les glaces de mer et la convection sont également traitées de manière approximative dans les modèles. Il n'en reste pas moins que, pour les raisons énumérées dans l'encadré de la page précédente, nous sommes fondés à croire que les modèles permettent de prévoir au moins les caractéristiques à grande échelle de l'évolution du climat.

6.0.6 D'autre part, il nous faut constater que notre connaissance imparfaite des processus climatiques (et par conséquent notre aptitude imparfaite à les modéliser) pourrait nous réserver des surprises; ainsi le trou d'origine anthropique de la couche d'ozone au-dessus de l'Antarctique n'a absolument pas été prévu. En particulier, la circulation océanique, dont les modifications ont, pense-t-on, entraîné périodiquement des variations climatiques assez rapides à la fin de la dernière époque glaciaire, n'a été ni bien observée, ni bien comprise, ni bien modélisée.

7. Le climat sera-t-il très différent à l'avenir?

7.0.1 Pour envisager l'évolution future du climat, il est évidemment indispensable d'examiner la manière dont le climat a varié dans le passé. Cela nous permet de savoir quelle a été l'ampleur de la variabilité naturelle du climat, de voir comment elle se compare avec ce que nous prévoyons pour l'avenir, et aussi de chercher à établir si le climat a récemment subi des modifications du fait des activités humaines.

7.0.2 Le climat varie naturellement à toutes les échelles de temps, sur des centaines de millions d'années comme

d'une année à l'autre. Un phénomène marquant dans l'histoire de la Terre est celui des cycles glaciaires-interglaciaires de 100 000 ans, au cours desquels le climat a été en grande partie plus froid qu'à l'époque actuelle. La température globale en surface a en général été comprise entre 5 et 7 °C durant ces cycles, qui se sont accompagnés de variations considérables du volume des glaces et du niveau des mers, et de changements de température atteignant 10 à 15 °C dans certaines régions des latitudes moyennes et hautes de l'hémisphère Nord. Depuis la fin de la dernière époque glaciaire, il y a 10 000 ans environ, la température globale en surface a probablement subi une fluctuation ne dépassant guère 1 °C. Certaines fluctuations se sont étendues sur plusieurs siècles, comme la petite glaciation qui s'est terminée au dix-neuvième siècle et semble avoir touché l'ensemble de la planète.

7.0.3 Les modifications que l'on prévoit pour le milieu du siècle à venir du fait de l'accroissement de la concentration des gaz à effet de serre, si leurs émissions correspondent à la poursuite des activités, conduiront à une température globale moyenne plus élevée qu'elle ne l'a été au cours des derniers 150 000 ans.

7.0.4 Le rythme d'évolution de la température globale dans le cas des émissions correspondant à la poursuite des activités sera plus rapide que ce qu'il a été naturellement sur Terre au cours des derniers 10 000 ans et l'élévation du niveau de la mer sera environ 3 à 6 fois plus rapide qu'au cours des 100 dernières années.

8. La société a-t-elle déjà commencé à modifier le climat terrestre?

8.0.1 Les relevés de la température en surface sont fragmentaires jusqu'au milieu du dix-neuvième siècle, et se sont lentement améliorés depuis lors. En raison de la différence des méthodes de mesure, les valeurs relevées dans le passé doivent être harmonisées avec les observations modernes, ce qui introduit une certaine marge d'incertitude. Malgré ces difficultés, nous estimons que le globe a

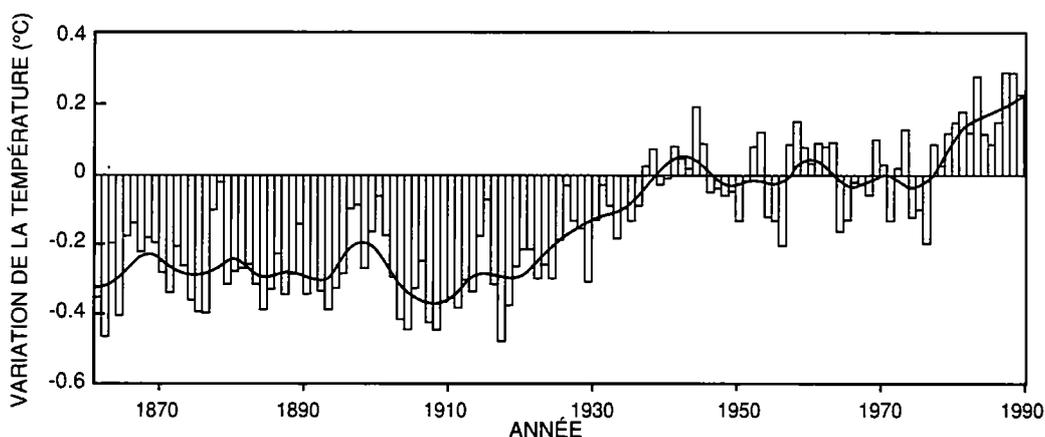


Figure 12 Moyenne globale combinée de la température de l'air au-dessus des terres et à la surface de la mer de 1861 à 1989 par rapport à la moyenne de la période 1951-80

effectivement subi un réchauffement de 0,3 à 0,6 °C au cours du siècle écoulé; une erreur systématique éventuelle due à l'urbanisation ne devrait guère dépasser 0,5 °C.

8.0.2 En outre, on trouve des valeurs comparables de l'augmentation de température depuis 1900 dans trois séries de données indépendantes : l'une concerne des mesures terrestres et les deux autres des mesures faites au-dessus des océans. La figure 12 montre les estimations actuelles de la valeur moyenne globale après lissage de la température de surface au-dessus des terres émergées et des océans au cours de la période écoulée depuis 1860. La confiance que l'on peut accorder à ces valeurs est renforcée par leur concordance avec des mesures faites récemment par satellite de la température à mi-hauteur de la troposphère.

8.0.3 Bien que l'augmentation générale de la température ait été dans l'ensemble comparable dans les deux hémisphères, elle n'a pas évolué de manière régulière et des différences du rythme de réchauffement ont quelquefois persisté pendant des décennies. Une grande partie du réchauffement intervenu depuis 1900 a été concentrée sur deux périodes, la première comprise entre 1910 environ et 1940 et l'autre commençant en 1975; les cinq années les plus chaudes que l'on ait enregistrées se situent toutes dans les années 80. L'hémisphère Nord s'est refroidi entre les années 40 et le début des années 70, alors que dans l'hémisphère Sud la température est restée presque constante. La répartition du réchauffement global depuis 1975 a été inégale, certaines régions, surtout dans l'hémisphère Nord, continuant à se refroidir jusqu'à une date récente. Cette disparité régionale indique que l'évolution future des températures régionales risque de s'écarter sensiblement de la moyenne globale.

8.0.4 La conclusion que la température globale est en train d'augmenter est sérieusement confortée par le recul de la plupart des glaciers de montagne du monde entier depuis la fin du dix-neuvième siècle et le fait que le niveau des mers à l'échelle du globe s'est élevé au cours de la même période de 1 à 2 mm par an en moyenne. Les estimations de la dilatation thermique des océans, et de la fonte accrue des glaciers de montagne et de la marge de glace du Groenland occidental au cours du siècle écoulé, montrent que la majeure partie de l'élévation du niveau des mers semble liée au réchauffement global que l'on a observé. Cette liaison apparente entre l'élévation observée du niveau de la mer et le réchauffement global donne à penser que le réchauffement à venir conduira à une accélération de la montée du niveau des mers.

8.0.5 La valeur du réchauffement au cours du siècle écoulé concorde dans l'ensemble avec les prévisions que donnent les modèles du climat, mais il est aussi du même ordre de grandeur que la variabilité climatique naturelle. Si l'effet de serre imputable à l'homme était la seule cause du réchauffement observé, la sensibilité résultante du climat se situerait vers l'extrémité inférieure de l'intervalle de valeurs fourni par les modèles. L'augmentation observée pourrait être due en grande partie à la variabilité naturelle; d'un

autre côté, il se pourrait que cette variabilité et d'autres facteurs dus à l'homme aient compensé un effet de serre encore plus considérable. Il est peu probable que les observations nous permettent de déterminer de façon certaine le renforcement de l'effet de serre avant au moins une dizaine d'années, époque à laquelle le changement climatique auquel il faudra s'attendre sera beaucoup plus considérable qu'aujourd'hui.

8.0.6 La température globale moyenne n'est pas à elle seule un indicateur suffisant de l'évolution du climat causée par les gaz à effet de serre. Pour déterminer les causes de toute modification de la température globale moyenne il faut examiner d'autres aspects du climat en évolution, en particulier ses caractéristiques spatiales et temporelles, c'est-à-dire le «signal» de la modification du climat due à l'homme. Les particularités du changement climatique qu'indiquent les modèles, telles qu'un réchauffement plus rapide dans l'hémisphère Nord que dans l'hémisphère Sud, et un réchauffement plus rapide de l'air en surface au-dessus des terres émergées qu'au-dessus des océans, ne ressortent pas des observations faites jusqu'ici. Toutefois, nous ne savons pas encore quel est l'aspect détaillé du «signal» parce que nous n'avons qu'une confiance limitée dans nos prévisions touchant l'évolution régionale du climat. En outre, toute modification intervenue jusqu'ici pourrait être masquée par la variabilité naturelle et d'autres facteurs (qui pourraient être imputables à l'homme), et nous n'avons pas une idée exacte de ces derniers.

9. De combien le niveau des mers va-t-il s'élever?

9.0.1 On a utilisé des modèles simples pour calculer l'élévation du niveau des mers jusqu'en l'an 2100; les résultats sont représentés à la figure 13. Les calculs font nécessairement abstraction de toute évolution à long terme, non liée au forçage imputable à l'effet de serre, qui pourrait être en cours mais que les données dont on dispose actuellement concernant les glaces de terre et l'océan ne permettent pas de déceler. L'élévation du niveau des mers que l'on prévoit pour la période 1990-2100 selon le scénario des émissions correspondant à la poursuite des activités est indiquée à la figure 14. Le rythme moyen de l'élévation globale moyenne du niveau des mers serait de 6 cm environ par décennie au cours du siècle à venir (avec une marge d'incertitude de 3 à 10 cm par décennie). L'élévation prévue du niveau global moyen des mers serait de 20 cm environ en 2030 et de 65 cm à la fin du siècle prochain. Les variations régionales seront considérables.

9.0.2 La meilleure estimation dans chaque cas résulte principalement des contributions positives de la dilatation thermique des océans et de la fonte des glaciers. On prévoit que les étendues de glace de l'Antarctique et du Groenland n'auront que peu d'effet au cours des 100 années à venir mais elles pourraient contribuer beaucoup à l'incertitude des prévisions.

9.0.3 Même si le forçage dû à l'effet de serre n'augmentait plus, une poursuite de l'élévation du niveau des mers serait néanmoins engagée pour plusieurs décennies ou même des siècles, en raison du décalage des réactions du climat, de l'océan et des masses de glace. À titre d'exemple, si la concentration des gaz à effet de serre cessait brusquement de s'accroître en 2030, le niveau des mers continuerait à s'élever de 2030 à 2100 dans la même mesure que de 1990 à 2030, comme le montre la figure 13.

9.0.4 La figure 15 représente l'élévation prévue du niveau des mers dans le cas des trois autres scénarios relatifs aux émissions, comparée au cas de la poursuite des activités; seules les meilleures estimations sont indiquées.

9.0.5 La couverture de glace de l'Antarctique occidental présente une importance particulière. Une portion considérable de cette glace, dont le volume équivaut à 5 m environ du niveau des mers à l'échelle globale, repose sur un sol qui se trouve bien au-dessous du niveau de la mer. Selon certains chercheurs, un réchauffement global pourrait provoquer un brusque déversement des glaces et se traduire par une élévation rapide et considérable du niveau de la mer. Des études récentes ont montré que les divers flux de glace se modifient rapidement à une échelle de temps allant de la décennie au siècle; ce phénomène n'est toutefois pas nécessairement lié à l'évolution du climat. Il est peu probable qu'au cours du siècle à venir on observe un déversement important de glace de l'Antarctique occidental qui résulte directement d'un réchauffement global.

9.0.6 Toute élévation du niveau des mers ne devrait pas se répartir de manière uniforme à l'échelle du globe. La dilatation thermique, les modifications de la circulation océanique et la pression de l'air en surface varieront d'une région à l'autre à mesure que la planète se réchauffe, mais nous ne connaissons pas encore la nature de ces variations. Pour établir de telles prévisions régionales il nous faudra d'abord élaborer des modèles du système couplé océan-atmosphère qui correspondent mieux à la réalité. En outre,

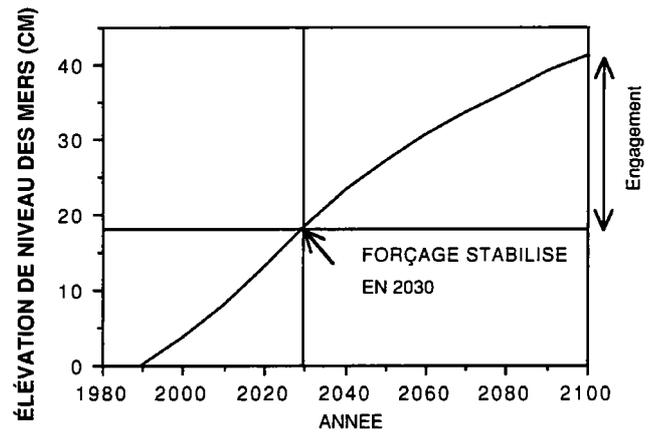


Figure 13 Élévation du niveau des mers engagée en 2030. La courbe représente l'élévation du niveau des mers résultant des émissions correspondant à la poursuite des activités jusqu'en 2030, ainsi que l'élévation supplémentaire qui se produirait pendant le restant du siècle même si le forçage climatique était stabilisé en 2030

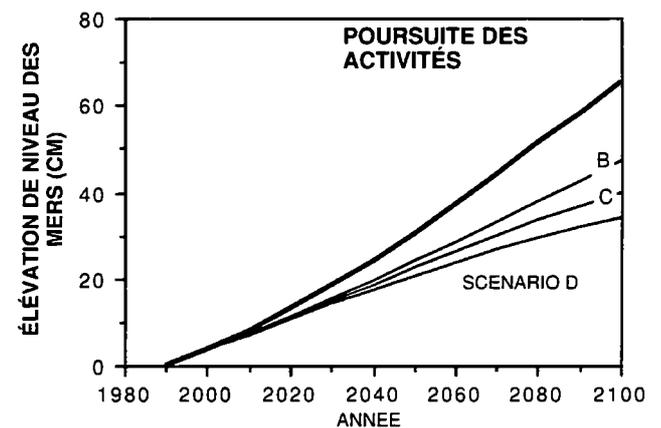


Figure 14 Estimations obtenues à l'aide de modèles de l'élévation du niveau des mers de 1990 à 2100 selon les quatre scénarios relatifs aux émissions

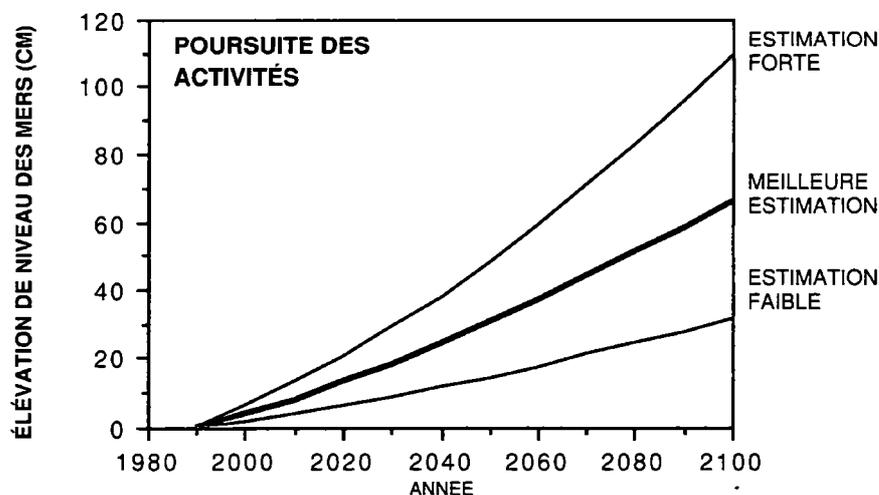


Figure 15 Élévation prévue du niveau des mers selon le scénario des émissions correspondant à la poursuite des activités, avec indication de la meilleure estimation et des valeurs extrêmes

les mouvements verticaux des masses terrestres peuvent avoir un ordre de grandeur qui soit égal ou même supérieur à celui des variations du niveau global moyen des mers; il faut donc tenir compte de ces mouvements pour prévoir comment le niveau local de la mer variera par rapport aux terres émergées.

9.0.7 Les effets les plus graves d'une élévation du niveau de la mer résulteront probablement de phénomènes extrêmes (par exemple des marées de tempête) dont la survenue peut être affectée par l'évolution du climat.

10. Quelle sera l'incidence de l'évolution du climat sur les écosystèmes?

10.0.1 Les processus qui interviennent dans les écosystèmes, tels que la photosynthèse et la respiration, dépendent sur le court terme de facteurs climatiques et de la concentration du dioxyde de carbone. À plus long terme, le climat et le dioxyde de carbone font partie des facteurs qui déterminent la structure d'un écosystème, c'est-à-dire sa composition par espèce, soit directement en augmentant la mortalité des espèces mal adaptées, soit indirectement en influençant la concurrence entre espèces. Les écosystèmes réagissent à des modifications locales de la température (et de son taux de variation), des précipitations, de l'humidité

du sol et des phénomènes extrêmes. Les modèles actuels ne permettent pas d'établir des estimations fiables de l'évolution de ces paramètres à l'échelle locale voulue.

10.0.2 La photosynthèse permet à la végétation de fixer le dioxyde de carbone de l'atmosphère, l'eau et l'énergie solaire et de les emmagasiner dans des composés organiques, lesquels servent par la suite à assurer la croissance végétale, la croissance des animaux ainsi que celle de microbes dans le sol. Tous ces organismes dégagent du dioxyde de carbone dans l'atmosphère par leur respiration. La plupart des plantes terrestres sont dotées d'un système de photosynthèse qui réagit positivement à une augmentation du dioxyde de carbone dans l'atmosphère (effet de fertilisation du dioxyde de carbone) mais l'ampleur de cette réaction varie selon l'espèce. Cet effet peut s'atténuer avec le temps lorsqu'il est entravé par d'autres limitations de caractère écologique, par exemple la quantité de nutriments disponibles. Il convient de souligner que la teneur en carbone de la biosphère terrestre n'augmentera que si les écosystèmes forestiers ayant atteint la maturité sont capables de stocker plus de carbone dans le cas d'un climat plus chaud et d'une concentration plus élevée du dioxyde de carbone. Nous ne savons pas encore s'il en est ainsi.

10.0.3 La réaction à une concentration accrue du dioxyde de carbone se traduit par une utilisation plus efficace de

Déboisement et reboisement

L'homme déboise la Terre depuis des millénaires. Jusqu'au début de ce siècle, cela était surtout le cas dans les régions tempérées; plus récemment, ce phénomène touche essentiellement les régions tropicales. Le déboisement peut se répercuter de plusieurs manières sur le climat : par les cycles du carbone et de l'azote (car il peut faire varier la concentration de dioxyde de carbone dans l'atmosphère), en modifiant le coefficient de réflexion des terrains déboisés, par son effet sur le cycle hydrologique (précipitations, évaporation et ruissellement) et sur la rugosité de surface et donc de la circulation atmosphérique qui peut entraîner des effets indirects sur le climat.

On estime que le déboisement dans les régions tropicales conduit à libérer chaque année environ 2 Gt C dans l'atmosphère. Le rythme auquel se fait le déboisement est difficile à estimer; il est probable que jusqu'au milieu du vingtième siècle le déboisement des zones tempérées et les pertes de matières organiques des sols ont libéré davantage de dioxyde de carbone dans l'atmosphère que l'utilisation de combustibles fossiles. Depuis lors, les combustibles fossiles ont pris un rôle dominant; on estime qu'aux environs de 1980 l'abattage des forêts tropicales dégageait annuellement 1,6 Gt C, contre environ 5 Gt C imputables à l'utilisation de combustibles fossiles. Si toutes les forêts tropicales étaient abattues, l'apport correspondant est estimé à des valeurs allant de 150 à 240 Gt C, ce qui aurait pour effet d'accroître la concentration du dioxyde de carbone dans l'atmosphère de 35 à 60 parties par million en volume.

Pour analyser l'effet d'un reboisement, nous admettons que l'on plantera annuellement 10 millions d'hectares de forêts pendant 40 ans, c'est-à-dire qu'il aura été planté 4 millions de km² en 2030, date à laquelle 1 Gt C aura été absorbé annuellement jusqu'à ce que ces forêts parviennent à la maturité, ce qui serait le cas au bout de 40 à 100 ans pour la plupart des forêts. Ce scénario suppose une absorption cumulative de 20 Gt C environ en l'an 2030 et jusqu'à 80 Gt C au bout de 100 ans. Cette accumulation de carbone dans les forêts équivaut à 5 à 10 % environ des émissions résultant de l'utilisation de combustibles fossiles dans le scénario de la poursuite des activités.

Le déboisement peut aussi modifier directement le climat en augmentant le coefficient de réflexion et diminuant l'évapotranspiration. Selon des calculs fondés sur des modèles du climat, le remplacement de toutes les forêts du bassin de l'Amazonie par des herbages ferait baisser de 20 % environ les précipitations dans cette région et élèverait la température moyenne de plusieurs degrés.

l'eau, de la lumière et de l'azote. Cette meilleure efficacité peut être particulièrement importante en période de sécheresse et dans des zones arides ou semi-arides et stériles.

10.0.4 Etant donné que les espèces réagissent différemment aux changements climatiques, certaines deviendront plus abondantes ou prendront plus d'extension alors que d'autres déclineront. On verra donc se modifier la structure et la composition des écosystèmes. Certaines espèces pourraient être déplacées vers des latitudes et des altitudes plus élevées et risqueraient davantage de disparaître localement ou peut-être même à l'échelle du globe alors que d'autres espèces prospéreraient.

10.0.5 Comme on l'a vu ci-dessus, la structure des écosystèmes et leur composition par espèce sont particulièrement sensibles au rythme de variation du climat. Les études paléoclimatologiques nous permettent de nous faire une idée de la vitesse à laquelle la température globale a évolué dans le passé. Par exemple, à la fin de la dernière glaciation, la température a subi en l'espace d'un siècle environ un réchauffement atteignant jusqu'à 5 °C dans la région de l'Atlantique Nord, principalement en Europe occidentale. Les écosystèmes simples de la toundra ont réagi de manière favorable à la variation de température marquant le passage de l'époque glaciaire au niveau interglaciaire actuel, mais un tel réchauffement rapide pourrait déstabiliser des écosystèmes plus évolués.

11. Que faut-il faire pour réduire les incertitudes, et combien de temps cela demandera-t-il?

11.0.1 Bien que nous puissions affirmer qu'une certaine modification du climat est inévitable, nous sommes en présence d'incertitudes considérables lorsqu'il s'agit de prévoir certaines caractéristiques du climat mondial, telles que la température et les précipitations. L'incertitude est encore plus grande pour la prévision de l'évolution du climat à l'échelle régionale et des conséquences de cette évolution sur le niveau de la mer et les écosystèmes. Les principaux domaines d'incertitude sur le plan scientifique sont les suivants :

- *nébulosité* : principalement formation, dissipation et propriétés radiatives des nuages, dont dépend la réaction de l'atmosphère au forçage par l'effet de serre;
- *océans* : échange d'énergie entre l'océan et l'atmosphère, entre les couches supérieures de l'océan et les couches profondes, et transport à l'intérieur de l'océan, phénomènes qui agissent tous sur le taux de variation du climat global et la répartition du changement climatique sur le plan régional;
- *gaz à effet de serre* : quantification de l'absorption et du dégagement des gaz à effet de serre, leurs réactions

chimiques dans l'atmosphère et influence sur ces phénomènes de l'évolution du climat;

- *calottes polaires glaciaires* : elles affectent les prévisions touchant l'élévation du niveau des mers.

11.0.2 Les études concernant l'hydrologie à la surface des terres, et les incidences sur les écosystèmes, ont également un rôle important.

11.0.3 Pour réduire les incertitudes d'ordre scientifique qui existent actuellement dans chacun de ces domaines, il faudra des recherches coordonnées sur le plan international, visant à améliorer notre aptitude à observer, modéliser et comprendre le système climatique mondial. Un tel programme de recherche réduira les incertitudes scientifiques et nous aidera à formuler des stratégies de parade rationnelles sur le plan national et international.

11.0.4 Des observations systématiques à long terme du système sont indispensables pour mieux comprendre la variabilité naturelle du système climatique de la planète, déterminer si les activités humaines modifient ce système, paramétriser les processus clés pour les introduire dans des modèles, et vérifier les simulations établies à l'aide de modèles. Il faut accroître la précision et le champ de nombreuses observations. Parallèlement à l'augmentation des observations, il faut élaborer des bases d'information adéquates et complètes sur le plan global en vue d'assurer une diffusion et une utilisation rapides et efficaces des données. Les principales exigences en matière d'observations sont les suivantes :

- i) maintien et amélioration des observations (notamment par satellite) que fournit le Programme de la Veille météorologique mondiale de l'OMM;
- ii) maintien et renforcement d'un programme de surveillance continue, par des instruments embarqués sur satellite et des instruments basés en surface, d'éléments clés du climat qui exigent en permanence des observations précises, tels que la répartition de constituants importants de l'atmosphère, la nébulosité, le bilan radiatif de la Terre, les précipitations, les vents, la température à la surface des mers et l'étendue, la nature et la productivité des écosystèmes terrestres;
- iii) la mise sur pied d'un système d'observation global des océans pour mesurer l'évolution de variables telles que la topographie superficielle de l'océan, la circulation, le transport de chaleur et de substances chimiques, et l'étendue et l'épaisseur des glaces de mer;
- iv) la création de nouveaux grands systèmes d'acquisition de données sur les océans, l'atmosphère et les écosystèmes terrestres à l'aide d'instruments embarqués sur satellite aussi bien que basés à la surface, d'engins automatiques équipés d'instruments

sur l'océan, de bouées flottantes et en eau profonde, d'aéronefs et de ballons;

- v) utilisation de données paléoclimatologiques et de valeurs mesurées dans le passé pour étudier la variabilité naturelle et les modifications du système climatique, et la réaction de l'environnement qui en est résultée.

11.0.5 La modélisation de l'évolution du climat exige la mise au point de modèles planétaires couplant des modèles de l'atmosphère, des terres émergées, des océans et des glaces et comprenant des formulations plus réalistes des processus en cause et des interactions entre les différentes composantes. Il faut aussi y inclure les processus qui interviennent dans la biosphère (tant sur terre que dans l'océan). La résolution spatiale doit être meilleure que celle que l'on utilise généralement si l'on veut prévoir ce qui se passera sur le plan régional. Ces modèles devront faire appel aux plus puissants des ordinateurs qui devraient voir le jour au cours des prochaines décennies.

11.0.6 Notre compréhension du système climatique se fondera sur l'analyse des observations et des résultats des simulations sur modèle. Il faudra en outre procéder à des études détaillées de certains processus en menant des campagnes d'observation ciblées. De telles campagnes sur le terrain comporteraient par exemple des observations et des études de modélisation à petite échelle pour différentes régions, concernant la formation et la dissipation des nuages et leurs propriétés radiatives, dynamiques et microphysiques, ainsi que des mesures en surface (sur l'océan et sur terre) et à l'aide d'aéronefs, des flux de gaz à effet de serre provenant d'écosystèmes particuliers. Il faudra notamment multiplier les expériences sur le terrain en vue de faciliter l'élaboration et l'amélioration de paramétrisations à une échelle inférieure à la maille de la grille en vue de la modélisation.

11.0.7 Le programme de recherche à mettre en oeuvre exigera une coopération internationale sans précédent, dans laquelle un rôle essentiel incombera au Programme mondial de recherche sur le climat (PMRC) de l'Organisation météorologique mondiale et du Conseil international des unions scientifiques (CIUS) et au Programme international concernant la géosphère et la biosphère (IGBP) du CIUS. Il s'agit là d'entreprises vastes et complexes qui nécessiteront la participation de toutes les nations, en particulier des pays en développement. La réalisation des projets existants et prévus exigera des ressources accrues, tant financières qu'humaines; pour ces dernières, cela implique des mesures immédiates à tous les niveaux de l'enseignement, et la communauté scientifique internationale devra être élargie de manière à comprendre un plus grand nombre de membres des pays en développement.

11.0.8 Le PMRC et l'IGBP exécutent ou envisagent un certain nombre de programmes de recherche qui concernent chacun des trois domaines clés où existe une incertitude de caractère scientifique. En voici des exemples :

- **nébulosité :**
Projet international d'établissement d'une climatologie des nuages à l'aide de données satellitaires (ISCCP);
Expérience mondiale sur les cycles de l'énergie et de l'eau (GEWEX);
- **océans :**
Expérience mondiale concernant la circulation océanique (WOCE);
Programme d'étude des océans tropicaux et de l'atmosphère du globe (TOGA)
- **gaz à l'état de trace :**
Étude conjointe de flux des océans du globe (JGOFS);
Programme international de la chimie de l'atmosphère du globe (IGAC);
Changements climatiques mondiaux du passé (PAGES)

11.0.9 À mesure que la recherche avance, une meilleure connaissance des phénomènes et de meilleures observations nous conduiront progressivement à établir des prévisions climatiques plus fiables. Toutefois, vu la nature complexe du problème et l'ampleur des programmes scientifiques à mettre en oeuvre, nous savons que l'on ne peut s'attendre à des résultats rapides. D'ailleurs, des nouvelles découvertes scientifiques pourraient faire apparaître des problèmes imprévus et des domaines que nous ignorons.

11.0.10 Le temps qu'il faudra pour réduire les incertitudes dépendra des progrès réalisés au cours des 10 à 15 années à venir dans les deux grands domaines suivants :

- utilisation des ordinateurs les plus rapides qui existent pour étudier à l'aide de modèles le couplage de l'atmosphère et des océans et parvenir à une résolution suffisante pour formuler des prévisions à l'échelle régionale;
- mise au point d'une représentation améliorée des processus à petite échelle dans le cadre des modèles du climat, ce qui exigera l'analyse des données fournies par des programmes d'observation continue poursuivis jusque dans le courant du siècle prochain.

Annexe

SCÉNARIOS RELATIFS AUX ÉMISSIONS DU GROUPE DE TRAVAIL III DU GIEC

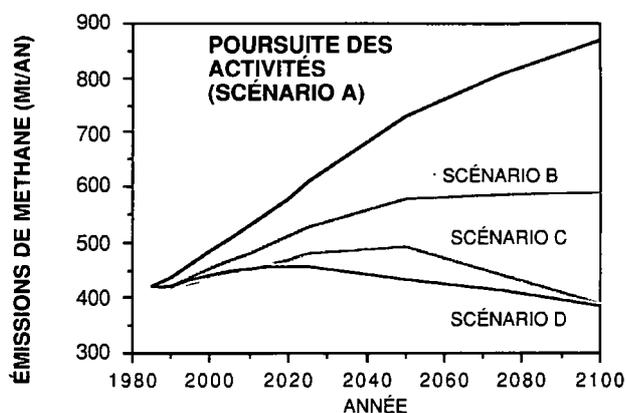
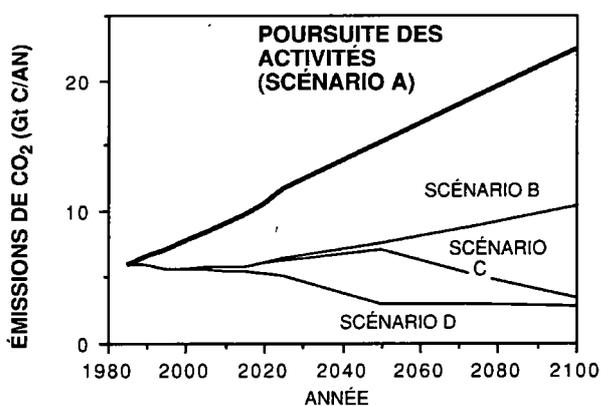
Le Groupe directeur du Groupe de travail de la formulation des stratégies a prié les États-Unis et les Pays-Bas d'élaborer des scénarios relatifs aux émissions (voir exemple ci-dessous) en vue de leur évaluation par le Groupe de travail I du GIEC. Ces scénarios concernent les émissions de dioxyde de carbone (CO₂), de méthane (CH₄), d'oxyde nitreux (N₂O), de chlorofluorocarbones (CFC), de monoxyde de carbone (CO) et d'oxydes d'azote (NO_x) entre maintenant et l'an 2100. On a admis que la croissance de l'économie et celle de la population seraient les mêmes dans tous les scénarios. On a supposé que la population avoisinerait 10,5 milliards dans la deuxième moitié du siècle prochain. Pour la croissance de l'économie on a admis une progression par an au cours de la prochaine décennie de 2 à 3 % dans les pays de l'OCDE et de 3 à 5 % dans les pays d'Europe orientale et les pays en développement. On a supposé que les taux de croissance économique baisseraient par la suite. Pour parvenir aux objectifs voulus, on a fait varier les niveaux du développement technologique et de la réglementation en matière d'environnement.

Dans le scénario de la poursuite des activités (scénario A), l'approvisionnement en énergie fait un usage intensif du charbon et du côté de la demande il n'est réalisé que de modestes gains d'efficacité. La réglementation concernant le monoxyde de carbone est modeste, le déboisement continue jusqu'à épuisement des forêts tropicales et les émissions de méthane et d'oxyde nitreux dues à l'agriculture ne sont pas réglementées. En ce qui concerne les CFC, le protocole de Montréal est appliqué mais seulement avec une participation partielle. Il est à noter que le total des projections nationales du Groupe de travail III du GIEC conduit à des émissions plus élevées (de 10 à 20 %) de dioxyde de carbone et de méthane pour 2025.

Dans le *Scénario B*, l'approvisionnement en énergie comprend une proportion plus grande de combustibles moins riches en carbone, en particulier de gaz naturel. Des améliorations d'efficacité considérables sont réalisées. La réglementation touchant le monoxyde de carbone est très stricte et le déboisement est stoppé, et le protocole de Montréal est appliqué avec une pleine participation.

Dans le *Scénario C*, on se tourne vers les énergies renouvelables et l'énergie nucléaire dans la deuxième moitié du prochain siècle. Les CFC sont abandonnés et les émissions de l'agriculture limitées.

Dans le *Scénario D*, le passage aux énergies renouvelables et à l'énergie nucléaire dans la première moitié du siècle prochain abaisse les émissions de dioxyde de carbone et a initialement pour effet de plus ou moins stabiliser les émissions dans les pays industrialisés. Le scénario montre qu'une stricte réglementation dans les pays industriels jointe à une croissance modérée des émissions dans les pays en développement permettrait de stabiliser la concentration des gaz dans l'atmosphère. Les émissions de dioxyde de carbone sont réduites à 50 % des niveaux de 1985 vers le milieu du siècle prochain.



Émissions de dioxyde de carbone et de méthane jusqu'en l'an 2100, dans le cas des quatre scénarios élaborés par le Groupe de travail III du GIEC

Rapport du Groupe de travail II au GIEC

Évaluation des incidences potentielles de l'évolution du climat

Résumé directif

1. Les trois Groupes de travail du GIEC. I-Évaluation scientifique, II-Évaluation des incidences et III-Formulation de stratégies - ont été établis en novembre 1988 et se sont mis simultanément à l'oeuvre conformément aux instructions du GIEC. Le Groupe de travail II a reçu pour mission de décrire les incidences écologiques et socio-économiques des changements climatiques qui pourraient se produire, au cours des prochaines décennies du fait de l'augmentation des concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère.

2. Le rapport du Groupe de travail II est l'aboutissement des travaux d'un certain nombre de sous-groupes qui ont réalisé des études distinctes en appliquant des méthodes différentes. S'inspirant de la littérature spécialisée, ils ont utilisé plusieurs scénarios pour l'évaluation des incidences potentielles de l'évolution du climat. Ces scénarios prévoient :

- i) un doublement effectif de la teneur de l'atmosphère en CO₂ d'ici 2025 à 2050 en cas d'émissions correspondant à la poursuite des activités;
- ii) une hausse consécutive de la moyenne globale des températures de l'ordre de 1,5 à 4,5 °C;
- iii) une distribution inégale de cette élévation thermique sur l'ensemble de la planète, à savoir une hausse égale à la moitié de la moyenne globale dans les régions tropicales et une hausse plus forte correspondant à deux fois la moyenne globale dans les régions polaires;
- iv) une élévation du niveau moyen de la mer de 30 à 50 cm d'ici l'an 2050 et d'un mètre environ à l'horizon 2100, accompagnée d'une augmentation de la température de l'océan en surface de 0,2 à 2,5 °C.

3. Bien qu'antérieures, ces hypothèses concordent avec le scénario A retenu par le Groupe de travail I pour des émissions correspondant à la poursuite des activités et qui estime l'élévation prévue du niveau de la mer à 20 cm environ d'ici 2030 et à quelque 65 cm d'ici la fin du siècle prochain. Ce scénario prévoit aussi que la moyenne globale des températures augmentera d'environ 1 °C par rapport aux valeurs actuelles à l'horizon 2025 et de 3 °C avant la fin du vingt et unième siècle.

4. Les effets prévus de l'évolution du climat doivent être considérés dans le contexte d'un monde dynamique en constante évolution. Des événements naturels de grande portée, tels que le phénomène El Niño, peuvent avoir des effets significatifs pour l'agriculture et les établissements

humains. L'explosion démographique annoncée aura, pour l'utilisation des sols et la demande d'énergie, d'eau douce, d'alimentation et de logement, de graves conséquences qui varieront d'une région à l'autre en fonction des revenus des pays et de leur degré de développement. Dans bien des cas, ce sont les régions déjà éprouvées, dans les pays en développement en particulier, qui seront le plus durement touchées. Les modifications climatiques provoquées par la société du fait de la non réglementation des émissions de gaz à effet de serre ne feront qu'aggraver la situation. Ainsi, les effets dommageables de l'évolution du climat, de la pollution et de l'augmentation du rayonnement ultraviolet résultant de l'appauvrissement de la couche d'ozone pourront se conjuguer et se renforcer mutuellement au détriment des matières et des organismes. L'accroissement des concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère risque de conduire à une modification irréversible du climat qui pourrait bien être perceptible dès la fin du vingtième siècle.

5. Évaluer dans leur totalité les effets physiques et biologiques des changements climatiques d'échelle régionale n'est pas une tâche facile. Les estimations régionales de certains facteurs climatiques décisifs sont peu fiables. Cela est particulièrement vrai des précipitations et de l'humidité du sol pour lesquelles les modèles de la circulation générale et l'analyse des analogies paléoclimatiques produisent des résultats très divergents. Qui plus est, les relations scientifiques que l'on peut établir entre l'évolution du climat et ses effets biologiques, d'une part, et entre ces derniers et les conséquences socio-économiques, de l'autre, sont fortement entachées d'incertitude.

6. Le Groupe II n'a pas cherché à prendre en compte les effets que produiront les stratégies d'adaptation, les innovations technologiques ou toute autre mesure destinée à atténuer les conséquences préjudiciables de changements climatiques concomitants. Cette analyse qui revêt une importance particulière pour les secteurs à fort coefficient de gestion, tels que l'agriculture, l'exploitation de la forêt et la santé publique, est du ressort du Groupe de travail III.

7. Enfin, le rythme et l'horizon des changements doivent être pris en considération. On sait qu'il y aura décalage entre :

- i) les émissions des gaz à effet de serre et le doublement de leurs concentrations dans l'atmosphère;
- ii) le doublement des concentrations des gaz à effet de serre et les changements climatiques qui en résulteront;
- iii) les changements climatiques et leurs effets physiques et biologiques;

iv) les effets physiques et biologiques et les conséquences socio-économiques (écologiques, également) qui en résulteront. Plus ces décalages seront faibles, plus les conséquences socio-économiques seront grandes et plus il sera difficile d'y faire face.

8. Nous n'avons guère de certitudes sur ce point. L'évolution ne sera pas régulière et nous ne sommes pas à l'abri de surprises. La gravité des conséquences des changements climatiques dépendra en grande partie du rythme auquel ils se produiront.

9. Malgré toutes ces incertitudes, le Groupe de travail II est arrivé à un certain nombre de grandes conclusions, à savoir :

Agriculture et exploitation de la forêt

10. On dispose aujourd'hui d'éléments de preuve suffisants pour supposer qu'un changement climatique aurait sur l'agriculture et le bétail des effets non négligeables. Toutefois, les diverses études qui ont été réalisées ne permettent pas d'établir de façon concluante si, en moyenne, la capacité productive globale de l'agriculture augmentera ou diminuera. La modification des conditions météorologiques et de la situation des parasites résultant de l'évolution du climat, de même que les variations de l'ozone en surface liées à la pollution pourraient avoir des incidences régionales négatives qui nécessiteront que l'on innove dans le domaine des techniques et des pratiques agricoles. Certaines régions seraient plus sévèrement touchées et l'on pourrait notamment enregistrer une forte baisse de la production dans celles qui sont aujourd'hui les plus vulnérables et, partant, les moins aptes à s'adapter. Tel serait notamment le cas du Brésil, du Pérou, de la région du Sahel en Afrique, de l'Asie du Sud-Est, de la partie asiatique de l'URSS et de la Chine. L'allongement de la saison de croissance pourrait accroître les rendements potentiels aux latitudes moyennes et élevées, mais il est peu probable que cet effet positif, qui se limiterait d'ailleurs essentiellement à l'hémisphère Nord, ouvre de vastes perspectives nouvelles pour la production.

11. La structure du commerce agricole pourrait se modifier par suite d'un recul de la production céréalière dans certaines régions qui comptent aujourd'hui parmi les principales productrices, telles que l'Europe occidentale, le sud des États-Unis, certaines régions d'Amérique du Sud et l'ouest de l'Australie. La production horticole pourrait diminuer aux latitudes moyennes, et la production céréalière augmenter en Europe septentrionale. Des mesures de parade comportant l'adoption de nouveaux cultivars et l'application de pratiques agricoles adaptées aux nouveaux régimes climatiques pourraient atténuer le contrecoup. Tout porte à croire qu'il sera somme toute possible, face aux changements climatiques prévus, de maintenir la production alimentaire mondiale pratiquement au même niveau que si cette évolution n'avait pas eu lieu. On ignore toutefois ce que cela coûterait. Il n'en reste pas moins que cette

évolution du climat pourrait aggraver les problèmes liés à une croissance démographique rapide. Une augmentation ou une variation du rayonnement ultraviolet B en surface, consécutive à l'appauvrissement de la couche d'ozone stratosphérique aura des répercussions préjudiciables pour les cultures et le bétail.

12. Les forêts ont un cycle de renouvellement long et celles que nous connaissons aujourd'hui parviendront à maturité et mourront dans un climat qui leur conviendra de moins en moins. Les conséquences réelles de cette situation dépendront de l'adaptabilité physiologique des arbres et des relations entre les parasites et leurs hôtes et des pertes importantes sont à craindre. La forêt déperira et les feux de friche feront des dégâts de plus en plus étendus. Les zones climatiques qui régissent la distribution des espèces gagneront en altitude et se déplaceront vers les pôles. Les forêts aménagées exigent une intervention humaine importante : choix de l'emplacement et espacement des jeunes pousses, éclaircies, mesures de protection. Elles fournissent toute une gamme de produits, allant du bois de chauffage aux aliments. Le degré de dépendance des populations à l'égard des produits forestiers varie d'un pays à l'autre, tout comme leur faculté de faire face aux pertes et d'y résister. Les zones les plus vulnérables seront celles où les espèces sont déjà proches de leurs limites biologiques, du point de vue de la température et de l'humidité, ce qui risque fort d'être le cas des zones semi-arides, par exemple. Une montée des tensions sociales est à prévoir qui pourrait entraîner une agression de l'homme contre la forêt. Cette surexploitation des ressources forestières exigera des investissements accrus, des mesures de protection renforcées et des politiques d'aménagement plus rationnelles.

Écosystèmes terrestres naturels

13. L'augmentation globale des concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère et les changements climatiques qui en résulteront pourraient avoir de graves conséquences pour les écosystèmes terrestres naturels. Les variations thermiques et pluviométriques prévues donnent à penser que les zones climatiques pourraient se déplacer de plusieurs centaines de kilomètres vers les pôles au cours des cinquante prochaines années. Flores et faunes réagiraient avec retard, survivant là où elles se trouvent et seraient donc exposées à des régimes climatiques différents, plus ou moins propices, d'où un accroissement de productivité pour certaines espèces et une diminution pour d'autres. On ne doit pas s'attendre à ce que les écosystèmes se déplacent d'un seul bloc, mais plutôt à se qu'ils changent de structure sous l'effet d'une modification de la distribution et de l'abondance des espèces.

14. La nature et l'ampleur des incidences de l'évolution du climat sur les écosystèmes terrestres naturels dépendront d'abord de la vitesse à laquelle les changements prévus s'opéreront. Comme il est probable que celle-ci sera supérieure au temps de réaction de certaines espèces, les réactions pourront être immédiates ou progressives.

15. Des contraintes accrues entraînant une réduction de la diversité biologique globale pourraient conduire à la disparition de certaines espèces. Il est probable que la fréquence de divers facteurs perturbateurs - attaques de parasites, incendies, etc. - augmentera dans certaines régions, ce qui aura pour effet d'accentuer les modifications prévues des écosystèmes.

16. Les effets d'un apport accru de CO₂ et de l'évolution du climat sur les écosystèmes terrestres naturels pourraient se trouver modifiés par d'autres facteurs agissant sur l'environnement, qu'ils soient d'origine naturelle ou anthropique (la pollution de l'air, par exemple).

17. Les communautés les plus menacées sont celles dont les possibilités d'adaptation sont limitées (communautés préalpines, alpines, polaires, insulaires et côtières, zones de végétation vestigiale, terres patrimoniales et réserves) et celles pour lesquelles les changements climatiques viendront s'ajouter à des contraintes déjà fortes.

18. Les incidences du climat sur les écosystèmes terrestres naturels auront des conséquences socio-économiques importantes, en particulier dans les régions où sociétés et économies sont tributaires de ces écosystèmes. Une altération de ces derniers pourrait modifier sensiblement les ressources (denrées alimentaires, combustibles, médicaments, matériaux de construction) et les revenus. Dans certaines régions, d'importants produits à base de fibre pourraient être affectés.

Hydrologie et ressources en eau

19. Des changements climatiques relativement modestes peuvent engendrer dans nombre de régions de graves problèmes de ressources en eau, en particulier dans les zones arides et semi-arides et dans les régions humides où l'eau est raréfiée sous la pression de la demande ou du fait de la pollution. On a peu de précisions quant à la nature et à l'ampleur des variations hydrométéorologiques d'échelle régionale induites par l'effet de serre. Il semble que de nombreuses régions connaîtront un accroissement des précipitations, de l'humidité du sol et de la rétention des eaux ce qui aura pour effet de modifier la structure de la consommation d'eau, notamment pour l'agriculture et les écosystèmes. Ailleurs au contraire, les approvisionnements diminueront, perspective inquiétante pour des régions comme la zone du Sahel en Afrique, dont la situation est déjà critique. Les conséquences seront lourdes pour l'agriculture, l'emmagasinement et la distribution d'eau, ainsi que pour la production d'énergie hydroélectrique. Dans certaines zones peu étendues, par exemple, une hausse des températures de l'ordre de 1 à 2 °C comme le prévoit le scénario retenu, jointe à une baisse de 10 % des précipitations pourrait réduire l'écoulement annuel de 40 à 70 %. Des régions comme l'Asie du Sud-Est dont le réseau hydrographique n'est pas aménagé sont particulièrement sensibles aux modifications des conditions hydrométéorologiques. D'autres régions, en revanche, l'ouest de l'URSS et des

États-Unis par exemple, où l'aménagement des cours d'eau est très important, seront moins sensibles aux effets des modifications hydrométéorologiques prévues dans le scénario retenu pour les émissions de gaz à effet de serre.

20. Les ressources en eau ne seront pas les seules à se modifier. La demande pourra aussi évoluer du fait des mesures de conservation et d'un meilleur rendement de la consommation d'eau des plantes dans un environnement atmosphérique plus riche en CO₂. Le bilan des conséquences socio-économiques doit prendre en compte à la fois l'offre et la demande. Pour l'aménagement hydraulique, il faudra tenir compte des conséquences possibles s'agissant d'ouvrages destinés à durer jusqu'à la fin du siècle prochain. Là où les précipitations augmenteront, il pourra être nécessaire d'accroître la capacité de divers systèmes d'aménagement, les réseaux d'évacuation des eaux de pluie, par exemple. Une modification des risques de sécheresse constitue la plus grave des conséquences potentielles de l'évolution du climat pour l'agriculture, à l'échelon tant régional que mondial.

Établissements humains, énergie, transports, activités industrielles, santé, qualité de l'air

21. Les établissements humains les plus vulnérables sont ceux qui sont aujourd'hui les plus exposés aux risques de catastrophes naturelles : inondation des plaines côtières ou fluviales, fortes sécheresses, glissements de terrains, violentes tempêtes de vent et cyclones tropicaux par exemple. Les populations les plus vulnérables sont les populations des pays en développement, les groupes à faibles revenus, les habitants des zones côtières basses et des îles, ceux des herbages dans les régions semi-arides et la population urbaine pauvre des habitats précaires, des taudis et des bidonvilles, en particulier dans les mégapoles. Dans les pays au littoral bas, comme le Bangladesh, la Chine et l'Égypte, de même que dans les petites nations insulaires, les inondations provoquées par l'élévation du niveau de la mer et par les marées de tempêtes pourraient entraîner d'importants déplacements de population. L'amenuisement des approvisionnements en eau et en aliments joint à une augmentation des problèmes de santé résultant de la propagation d'infections favorisées par la chaleur pourraient avoir des répercussions majeures sur la situation sanitaire, en particulier dans les grandes agglomérations urbaines.

22. Les variations des précipitations et des températures pourraient modifier radicalement le tableau des maladies transmises par les vecteurs et par les virus qui gagneraient des latitudes plus élevées, menaçant de nombreuses populations. Comme cela s'est déjà produit dans le passé, à la suite d'événements comparables, on pourrait alors assister à de vastes migrations, ce qui conduirait au bout de quelques années à l'instabilité sociale et à une dislocation des modes d'habitat dans certaines régions. On peut s'attendre à ce que le réchauffement global ait une incidence sur l'abondance des ressources en eau et de la biomasse, deux sources majeures d'énergie dans de nombreux pays en

développement. Il est aussi probable que les effets de cette élévation thermique varieront d'une région à l'autre et à l'intérieur d'une même région, en ce sens qu'il y aura perte d'eau et de biomasse dans certaines régions et gain dans d'autres. De telles modifications dans des zones qui accusent un déficit en eau risquent de compromettre l'exploitation de ressources indispensables pour l'habitat humain et la production d'énergie. Qui plus est, le changement climatique proprement dit peut aussi avoir des effets, différents selon les régions, sur la distribution d'autres sources d'énergie renouvelables, telles que l'énergie éolienne et solaire. Dans les pays développés, certaines des principales incidences de l'évolution du climat sur le secteur de l'énergie, les transports et les activités industrielles résultera des stratégies que l'on appliquera, par exemple en réglementant l'emploi des combustibles, en taxant les émissions ou en encourageant une plus large utilisation des transports collectifs. Dans les pays en développement, la position concurrentielle de nombreuses entreprises risque de se trouver compromise si l'abondance et le prix de certains facteurs de production - énergie, eau, aliments et fibres - changent du fait de l'évolution du climat.

23. L'élévation thermique et l'accroissement du rayonnement ultraviolet résultant de l'appauvrissement de la couche d'ozone stratosphérique peuvent affecter la qualité de l'air en provoquant, par exemple, une augmentation de l'ozone en surface dans certaines zones urbaines polluées. Une plus forte intensité du rayonnement ultraviolet B à la surface de la Terre augmenterait les risques de lésions oculaires et cutanées et pourrait désorganiser la chaîne alimentaire marine.

Océans et zones côtières

24. Le réchauffement global aura pour effet d'accélérer l'élévation du niveau de la mer et de modifier la circulation océanique et les écosystèmes marins. Les conséquences socio-économiques seront considérables, alors que le niveau de la mer tend déjà à monter et que les ressources des zones côtières sont grevées par la pollution et la surexploitation. Une augmentation de 30 à 50 cm du niveau de la mer (prévue pour 2050) menacerait les îles et les zones côtières basses. Une élévation d'un mètre d'ici l'an 2100 rendrait certains pays insulaires inhabitables, déplacerait des dizaines de millions de personnes, menacerait gravement les zones urbaines basses, inonderait des terres productives, contaminerait les approvisionnements d'eau douce et modifierait le tracé des rivages. Tous ces problèmes se trouveraient aggravés par une plus forte intensité des sécheresses et des perturbations météorologiques. La défense du littoral exigerait des investissements coûteux. L'élévation rapide du niveau de la mer modifierait l'écologie côtière et mettrait en péril de nombreuses pêcheries importantes. La diminution des glaces de mer profiterait certes à la navigation, mais aurait des répercussions très fâcheuses pour les mammifères et oiseaux marins qui vivent sur la banquise.

25. La structure globale du bilan thermique et de la circulation des océans se modifierait, affectant la capacité d'absorption de chaleur et de CO₂ de l'océan et entraînant un déplacement des zones de remontée d'eau froide associées aux pêcheries. Les effets varieraient d'une zone géographique à l'autre et l'on pourrait assister à une modification des habitats, à une réduction de la diversité biologique et à un déplacement des organismes marins et des zones productives, qui toucheraient notamment d'importantes espèces commercialisées. De telles modifications régionales des pêcheries auraient sans nul doute des répercussions sociales et économiques majeures.

Manteau nival saisonnier, glaces et pergélisol

26. L'étendue zonale et le volume de certains éléments de la cryosphère terrestre (manteau nival saisonnier, couches de pergélisol au voisinage de la surface et glaces) diminuerait notablement ce qui, considéré dans un contexte régional, pourrait avoir de graves conséquences pour les écosystèmes et les activités socio-économiques qui leur sont associés. De plus, ces réductions pourraient, dans certaines régions, être plus soudaines que progressives du fait de rétroactions positives liées au réchauffement climatique.

27. La superficie et la persistance du manteau nival saisonnier devraient diminuer dans la plupart des régions, en particulier aux latitudes moyennes, mais il est possible que certaines régions des latitudes élevées connaissent une augmentation de la couverture neigeuse saisonnière. Ces modifications auront des conséquences régionales à la fois positives et négatives sur les ressources en eau (par suite de changements dans l'époque de la fonte des neiges et dans le volume du ruissellement nival), sur les transports (routiers, maritimes, aériens et ferroviaires) et sur le secteur des loisirs.

28. Les effets de la diminution globale du volume des glaciers et des glaces seront altérés dans certaines régions par des chutes de neige plus abondantes pouvant entraîner une accumulation de la glace. Le recul des glaciers aura des répercussions sensibles sur les ressources en eau, à l'échelon local et régional, et, partant, sur les approvisionnements en eau et sur la capacité de production d'énergie hydroélectrique. Ce recul et la fonte progressive des glaces contribueront aussi à faire monter le niveau des mers.

29. Le pergélisol qui occupe aujourd'hui 20 à 25 % du sous-sol de l'hémisphère Nord pourrait se dégrader notablement durant les 40 à 50 prochaines années. Avec l'augmentation prévue de la profondeur du mollisol (couche active soumise aux alternances de gel et de dégel) qui recouvre le pergélisol et le recul de celui-ci vers des latitudes et des altitudes plus élevées, le terrain pourrait devenir plus instable et les risques d'érosion et d'éboulements plus nombreux. Les écosystèmes des sols gelés en permanence pourraient s'en trouver sensiblement altérés et la solidité des ouvrages et des installations humaines compromise, ce qui serait lourd de conséquences pour les établissements humains et les possibilités d'aménagement.

Mesures à prendre

30. Les conclusions auxquelles le Groupe de travail II est arrivé mettent en évidence les lacunes de notre savoir, particulièrement en ce qui concerne des incidences régionales de l'évolution du climat et les zones les plus exposées aux efforts de cette évolution. Les travaux devront donc se poursuivre, à l'échelon tant national qu'international, dans les domaines de recherche ci-après :

- étude des incidences régionales de l'évolution du climat sur le rendement des cultures et du bétail et sur les coûts de production;
- recensement des pratiques et techniques agricoles convenant à des régimes climatiques différents;
- analyse des facteurs qui influent sur la distribution des espèces et sur leur sensibilité à l'évolution du climat;
- mise en place et exploitation de systèmes de surveillance intégrée des écosystèmes terrestres et marins;
- inventaire des ressources en eau et évaluation de la qualité de l'eau, en particulier dans les pays en développement des zones arides et semi-arides; évaluation du degré de sensibilité des ressources en eau et de la qualité de l'eau à l'évolution du climat;
- prévision à l'échelle régionale des modifications de l'humidité du sol, des précipitations et du régime des eaux de surface et des eaux souterraines ainsi que de leur distribution interannuelle par suite de l'évolution du climat;
- évaluation du degré de sensibilité des pays à un gain ou une perte de ressources énergétiques, en particulier la biomasse et l'énergie hydroélectrique dans le cas des pays en développement;
- étude de la capacité d'adaptation des populations humaines vulnérables à la chaleur excessive ainsi qu'aux maladies transmises par les vecteurs et les virus;
- surveillance des variations du niveau de la mer à l'échelle du globe, en particulier pour les pays insulaires;
- identification des populations et des secteurs de production (agricole notamment) à risque dans les zones côtières et les pays insulaires;
- étude de la nature et de la dynamique des masses glaciaires et de leur sensibilité à l'évolution du climat;
- prise en compte des incidences prévues de l'évolution du climat dans la planification, en particulier pour les pays en développement;

- élaboration de méthodes permettant d'évaluer la sensibilité de l'environnement et des systèmes socio-économiques à l'évolution du climat.

31. Certaines de ces questions sont déjà inscrites dans différents programmes d'études en cours ou projetés et qu'il faudra continuer d'appuyer. Les trois grands projets qui sont au centre du Programme international concernant la géosphère et la biosphère, à savoir :

- interactions terres émergées-océan dans les zones côtières
- aspects du cycle hydrologique relatifs à la biosphère
- incidence du changement global sur l'agriculture et la société

devraient, en particulier, fournir des indications très précieuses d'ici quelques années.

1. Scénarios

1.0.1 Toute modification consécutive à un accroissement des émissions de gaz à effet de serre doit être considérée dans le contexte de changements déjà en cours et qui sont appelés à se poursuivre sous l'action d'autres facteurs, par exemple :

- les changements naturels - c'est-à-dire les changements commandés par des facteurs solaires et tectoniques qui se produisent sur de longues périodes, d'une part, et de l'autre, les changements plus rapides qui sont commandés par les régimes de la circulation de l'océan et de l'atmosphère;
- la croissance démographique : on prévoit que d'ici le milieu du siècle prochain, la Terre comptera plus de 10 milliards d'habitants; cette croissance ne se répartira pas également entre les régions, mais touchera essentiellement celles dont la situation est déjà critique;
- les modifications de l'utilisation des sols - le défrichement de forêts pour la production agricole, et une exploitation plus intensive des terres agricoles existantes, aggraveront la détérioration des sols et augmenteront les besoins en eau.

1.0.2 L'idéal eût bien sûr été que le Groupe de travail I puisse établir, pour les modifications climatiques résultant des émissions de gaz à effet de serre, des scénarios sur lesquels le Groupe de travail II aurait pu fonder ses analyses. Cela n'a toutefois pas été possible, les deux groupes ayant dû se mettre simultanément à l'oeuvre. Pour pouvoir terminer ses travaux à temps, le Groupe de travail II a donc utilisé un certain nombre de scénarios inspirés de la littérature spécialisée.

1.0.3 Ces scénarios prévoient dans l'ensemble :

- i) un doublement effectif d'ici 2025 à 2050 des concentrations de CO₂ dans l'atmosphère par rapport aux concentrations préindustrielles, au cas où les émissions se poursuivraient au rythme des activités, sans modification des orientations actuelles;
- ii) une hausse consécutive de la moyenne globale des températures du globe de l'ordre de 1,5 à 4,5 °C;
- iii) une distribution inégale de cette élévation thermique, à savoir une hausse égale à la moitié de la moyenne globale dans les régions tropicales et une hausse plus marquée correspondant à deux fois la moyenne globale dans les régions polaires;
- iv) une élévation du niveau de la mer d'ici l'an 2050 de l'ordre de 30 à 50 cm et d'environ 1 m d'ici 2100 accompagnée d'une augmentation de la température de l'océan en surface de l'ordre de 0,2 à 2,5 °C.

1.0.4 Ces hypothèses concordent avec l'évaluation faite récemment par le Groupe de travail I qui, dans le cas d'un scénario correspondant à la poursuite des émissions et des activités, prévoit une hausse globale des températures du globe de l'ordre de 1 °C par rapport aux valeurs actuelles d'ici 2025 et de 3 °C avant la fin du vingt et unième siècle. L'élévation du niveau de la mer selon ce scénario serait toutefois de l'ordre de 20 cm environ d'ici 2030 et de quelque 65 cm d'ici la fin du siècle prochain. Les conséquences d'une élévation de 1 à 2 m peuvent néanmoins servir d'avertissement de ce qui se produirait faute de réglementer les émissions.

1.0.5 La perspective d'une élévation plus faible du niveau de la mer ne saurait atténuer l'inquiétude des petites nations insulaires, quant à leurs chances de survie, notamment celles du Pacifique, de l'océan Indien et de la mer des Caraïbes, pas plus que des populations plus nombreuses des régions côtières basses, celles du Bangladesh, par exemple. Il est difficile de prévoir avec certitude les conséquences régionales d'une élévation du niveau de la mer qui accuse déjà des variations significatives dues à diverses causes, tandis que le niveau des terres subit des variations notables liées aux mouvements des plaques tectoniques, qui peuvent aussi engendrer des montées et des baisses de niveau.

1.0.6 Les hypothèses de travail du Groupe de travail II ont été construites au moyen de modèles de la circulation générale ou selon la méthode des analogies paléoclimatiques. Cette méthode est proposée par les chercheurs soviétiques pour évaluer l'évolution et les modifications du climat. Elle part du principe que l'étude des époques géologiques chaudes passées peut nous donner une idée de l'évolution future du climat. Quant aux modèles de la circulation générale, élaborés et utilisés par les scientifiques occidentaux, ils fournissent une représentation mathématique tridimensionnelle des processus physiques de l'atmosphère et des interactions de celle-ci avec la surface de la Terre et avec les océans. Les avantages et les inconvénients respectifs des deux méthodes font l'objet de débats scientifiques très animés, comme on pourra le constater en lisant le rapport du Groupe de travail I.

1.0.7 Les scénarios paléoclimatiques retenus par les chercheurs soviétiques mettent en scène trois périodes géologiques chaudes auxquelles on a appliqué les estimations des futurs taux de concentration de CO₂. Les détails de cette opération figurent dans le tableau 1. Les résultats concordent apparemment avec ceux des modèles de la circulation générale pour différentes concentrations de CO₂, mais les facteurs qui sont à l'origine des changements climatiques survenus pendant ces trois époques géologiques restent largement inexpliqués. C'est pourtant sur cette base que se fondent les spécialistes soviétiques pour prévoir l'évolution du climat des différentes régions de l'URSS.

Groupe de travail I - Estimations relatives aux changements climatiques d'échelle régionale

(Scénario retenu par le GIEC pour des émissions correspondant à la poursuite des activités - modifications par rapport aux valeurs préindustrielles)

Les estimations fournies par des modèles à haute résolution, réglés de façon à obtenir une hausse globale moyenne de 1.8 °C correspondent à la meilleure estimation (2,5 °C) de la réaction du climat à l'effet de serre. Il convient d'opérer une réduction de 30 % pour la valeur estimative basse de 1,5 °C et une augmentation de 50 % pour la valeur estimative haute de 4,5 °C. Ces estimations sont peu fiables.

Centre de l'Amérique du Nord (35 °-50 ° N, 85 ° -105 ° W)

L'élévation de température varie de 2 à 4 °C en hiver et de 2 à 3 °C en été. Les précipitations augmenteront de 0 % à 15 % en hiver, pour diminuer de 5 à 10 % en été. L'humidité du sol décroît de 15 à 20 % en été.

Asie du Sud-Est (5 ° -30 ° N, 70 ° -105 ° E)

La hausse de température varie entre 1 et 2 °C tout au long de l'année. Les précipitations restent relativement stables en hiver pour augmenter de 5 à 15 % en été dans toute la région. L'humidité du sol augmente de 5 à 10 % en été.

Région du Sahel (10 ° -20 ° N, 20 ° W-40 ° E)

La hausse de température varie de 1 à 3 °C. On a quelques indices d'une augmentation marginale des précipitations zonales moyennes et d'une diminution, également marginale, de l'humidité moyenne du sol en été. On relève toutefois une augmentation et une diminution concomitantes de ces deux paramètres dans certaines zones réparties sur l'ensemble du territoire.

Europe méridionale (30 ° -50 ° N, 10 ° W-45 ° E)

La hausse de température est de l'ordre de 2 °C en hiver et varie de 2 à 3 °C en été. On a quelques indices que les précipitations augmenteront en hiver, mais elles diminueront de 5 à 15 % en été de même que l'humidité du sol (de 15 à 25 %).

Australie (12 ° -45 ° S, 110 ° -155 ° E)

La hausse de température varie entre 1 et 2 °C en été et est de l'ordre de 2 °C en hiver. On relève une augmentation des précipitations estivales de l'ordre de 10 %, mais les modèles ne donnent pas d'estimations cohérentes pour l'humidité du sol. Les moyennes zonales masquent d'importantes variations d'échelle subcontinentale.

1.0.8 Les modèles de la circulation générale donnent une représentation encore assez grossière de bon nombre des processus en jeu. On peut toutefois s'en servir pour simuler les changements climatiques d'échelle régionale correspondant à diverses concentrations de CO₂ dans l'atmosphère. Le Groupe de travail I préconise cette méthode pour la prévision des hausses de température et celle des modifications des précipitations. Son rapport contient des estimations correspondant à l'an 2030 pour le centre de l'Amérique du Nord, le Sud de l'Asie, la région du Sahel, le sud de l'Europe et l'Australie. Ces estimations, reproduites dans l'encadré, sont voisines de celles retenues par le Groupe de travail II.

1.0.9 Malgré les incertitudes qui les caractérisent, le Groupe de travail II a appliqué ces deux techniques pour décrire les incidences régionales de l'évolution du climat à l'intention des décideurs. La prévision des précipitations soulève quelques difficultés, vu les divergences qui existent entre les produits des différents modèles. Cela tient à la simplification de la représentation de processus physiques complexes. Les scientifiques travaillent actuellement à perfectionner leur technique et à affiner la résolution des modèles de la circulation générale pour améliorer les prévisions d'échelle régionale. La méthode des analogies paléoclimatiques, qui pose aussi des problèmes, produit pour les précipitations des scénarios différents de ceux

Tableau 1 Analogies paléoclimatiques utilisées par les chercheurs soviétiques

Période	Analogie (années)	Température (différence par rapport à aujourd'hui)	Concentration de CO ₂ dans le passé (ppmv)	Concentration supposée de CO ₂ (ppmv)
Holocène supérieur	2000	+1	280	380
Période interglaciaire	2025	+2	280	420
Pliocène	2050	+4	500-600	560

construits à partir des modèles de la circulation générale, d'où une évaluation différente des incidences d'une modification des régimes pluviométriques sur les ressources en eau et sur l'agriculture. Les chercheurs soviétiques s'emploient donc à valider leur méthode et à affiner les scénarios d'échelle régionale.

1.0.10 Il convient de noter que, dans bon nombre de situations, l'incidence globale est déterminée par les modifications de l'ampleur et de la fréquence d'extrêmes météorologiques ou climatologiques, plutôt que par celles des moyennes. Cela vaut surtout pour les sécheresses et les tempêtes tropicales. L'analyse du Groupe de travail I fait apparaître une faible probabilité d'augmentation de la fréquence de ces conditions extrêmes. Il est toutefois parfaitement possible que celle-ci subisse dans certaines régions, le contrecoup d'un déplacement des régimes climatiques.

1.0.11 L'importante question de l'incidence des stratégies de parades possibles (définies par le Groupe de travail III) sur les scénarios retenus dans le présent rapport n'a pas été traitée. Ainsi, un changement d'orientation marqué en faveur de l'énergie nucléaire ou des sources d'énergie renouvelables de préférence aux combustibles fossiles pourrait modifier radicalement nos évaluations. De même, une modification des pratiques agricoles influencerait notablement sur les rendements de certaines cultures dans certaines régions. L'étude des répercussions des stratégies de parades demande à être très largement approfondie.-

1.0.12 Malgré toutes les incertitudes, il est possible d'évaluer les incidences potentielles de l'évolution du climat en considérant la sensibilité des systèmes naturels à des variations significatives. Ces incidences sont récapitulées ci-après sous les rubriques suivantes : Agriculture et exploitation de la forêt; Écosystèmes terrestres; Hydrologie et ressources en eau; Établissements humains, énergie, transport, activités industrielles, santé, qualité de l'air; Océans et zones côtières; Cryosphère terrestre.

SYNTHÈSE DES CONCLUSIONS

2. Incidences potentielles de l'évolution du climat sur l'agriculture, l'utilisation des sols et l'exploitation de la forêt

2.1 Agriculture

Principales conclusions

- On dispose aujourd'hui grâce à diverses études, d'éléments de preuve suffisants pour supposer que tout changement climatique aurait des effets non négligeables sur l'agriculture et notamment sur le bétail. Toutefois, il plane encore sur la forme que

revêtiront ces effets dans telle ou telle région des incertitudes qui ne peuvent que nous préoccuper. Ainsi, les études n'ont pas encore établi de façon concluante si, dans l'ensemble, le potentiel agricole global augmentera ou diminuera.

- La modification des conditions météorologiques et de la situation des maladies, des parasites et des herbes adventices résultant de l'évolution du climat pourrait avoir des incidences régionales négatives, qui nécessiteront que l'on innove dans le domaine des techniques et des pratiques agricoles. Certaines régions pourraient être sévèrement touchées, en particulier celles qui sont aujourd'hui les plus vulnérables et, partant, les moins aptes à s'adapter.
- L'allongement de la saison de croissance pourrait accroître les rendements potentiels aux latitudes moyennes et élevées, mais il est peu probable que cet effet positif, qui se limiterait d'ailleurs essentiellement à l'hémisphère Nord, ouvre de vastes perspectives nouvelles pour la production.
- Tout porte à croire somme toute qu'il sera possible, face aux changements climatiques prévus, de maintenir la production alimentaire mondiale pratiquement au même niveau que si cette évolution n'avait pas eu lieu; on ignore toutefois ce que cela coûterait. Il n'en reste pas moins que cette évolution du climat pourrait aggraver les problèmes liés à une croissance démographique rapide.

Principaux problèmes

Ampleur des bouleversements possibles

2.1.1 Les variations de productivité qui résulteraient des changements climatiques envisagés pourraient accroître les coûts de production de certaines cultures aux latitudes moyennes, le maïs et le soja par exemple, correspondant à une légère diminution nette de la contribution de ces cultures à la production alimentaire globale. Une hausse de la production rizicole serait en revanche possible si l'apport hydrique augmentait en Asie du Sud-Est, mais cet effet positif risquerait d'être limité par une augmentation de la nébulosité et des températures. Il s'ensuit que la hausse moyenne de l'ensemble des coûts de production imputable aux changements climatiques pourrait être peu importante à l'échelle du globe.

2.1.2 Beaucoup dépendra en fait du caractère plus ou moins positif des effets « directs » d'une augmentation des concentrations de CO₂ sur le rendement des cultures. Si, dans certaines grandes zones de production la productivité végétale augmentait sensiblement et que l'apport en eau augmente également, la production mondiale des céréales de base pourrait s'accroître par rapport à la demande. Si, au contraire, les effets positifs de l'accroissement des concentrations de CO₂ se révélaient minimes et que

l'incidence des changements climatiques soit entièrement négative pour le potentiel agricole de la majorité ou de la totalité des grandes régions exportatrices de denrées alimentaires. Les coûts moyens de la production agricole mondiale pourraient alors augmenter de façon significative.

Régions et secteurs particulièrement vulnérables

2.1.3 Dans l'hypothèse où les quantités d'eau disponible pour les cultures diminueraient sous l'effet conjugué d'une capacité de ressources limitée par rapport à la population actuelle et d'une éventuelle diminution des ressources agricoles, deux grands groupes de régions seraient plus particulièrement exposés aux effets négatifs de l'évolution du climat : 1) certaines parties des zones semi-arides, tropicales et subtropicales (par exemple, l'ouest de l'Arabie, la région du Maghreb, l'ouest de l'Afrique occidentale, la corne de l'Afrique et l'Afrique australe, l'est du Brésil); et 2) des régions tropicales et équatoriales humides comme par exemple l'Asie du Sud-Est et l'Amérique centrale.

2.1.4 De plus, des régions aujourd'hui exportatrices nettes de céréales pourraient voir diminuer leur capacité productive. Toute baisse de production dans ces régions pourrait avoir une influence marquée sur l'évolution de la structure globale des prix alimentaires et de la composition des échanges. Au nombre de ces régions figureraient par exemple, l'Europe occidentale, le sud des États-Unis, certaines régions d'Amérique du Sud et l'ouest de l'Australie occidentale.

Effets d'une modification des extrêmes climatiques

2.1.5 Des variations relativement faibles de la moyenne des précipitations et des températures peuvent influencer fortement sur la fréquence des valeurs extrêmes des apports de chaleur et d'eau. Ainsi, une hausse de 1 à 2 °C de la moyenne des températures annuelles pourrait, dans certaines régions, accroître sensiblement le nombre de journées très chaudes durant lesquelles une chaleur excessive peut être dommageable pour le bétail et les cultures des régions à climat tempéré. De même, une diminution de la teneur moyenne du sol en eau en raison d'une évapotranspiration accrue pourrait augmenter de beaucoup le nombre de jours où l'apport d'eau disponible pour telle ou telle culture sera inférieur à la valeur seuil minimale.

2.1.6 Bien que nous ignorons encore presque tout de la façon dont la fréquence des conditions extrêmes pourra varier sous l'effet de l'évolution du climat, il est à craindre que les principales régions exportatrices de denrées alimentaires n'aient à pâtir durement des effets potentiels de sécheresses ou de fortes chaleurs concomitantes. De plus, une diminution relativement faible des pluies, une nouvelle distribution des précipitations ou une évapotranspiration accrue pourraient augmenter notablement la probabilité, l'intensité et la durée des sécheresses dans les régions aujourd'hui exposées à ce fléau (et qui souffrent souvent de pénurie alimentaire). L'augmentation des risques de

sécheresse constitue pour l'agriculture la plus grave des conséquences potentielles de l'évolution du climat à l'échelon tant régional que mondial.

Incidences sur la croissance des cultures, la dégradation des sols, les parasites et les maladies

2.1.7 On peut s'attendre à ce que l'augmentation des concentrations de CO₂ dans l'atmosphère accélère la croissance de certaines céréales de base; ce sera le cas, par exemple, du blé et du riz mais non du millet, du sorgho ou du maïs. Il se pourrait aussi que le rendement de la consommation en eau des plantes cultivables augmente avec l'apport de CO₂. On ignore toutefois jusqu'à quel point les effets bénéfiques « directs » d'une augmentation des concentrations de CO₂ se feront sentir au niveau de l'exploitation (champ).

2.1.8 Il est probable que le réchauffement fera reculer les limites thermiques de l'agriculture vers les pôles, ce qui pourrait bien accroître les rendements potentiels aux latitudes élevées. Mais, il se pourrait aussi qu'une bonne part de ce potentiel ne puisse se réaliser en raison de la nature des sols et de la topographie. De plus, le déplacement des limites hydriques de l'agriculture dans certaines régions semi-arides et subhumides pourrait réduire ce potentiel de façon significative, ce qui, à l'échelon régional, aurait de graves conséquences pour les approvisionnements alimentaires de certains pays en développement. La production horticole risque de baisser aux latitudes moyennes, faute d'une accumulation suffisante de jours de froidure pendant l'hiver. L'incidence de l'évolution du climat sera beaucoup plus marquée sur les cultures fruitières à longue durée de vie et à acclimatation lente que sur les cultures annuelles, pour lesquelles de nouveaux cultivars peuvent en remplacer rapidement d'autres.

2.1.9 La hausse des températures pourrait avoir pour effet d'étendre le domaine habitable de certains insectes nuisibles de plantes adventices et de maladies, leur permettant de gagner d'autres régions qui en se réchauffant, leur offriront de nouveaux habitats propices. Enfin, les variations de température et de précipitations peuvent altérer les caractéristiques du sol.

Incidences régionales

2.1.10 Il est probable que les effets de l'évolution du climat sur les rendements potentiels varieront fortement selon la nature des changements et les types d'agriculture.

2.1.11 Dans les régions septentrionales des latitudes moyennes où le dessèchement estival peut réduire la capacité productive (par exemple dans le sud et le centre de l'Amérique du Nord et en Europe australe), la capacité de rendement devrait, selon les estimations, accuser une baisse de 10 à 30 % dans un climat d'équilibre correspondant au doublement du CO₂ d'ici le milieu du siècle prochain. Au

voisinage de la limite septentrionale des principales régions productrices actuelles, cependant, le réchauffement pourrait contribuer à créer des conditions climatiques plus propices. Cela, joint aux effets directs d'un apport accru de CO₂, se traduirait par une augmentation appréciable des rendements potentiels. Cet effet positif pourrait toutefois être limité par la nature des sols, la topographie et les modes d'utilisation des terres.

2.1.12 On a quelques raisons de penser que l'élévation thermique pourrait abaisser la capacité de production céréalière globale en Amérique du Nord et en Europe australe et l'augmenter en Europe septentrionale. Le réchauffement pourrait aussi favoriser la production agricole aux abords de la limite septentrionale des zones actuelles de production de l'URSS et de l'Amérique du Nord; dans le sud de ces régions, cependant, cette hausse ne serait effective que si l'humidité du sol augmentait en proportion, ce qui n'est pour l'instant pas certain.

2.1.13 On ignore encore ce qui pourrait advenir dans les zones semi-arides et les régions tropicales humides, où la production potentielle est largement tributaire de l'apport en eau, car le tableau régional des modifications futures des précipitations est pour l'instant très peu clair. Il serait toutefois prudent de supposer que cet apport en eau pourrait diminuer dans certaines régions, ce qui désorganiserait fortement l'accès aux approvisionnements alimentaires.

Possibilités d'adaptation

2.1.14 On estime que, dans certaines parties du monde, les limites climatiques de l'agriculture reculeraient vers les pôles à raison de 200 à 300 km par degré Celsius supplémentaire, tandis que la progression des zones thermiques sur les versants montagneux pourrait être de l'ordre de 150 à 200 m.

2.1.15 L'agriculture a la capacité de s'adapter, dans des limites économiques et techniques données, à des changements climatiques d'une allure et d'une ampleur limitées. Cette faculté d'adaptation varie largement selon les régions et les secteurs. S'agissant de l'agriculture, aucune analyse approfondie n'a encore été faite.

2.1.16 Les agriculteurs des régions que caractérise un climat très variable seront sans doute plus capables d'adaptation que ceux qui connaissent des climats plus stables. Dans les pays en développement cependant, et particulièrement là où l'agriculture est déjà soumise à de dures contraintes, l'adaptabilité intrinsèque risque d'être beaucoup plus limitée. Aussi est-il important d'en préciser le degré afin de pouvoir déterminer le rythme et l'ampleur du changement climatique au-delà desquels les ajustements opérés à l'intérieur du système seraient impuissants à contrebalancer cette évolution.

Mesures recommandées

2.1.17 La présente étude met en relief l'insuffisance de nos connaissances. Il est clair que des informations complémentaires sur les conséquences possibles de l'évolution du climat nous aideraient à recenser la gamme complète des parades possibles et à déterminer celles qui pourraient se révéler les plus opérantes.

2.1.18 Les priorités à observer pour les recherches futures peuvent se récapituler comme suit :

- Il est nécessaire d'approfondir l'étude des effets de l'évolution du climat sur le rendement des cultures et du bétail dans les différentes régions et selon les différents types d'aménagement. On compte à ce jour moins d'une douzaine d'études régionales détaillées ce qui est insuffisant pour tirer des conclusions générales quant aux incidences de l'évolution du climat sur la production alimentaire à l'échelle d'une région comme à celle de la planète. Il faudra en particulier encourager la recherche dans les régions les plus vulnérables.
- Il est nécessaire de creuser l'étude des effets des changements climatiques sur divers processus physiques, par exemple sur la vitesse d'érosion et de salinisation des sols; sur la raréfaction des nutriments; sur les parasites, les maladies et les microbes vivant dans le sol, ainsi que sur leurs vecteurs; sur les conditions hydrologiques dans la mesure où elles affectent les quantités d'eau disponibles pour l'irrigation.
- Il nous faudra accroître proportionnellement notre connaissance des effets de l'évolution du climat sur les cultures et le bétail, sur la production à l'échelle de l'exploitation et du village, et sur les approvisionnements alimentaires nationaux et mondiaux. Cela est particulièrement important dans la mesure où il nous faudra concevoir des mesures d'adaptation ou de parade à l'échelon tant national que mondial. Il faudra aussi étudier plus avant les répercussions des changements climatiques sur les conditions sociales et économiques en milieu rural (du point de vue, par exemple, de l'emploi et des revenus, de la répartition équitable des richesses de l'infrastructure agricole et des services d'appui).
- Il faudrait en savoir davantage sur les ajustements techniques qui pourront se révéler efficaces au niveau de l'exploitation et à celui du village (irrigation, sélection des cultures, fertilisation, etc.) ainsi que sur les contraintes politiques et économiques qui restreindront l'application de tels ajustements. Il serait en particulier souhaitable que les centres nationaux et internationaux de recherche agronomes étudient la possibilité de lancer de nouveaux programmes pour recenser ou mettre au point des cultivars et des pratiques de gestion adaptés à des climats modifiés.

- Il nous faudra préciser l'utilité relative des diverses orientations possibles à l'échelle régionale, nationale et internationale (par exemple, remaniement du plan d'occupation des sols, amélioration génétique des plantes, amélioration des programmes de vulgarisation agricole, transfert d'eau à grande échelle, etc.).

2.2 Forêts aménagées et secteur forestier

2.2.1 Toutes les incidences évoquées ici reflètent l'incertitude qui est la notre quant à l'ampleur du réchauffement, ainsi qu'en ce qui concerne les hauteurs, la fréquence et la distribution des précipitations. Elles reflètent aussi l'avis général qu'un changement d'origine anthropique s'opère dans le sens d'une élévation thermique plus ou moins marquée selon la latitude et la continentalité.

2.2.2 La distinction entre les forêts aménagées et la forêt inexploitée n'est pas toujours très claire; dans le contexte présent, elle correspond au degré d'intervention humaine. Les forêts aménagées sont exploitées et leur renouvellement, leur remplacement ou leur restructuration obéissent à des objectifs précis et nécessitent une intervention concrète.

2.2.3 Les forêts aménagées ont des caractéristiques spécifiques. Elles fournissent une grande variété de produits et sont présentes dans de très nombreux pays, aux caractéristiques sociales, géographiques et politiques bien différentes. L'aménagement forestier ne va pas nécessairement de pair avec le niveau de développement économique et les populations ne dépendent pas toutes au même degré des produits forestiers. Aussi, la gravité des incidences de l'évolution du climat variera-t-elle d'un pays à l'autre, tout comme la capacité d'y faire face. Dans les pays tropicaux, les forêts aménagées recèlent typiquement des espèces exotiques, alors que les pays de l'hémisphère Nord privilégient davantage les essences indigènes.

Effets biophysiques sur les écosystèmes forestiers

2.2.4 Les effets de l'évolution du climat sur les écosystèmes forestiers se manifesteront à trois niveaux : celui de l'arbre et du microsite, celui du peuplement et du bassin versant et celui de la région. S'agissant des arbres, il faut prendre en compte leur capacité de résistance à la sécheresse et aux vents, les répercussions possibles d'une modification du cycle saisonnier (phase active et phase dormante), l'altération des taux de photosynthèse et l'utilisation plus efficace de l'eau. Au niveau du microsite, l'apport d'eau risque d'être limité et il se pourrait que les processus biologiques du sol s'amplifient. Le renouvellement de la forêt sera compromis s'il y a pénurie d'eau pendant la phase critique d'implantation.

2.2.5 Au niveau des peuplements, on peut craindre qu'insectes et maladies causent de graves dommages et que les pertes augmentent avec le changement. Les incendies seront plus violents et le fait que les forêts aménagées

recèlent moins de matières inflammables que les écosystèmes inexploités ne réduira pas leur fréquence, pas plus que cela n'affectera les conditions météorologiques qui déterminent la vitesse de propagation du feu ou l'étendue du brûlé. Les pays industrialisés ont grand peine à faire face à la situation actuelle et les superficies dévastées par le feu semblent être en augmentation. Les incendies seront peut-être moins fréquents dans la région tropicale au climat plus stable, mais les nombreuses plantations des zones semi-arides subiront les effets néfastes de l'évolution du climat. On peut s'attendre à une augmentation des coûts afférents aux inondations consécutives à l'élévation du niveau des mers et au bouleversement des configurations météorologiques. Il faudra utiliser du bois de qualité inférieure, dont la croissance aura été contrariée et engager des dépenses importantes pour déplacer l'infrastructure et les installations de transformation du bois à mesure que les zones boisées se déplaceront vers le nord. Considérés dans une perspective mondiale coûts et dislocations se caractérisent essentiellement par le fait que la nature et l'ampleur des changements varieront selon les pays et que certains sont plus capables que d'autres de faire face aux conséquences possibles.

2.2.6 Il se pourrait que l'évolution du climat entraînera un déplacement significatif des grandes zones de type forestier et de l'habitat des différentes espèces. Plusieurs des études, faites pour l'hémisphère Nord, donnent à penser qu'aux latitudes élevées comme aux basses latitudes, les limites des forêts tempérées et boréales (et celles des essences) pourraient reculer de plusieurs centaines de kilomètres vers le pôle. À l'inverse, les études consacrées à l'hémisphère Sud suggèrent que les espèces australiennes pourraient s'acclimater et croître à des températures beaucoup plus élevées que celles qui caractérisent leur distribution naturelle.

2.2.7 Au niveau des peuplements forestiers, les effets probables de l'évolution du climat seront les suivants : mortalité accrue sous l'effet de contraintes physiques; plus grande sensibilité aux insectes et aux maladies et infestations plus fréquentes des risques et augmentation de la fréquence des incendies; modification de la vitesse de croissance des peuplements, à la hausse comme à la baisse, implantation plus difficile des espèces par la régénération tant naturelle qu'artificielle; modification de la composition des espèces.

2.2.8 Deux grands groupes de forêts pourraient se révéler vulnérables : i) les forêts boréales dont les peuplements sont essentiellement équiennes et limités par la température et qui devraient subir des variations de température importantes et ii) les forêts des zones arides et semi-arides où des températures plus élevées et des précipitations stables ou en diminution pourraient mettre en péril les peuplements actuels. Ce risque pourrait toutefois être contrebalancé par une croissance plus rapide du fait d'un environnement atmosphérique plus riche en CO₂.

Conséquences socio-économiques

2.2.9 Partout dans le monde, l'humanité met la forêt à contribution pour se chauffer et pour se nourrir (cueillette et cuisson des aliments). L'évolution des écosystèmes forestiers et la distribution des arbres échappent totalement aux frontières politiques ou administratives. Les forêts aménagées exigent par définition des investissements importants et certains pays ont davantage les moyens que d'autres de consentir ces investissements et de courir le risque de le faire en pure perte.

2.2.10 Les forêts aménagées soumises à une exploitation intensive nécessitent des interventions nombreuses, qu'il s'agisse du choix des essences, de l'emplacement et de l'espacement des semis, des éclaircies, de la fertilisation ou de la protection. Ces interventions sont coûteuses et certains pays peuvent ne pas être en mesure de consentir, maintenir et protéger les investissements nécessaires.

2.2.11 L'augmentation des coûts afférents à la protection de la forêt sera inégalement répartie, ce qui pourrait inciter les pays plus pauvres à accélérer la récolte, à réduire les périodes de rotation et à se lancer dans des modes d'exploitation qui pourraient se révéler non viables. Nous avons besoin de données complémentaires sur cet effet secondaire et insidieux de l'évolution du climat. La forêt pourrait subir le contrecoup de la désorganisation du tissu social qui s'ensuivra dans de nombreux pays comme en témoignent aujourd'hui les incendies criminels et autres dégâts volontaires.

2.2.12 Les conséquences socio-économiques du déplacement des domaines habitables des différentes essences seront en partie déterminées par le fait que l'évolution du climat sera sans doute beaucoup plus rapide que la réaction naturelle (par la migration par exemple) des espèces.

2.2.13 Il se peut aussi que les nouveaux sites caractérisés pendant des millénaires par d'autres régimes climatiques et végétaux se révèlent inhospitaliers. Les critères autres qu'écologiques - par exemple les limites des bassins versants, des propriétés, des parcs, des réserves naturelles et des espaces récréatifs - n'auront aucune incidence sur le caractère plus ou moins propice des nouveaux sites, pas plus que sur la composition et le schéma de croissance des forêts sous les nouveaux climats.

2.2.14 Il est très probable que l'évolution du climat exacerbera plus qu'elle n'allégera la plupart des problèmes et des tensions que nous connaissons aujourd'hui ou que nous connaissons bientôt. Cette conclusion découle essentiellement de l'hypothèse selon laquelle, du fait de l'évolution du climat durant les trente à cinquante prochaines années, toutes les forêts de la planète seront menacées de régression, sous des formes variées et à des degrés divers. Ces changements coïncideront avec un fort accroissement démographique accompagné d'exigences et de sollicitations

nouvelles. Si, dans certaines régions en revanche, la forêt se trouvait largement épargnée par l'évolution du climat, ou que son taux de croissance augmente, peut-être sera-t-il possible d'alléger au moins partiellement la plupart des problèmes et des tensions.

Possibilités d'adaptation

2.2.15 Beaucoup peut être fait pour protéger les systèmes socio-économiques des conséquences d'un recul de la forêt imputable aux changements climatiques. Nous disposons pour ce faire de toute la panoplie des moyens de l'aménagement forestier, dont le choix et la mise en oeuvre dépendront des conditions locales; certains pourraient toutefois se révéler préjudiciables pour d'autres indicateurs, la faune sauvage par exemple, ou encore le secteur des loisirs.

2.2.16 S'agissant du bois, l'industrie des produits forestiers pourrait se tourner vers des techniques de transformation faisant appel à de nouveaux types et qualités de fibres et implanter de nouvelles usines dans les régions dont le potentiel s'améliore. Les pouvoirs publics peuvent appuyer les efforts des communautés tributaires de la forêt pour diversifier leur économie et s'engager dans une planification à long terme qui prenne en compte les changements qui s'opèreront dans la distribution future des terres propices à l'exploitation des forêts. Les équipements récréatifs offrent un autre exemple d'un secteur économique qui dépend de l'exploitation de la forêt. Secteur public et secteur privé doivent anticiper l'évolution des paysages boisés et se préparer à se défaire des installations anciennes pour investir dans de nouvelles.

Mesures recommandées

2.2.17 Notre capacité de faire face à l'évolution du climat, s'agissant du secteur forestier, est fonction de notre degré de connaissances. Certaines questions demeurent sans réponse, par exemple celle de savoir si les tensions et les problèmes qui nous préoccupent aujourd'hui auront à l'avenir la même priorité. Il faut aborder l'étude des conséquences socio-économiques de l'évolution du climat sous l'angle planétaire pour ce qui est de la portée, international pour l'organisation, institutionnel pour l'orientation et historique dans la perspective. Nous avons besoin de scénarios climatiques d'échelle régionale et d'un complément d'information sur les réactions des peuplements forestiers, les relations biologiques entre les espèces et leur habitat et sur la variabilité intrinsèque des espèces. L'évolution du climat met en relief la nécessité de concevoir des stratégies pour une gestion active du secteur forestier. Il faudra aussi préciser comment l'aménagement des forêts peut contribuer à atténuer le contrecoup de l'évolution du climat et à en exploiter les avantages.

2.2.18 L'une des principales conséquences de l'évolution du climat, qui commence d'ailleurs déjà à se manifester, est la grande inquiétude que cette évolution inspire à l'opinion

publique, en particulier à ceux dont les moyens d'existence dépendent du secteur forestier. L'application des décisions qui seront prises exigera la coopération du public, car il s'agit là d'un problème dont la solution est plus biologique qu'idéologique.

2.2.19 L'analyse des incidences socio-économiques de l'évolution du climat doit privilégier les climats de transition qui marqueront les quelques décennies à venir, et ne pas se limiter à des instants mais tenir compte de la vie que mènent les gens, dans des endroits donnés et sur une durée réelle. Il vaut la peine de se préparer à l'éventualité de conséquences importantes et graves en appliquant des politiques qui soient biologiquement viables, même si les changements intervenus devaient en fin de compte se révéler minimes.

2.2.20 L'étude des transformations biogéochimiques à l'échelle du globe est déjà complexe en soi; faire intervenir le facteur humain comme variable ajoute encore à la complexité de la tâche. Pourtant l'homme est au centre de l'étude des systèmes écologiques. Nous devons prendre en compte les impératifs institutionnels et les influences politiques et économiques que subissent les populations dans les différents pays, en même temps que la diversité culturelle qui caractérise nos actes et peuvent les gouverner.

2.2.21 Nous ne savons pas grand chose de la nature et de la distribution spatio-temporelle du changement climatique proprement dit, de la façon dont les manifestations de cette évolution pourraient influencer sur la forêt et son habitat, ou encore des conséquences qui pourraient en résulter pour ce que nous ferons de nos forêts. Qui plus est, on ne s'est encore guère occupé des moyens que la société pourrait mettre en oeuvre face à l'évolution de l'environnement et des conditions socio-économiques, évolution rapide et tout à fait indépendante de celle du climat.

2.2.22 Il faudra, dans un avenir proche (au début des années 90), organiser et mener à bien divers travaux essentiels de recherche et d'évaluation afin de pouvoir donner un début de réponse aux questions qui viennent d'être évoquées. Cet effort devra englober : i) la construction de scénarios climatiques d'échelle régionale plus fiables; ii) la simulation des incidences de l'évolution du climat sur les peuplements des forêts aménagées; iii) des études de modélisation qui permettront de mieux comprendre les corrélations entre les espèces et leurs habitats; iv) l'analyse de la façon dont l'aménagement forestier pourrait contribuer à atténuer les effets non souhaités de l'évolution du climat et à tirer profit des avantages qui peuvent en découler; v) l'analyse régionale des risques de dislocation des habitats de la faune sauvage et d'une désorganisation de la contribution de la forêt au secteur des loisirs du fait de l'altération des structures forestières résultant de l'évolution du climat; vi) l'analyse régionale des conséquences socio-économiques régionales que les fluctuations des approvisionnements en bois d'oeuvre consécutives à l'évolution du climat pourraient avoir pour les communautés rurales, les entreprises industrielles, le marché et le commerce des produits

forestiers, ainsi que pour les pouvoirs publics; vii) la réalisation d'analyses de synthèse des diverses orientations qui pourraient être retenues pour préparer le secteur forestier à l'évolution du climat; viii) l'évaluation périodique, par télédétection notamment, de la destruction des forêts tropicales.

3. Incidences potentielles de l'évolution du climat sur les écosystèmes terrestres naturels et conséquences socio-économiques

Principales conclusions

3.0.1 Elles comprennent :

- L'augmentation globale des concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère et les changements climatiques qui en résulteront auront des conséquences importantes pour les écosystèmes terrestres naturels et pour les systèmes socio-économiques qui leur sont associés.
- Les zones climatiques pourraient se déplacer de quelques centaines de kilomètres vers les pôles. Flore et faune réagiraient avec retard, survivant là où elles se trouvent et seraient donc exposées à des régimes climatiques différents.
- La nature et l'ampleur des incidences de l'évolution du climat sur les écosystèmes terrestres naturels dépendront au premier chef de la vitesse à laquelle les changements s'opéreront. Comme il est probable que cette vitesse sera supérieure au temps de réaction de certaines espèces, les réactions pourront être immédiates ou progressives.
- Les nouveaux régimes climatiques pourraient se révéler moins propices dans certains cas (par exemple à basse latitude et à faible altitude) et plus propices dans d'autres (par exemple vers les latitudes plus élevées). C'est dans le désert polaire, la toundra et la forêt boréale que la zone de végétation devrait subir les plus grandes transformations.
- On ne doit pas s'attendre à ce que les écosystèmes se déplacent d'un seul bloc, mais plutôt à ce qu'ils changent de structure sous l'effet des changements qui interviendront dans la distribution et l'abondance des espèces.
- Certaines espèces pourraient s'éteindre sous l'effet de contraintes accrues conduisant à une réduction de la diversité biologique globale, alors qu'une diminution des contraintes subies permettra à d'autres de prospérer.

- Les communautés les plus menacées sont celles dont les possibilités d'adaptation sont les plus restreintes (communautés préalpines, alpines, polaires, insulaires et côtières, zones de végétation vestigiale, terres patrimoniales et réserves) et celles pour lesquelles le changement climatique viendra s'ajouter à des contraintes déjà fortes.
- Il est probable que la fréquence de divers facteurs perturbateurs - incendies, attaques de parasites, etc. - augmentera dans certaines régions, ce qui aura pour effet d'accentuer les modifications des écosystèmes.
- Les effets directs d'une atmosphère plus riche en CO₂ pourraient favoriser la croissance des plantes, accroître le rendement de leur consommation d'eau et renforcer leur résistance à la salinité, bien que cet effet positif puisse être à la longue amoindri par les rétroactions de l'écosystème. Un taux de pollution plus élevé pourrait aussi limiter ces effets positifs.
- Les incidences du climat sur les écosystèmes terrestres naturels auront des conséquences socio-économiques importantes, en particulier dans les régions du globe où sociétés et économies sont tributaires de ces écosystèmes dont l'altération pourrait modifier sensiblement les ressources (denrées alimentaires, combustible, médicaments, matériaux de construction) et les revenus. Dans certaines régions, les industries des produits à base de fibres, et celles du tourisme et des loisirs, pourraient être affectées.

Principaux problèmes

3.0.2 Les changements climatiques prévus exposeront les écosystèmes à un climat plus chaud que celui qu'ils auront connu durant leur récente évolution et ce réchauffement s'effectuera 15 à 40 fois plus vite que lors du passage des époques glaciaires aux époques interglaciaires passées. Cette évolution climatique, à la fois ample et rapide, désorganisera les écosystèmes, certaines espèces se trouvant en mesure d'étendre leur domaine habitable tandis que d'autres deviendront moins viables et pourraient même disparaître.

3.0.3 Nos connaissances actuelles ne nous permettent pas de nous livrer à une analyse exhaustive et détaillée des incidences de l'évolution du climat sur les écosystèmes terrestres naturels. Plusieurs hypothèses plausibles peuvent cependant être avancées. Toutes les estimations présentées ci-après sont fondées sur les scénarios relatifs à l'augmentation des concentrations de gaz dans l'atmosphère et aux changements qui en résulteront pour le climat de la planète. Il est par contre impossible d'évaluer les conséquences des modifications de la variabilité du climat, car cela exigerait des analyses climatiques dont nous ne disposons pas.

Espèces particulièrement sensibles

3.0.4 Les espèces les plus sensibles à l'évolution du climat sont les suivantes :

- celles qui ont déjà atteint (ou dépassé) les limites de leur habitat optimal;
- celles que l'on ne trouve que dans certaines zones géographiques (par exemple dans les îles, les pics montagneux, les lambeaux de végétation vestigiale dans les zones rurales, les parcs naturels et les réserves);
- les espèces en voie de dégénérescence;
- les organismes ayant des niches écologiques spécifiques;
- les espèces à faible capacité de propagation;
- les espèces qui se reproduisent plus lentement;
- les populations localisées d'espèces annuelles.

3.0.5 On pourrait en conclure que les communautés préalpines, alpines, polaires, insulaires et côtières, de même que les terres patrimoniales et les réserves sont particulièrement menacées dans la mesure où les espèces qui les composent pourraient ne pas être capables de survivre à l'évolution du climat ou de s'y adapter, les possibilités d'adaptation qui s'offrent à elles étant limitées.

Modification des limites des zones de végétation

3.0.6 L'élévation thermique de 1,5 à 4,5 °C prévue et les modifications des précipitations devraient conduire à un déplacement des limites des zones de végétation et affecter la composition floristique de ces zones et les espèces animales qui les caractérisent. Les limites des zones (toundra boréale, forêts tempérées, herbages) devraient se décaler de plusieurs centaines de kilomètres au cours des 50 prochaines années, mais les espèces se déplaceront à une allure qui sera limitée par divers obstacles et par les limites de leur faculté de se propager et qui ne devrait donc pas dépasser en moyenne 10 à 100 m par an.

3.0.7 Deux espèces d'arbre - les conifères et les feuillus thermophiles - trouveront un environnement propice vers les pôles, bien au-delà de leurs limites actuelles. Dans le nord de la partie asiatique de l'URSS, la limite de la zone se déplacera de 500 à 600 km vers le nord. La zone de toundra sera sans doute appelée à disparaître dans le nord de l'Eurasie.

3.0.8 A mesure que les régimes de précipitations se modifieront, les espèces pourront se rapprocher de l'équateur, ce qui permettra aux feuillus d'étendre leur domaine habitable et confèrera aux écosystèmes concernés

un caractère plus maritime du point de vue de la composition des espèces. Les steppes boisées de la partie européenne de l'URSS se modifieront, tandis que dans certaines régions du sud de la Sibérie occidentale, la limite entre la forêt et la steppe pourrait progresser de 200 km.

3.0.9 Dans les zones écoclimatiques semi-arides, arides et super-arides du bassin méditerranéen, les changements climatiques provoqués par l'effet de serre réduiront la productivité végétale, d'où une progression du désert dans les steppes d'Afrique du Nord et du Proche-Orient résultant d'une évapotranspiration accrue. La limite supérieure du désert se déplacera et atteindra très probablement la zone qui correspond aujourd'hui aux limites inférieures de la zone semi-aride (c'est-à-dire le pied des chaînes du Grand Atlas, du Moyen Atlas et de l'Anti-Atlas et de la dorsale tunisienne en Afrique du Nord, et des principaux systèmes montagneux du Proche et du Moyen-Orient : Taurus, montagnes du Liban, Alaouites, le Kurdistan, le Zagros et l'Alborz).

3.0.10 L'incidence de l'évolution du climat sur les forêts des régions tropicales et tempérées est mal connue. On peut imaginer, par exemple, que la Tasmanie deviendra au mieux une zone climatiquement «marginale» pour les forêts ombrophiles tempérées, essentiellement du fait de l'élévation des températures hivernales que suggèrent les scénarios climatiques. Il est peu probable que cette élévation thermique influe directement sur la forêt, mais elle pourrait faciliter l'invasion d'espèces moins résistantes au gel.

Modification des écosystèmes

3.0.11 Les changements climatiques consécutifs à l'effet de serre altéreront profondément les relations hydrologiques au sein des écosystèmes terrestres, à la fois directement en modifiant les apports d'eau - précipitations, écoulement, ruissellement, humidité du sol, couverture neigeuse et fonte, évapotranspiration - et indirectement en faisant varier le niveau des mers et des lacs, ce qui pourrait influencer les niveaux d'eau dans les écosystèmes côtiers et littoraux.

3.0.12 Le caractère saisonnier des précipitations joue aussi un rôle. Un allongement de la saison sèche, ou, à l'opposé, une élévation du niveau de la nappe phréatique, pourraient aboutir au même résultat : accentuer les risques de salinisation. Sous les climats méditerranéens et semi-arides, où l'évapotranspiration est supérieure aux précipitations pendant de longues périodes et où une perméabilité accrue, résultant de l'éclaircissement de la végétation ou un excès d'irrigation peuvent avoir élevé le niveau de la nappe phréatique, la salinisation de la surface du sol peut poser un problème majeur. Elle risque en effet de détruire la quasi totalité de la végétation holophyte, d'accélérer l'érosion du sol et d'altérer la qualité de l'eau. La salinisation pose déjà un problème dans de nombreuses régions méditerranéennes et semi-arides (par exemple sur le littoral de l'Australie occidentale, dans le bassin méditerranéen, dans la zone subtropicale de l'Afrique, etc.) et constitue une cause majeure de la progression accélérée du désert.

3.0.13 Les changements climatiques dus à l'effet de serre affecteront la structure et la composition des écosystèmes terrestres naturels par suite d'une modification des relations au sein de ces écosystèmes. Des espèces nouvelles pourraient alors se développer.

3.0.14 Compte tenu des nouvelles associations qui pourront se former à mesure que le climat évoluera, de nombreuses espèces se trouveront pour la première fois en face d'espèces concurrentes «étrangères». Certaines pourront disparaître localement, par suite de sécheresses et d'incendies de forêt plus fréquents et de l'invasion d'autres espèces. Il est une espèce qui, dans ces conditions, pourrait se propager, il s'agit du *Melaleuca quinquenervia*, plante de la famille des bambous que l'on trouve en Australie. Elle a déjà envahi la région des Everglades en Floride, constituant des peuplements monotypiques denses là où le drainage et des incendies fréquents ont asséché la communauté marécageuse naturelle.

3.0.15 On peut s'attendre à une extension du domaine habitable de certains parasites et agents pathogènes sous l'effet de l'évolution du climat et, dans le cas des insectes, à une augmentation des densités de population. Cela pourrait mettre la santé des écosystèmes en péril et, par là, jouer un rôle déterminant dans la distribution future de la flore et de la faune.

3.0.16 La tension et la mortalité accrues dont les arbres seraient victimes sous l'effet conjugué d'un certain nombre de contraintes d'origine climatique pourraient aussi favoriser les attaques de parasites. Prenons par exemple le cas du *Nothofagus truncata* (hêtre dur) de Nouvelle-Zélande. Une hausse de température de 3 °C augmenterait de 30 % les pertes annuelles de carbone par la respiration, soit une quantité supérieure à la quantité totale annuelle nécessaire à la croissance des tiges et des branches de cette essence. Faute de réserves suffisantes pour assurer le remplacement du tissu, l'arbre se fragilise et devient plus sensible aux attaques des agents pathogènes et des insectes. À la suite d'épisodes répétés de sécheresse, plusieurs espèces (*Nothofagus*) ont succombé aux attaques d'insectes défoliants. Des changements climatiques non provoqués pourraient accentuer cette tendance.

3.0.17 Comme les terres marécageuses, notamment les marécages saisonniers qui se forment dans les régions à climat chaud, offrent des conditions propices à la reproduction et à la croissance des vecteurs d'un certain nombre de maladies graves - le paludisme, filariose et schistosomiase, par exemple - une élévation de la moyenne des températures et une modification de la distribution des marécages saisonniers auraient pour effet d'altérer la distribution spatio-temporelle de ces maladies.

3.0.18 Avec des températures en hausse et des régimes de précipitations différents, les sécheresses pourraient bien devenir plus fréquentes et les risques d'incendies se multiplier dans de nombreuses régions boisées. Ceci, joint

à l'augmentation probable de la densité des matières inflammables résultant des effets directs d'une augmentation de la teneur de l'air ambiant en CO₂ sur la croissance des taillis sous futaie, pourrait accentuer la sensibilité de la forêt au feu, ce qui aurait pour effet d'accélérer les modifications de la composition des écosystèmes en période d'évolution du climat.

3.0.19 Dans les régions que caractérisent des saisons humides et sèches distinctes (certaines parties de la zone tropicale et toutes les régions à climat méditerranéen), une variation de la hauteur des précipitations durant la saison sèche pourrait modifier la charge inflammable en influant sur la croissance ce qui, combiné avec les variations des régimes pluviométriques pourrait avoir une incidence sur l'intensité du feu. Un climat légèrement plus humide pendant la saison des pluies pourrait accroître la charge inflammable de la plupart des terres boisées subtropicales et tempérées du Mexique, ce qui peut laisser prévoir des incendies de forêt plus fréquents.

3.0.20 Les conséquences socio-économiques de l'évolution du climat pourraient conduire à une diminution globale de la diversité biologique, bien que des augmentations puissent aussi se produire à l'échelle locale, en particulier sur le long terme. Les conséquences sur la diversité biologique dépendront de la façon dont s'équilibreront les modifications des interactions entre espèces et l'adaptation par la migration.

3.0.21 Le réchauffement du climat pourrait déclencher des extinctions en chaîne en éliminant des herbivores dominants ou leurs homologues fonctionnels dans d'autres écosystèmes. Ainsi, au cours des cent années qui ont suivi la disparition des éléphants dans la réserve de Hluhluwe Game au Natal, plusieurs races d'antilopes ont été anéanties et des populations d'herbivores paissant librement, gnous et bubales par exemple, décimées.

3.0.22 Il se pourrait que les effets directs de l'augmentation des concentrations de CO₂ dans l'atmosphère accélèrent la croissance des végétaux, mais les modifications anthropiques de la composition chimique de l'atmosphère (ozone par exemple) et les rétroactions des écosystèmes pourraient à la longue atténuer cet effet positif.

Mesures recommandées

3.0.23 Bien que l'on en soit encore réduit aux conjectures quant à la nature précise des incidences du réchauffement global sur telle ou telle région ou telle ou telle espèce, il n'en est pas moins possible de formuler un certain nombre de conclusions évidentes. Ainsi, les écosystèmes terrestres naturels sont appelés à se déplacer et leur structure et leur composition à se modifier, et les espèces qui survivront seront celles qui pourront s'adapter à l'évolution et la suivre. Les espèces fragiles, notamment celles dont les possibilités d'adaptation sont limitées, se marginaliseront et risquent de s'éteindre.

3.0.24 L'analyse des incidences de l'évolution du climat sur l'environnement des écosystèmes terrestres naturels et des conséquences socio-économiques qui en résulteront en est encore aux premiers balbutiements. Les études réalisées n'ont qu'une portée limitée, puisqu'elles ne prennent en compte qu'un petit nombre de régions et de secteurs et que la majorité d'entre elles abordent le problème dans une perspective étroite et non dans un contexte réellement pluridisciplinaire. Enfin, la plupart privilégient les incidences de l'évolution du climat sur les systèmes sociaux, économiques et écologiques actuels et négligent la question des ajustements socio-économiques à opérer, de même que les incidences et les conséquences qui se manifesteront durant la période de transition des écosystèmes.

3.0.25 Pour combler les lacunes, on peut :

- compiler les inventaires des espèces et des écosystèmes;
- lancer et exécuter des programmes de surveillance intégrés;
- réunir des informations sur la sensibilité relative des espèces et des écosystèmes à l'évolution du climat;
- entreprendre et appuyer l'exécution de programmes de recherche et d'évaluation à l'échelle tant nationale qu'internationale;
- lancer des campagnes éducatives pour sensibiliser les gestionnaires et le grand public aux conséquences potentielles de l'évolution du climat pour les écosystèmes terrestres naturels.

4. Incidences potentielles de l'évolution du climat sur l'hydrologie et les ressources en eau

Principales conclusions

4.0.1 Elles comprennent :

- Dans de nombreux bassins versants, en particulier dans les zones arides et semi-arides, l'écoulement est très sensible aux changements et aux variations climatiques, même de faible amplitude. Ainsi, une hausse de température de 1 à 2 °C, jointe à une diminution de 10 % des précipitations pourrait parfaitement réduire l'écoulement de 40 à 70 %.
- Les études empiriques et les résultats des modèles hydrologiques nous apprennent que l'écoulement annuel serait plus sensible aux modifications des précipitations qu'aux variations de température. Toutefois, dans les régions où la part des chutes de

neige et du ruissellement nival saisonniers dans l'alimentation globale en eau est majoritaire, la distribution mensuelle de l'écoulement et de l'humidité du sol est plus sensible aux écarts de température qu'aux modifications pluviométriques.

- Il est possible, à partir de scénarios fondés sur différentes hypothèses de définir, pour l'écoulement, une série de réactions ainsi que les caractéristiques de ces réactions dans telle ou telle zone. Malheureusement, on ne dispose encore d'aucune prévision régionale suffisamment fiable pour pouvoir déterminer la direction ou l'ampleur des changements supposés. Au fur et à mesure que notre base de données scientifiques s'enrichira, nous pourrons conduire des analyses de sensibilité thermique à l'aide de modèles de la circulation générale.
- La hausse de température que connaîtront la plupart des régions arides et semi-arides aura vraisemblablement pour effet d'accentuer la sensibilité et les conflits actuels en matière de consommation (c'est-à-dire lorsque la demande excède le rendement net).
- Les régions les plus exposées, celles dont la population sera le plus sérieusement menacée par une pénurie d'eau se répartissent comme suit : Afrique : Maghreb, Sahel, nord de l'Afrique, Afrique australe; Asie : Arabie occidentale, Asie du Sud-Est et sous-continent indien; Amérique du Nord : Mexique, Amérique centrale, sud-ouest des États-Unis; Amérique du Sud : certaines régions de l'est du Brésil; Europe : bassin méditerranéen.
- Le degré relatif d'aménagement (emménagement par rapport à l'écoulement annuel moyen) jouera un rôle déterminant dans l'adaptation aux modifications de la variabilité moyenne annuelle.
- Il sera essentiel de tenir compte dans l'aménagement hydraulique du fait que le climat a un caractère évolutif et non statique. Aussi faudra-t-il prendre en compte dans la conception des ouvrages destinés à durer de 50 à plus de 100 ans les conditions climatiques et hydrométéorologiques qui pourraient prévaloir durant cette période.

Principaux problèmes

4.0.2 Si l'on veut obtenir des estimations valables pour la planification et la formulation de stratégies, il faudra étudier et évaluer la fréquence, l'intensité et la durée des conditions hydrologiques futures qui pourraient se manifester. Cela est particulièrement important pour déterminer les effets de l'évolution du climat sur l'agriculture, la conception des systèmes d'aménagement des ressources en eau, et pour obtenir des estimations raisonnablement fiables des approvisionnements en eau.

4.0.3 Les variations des extrêmes hydrologiques en réponse au réchauffement global pourraient bien souvent être plus marquées que celles des conditions hydrologiques moyennes. Aussi l'étude des conséquences sociales des modifications des ressources en eau devra-t-elle être axée sur les variations de la fréquence et de l'étendue des inondations et des sécheresses.

4.0.4 La planification initiale des ressources en eau se poursuivra, même si la nature et l'ampleur des changements climatiques d'échelle planétaire sont encore incertaines. Des précisions devront être données aux gestionnaires quant à la nature exacte des informations qui leur seront utiles pour choisir entre les diverses méthodes d'estimation des changements à venir.

Incidences régionales

Continents et pays

4.0.5 L'analyse des analogies paléoclimatiques et les résultats des modèles du bilan hydrique laissent prévoir une augmentation globale de l'écoulement annuel en URSS, même si l'on doit s'attendre à une légère diminution dans les steppes boisées et les forêts australes. Quoiqu'il en soit, la part du ruissellement nival dans l'écoulement hivernal devrait augmenter dans les régions où il se produit des chutes de neige et il se pourrait que de nombreux cours d'eau du nord de l'URSS connaissent de graves problèmes de crues.

4.0.6 Aux États-Unis une analyse portant sur l'ensemble des bassins hydrographiques révèle que ce sont les régions arides et semi-arides du pays qui seront les plus gravement touchées par le réchauffement global, même si les travaux d'aménagement y sont très importants. L'utilisation conjuguée de l'eau pour l'agriculture (irrigation), l'approvisionnement communal et la production d'énergie électrique a mis le réseau hydrographique actuel à rude épreuve. Il est aussi probable que les autres régions des États-Unis souffriront toutes d'un manque d'eau à des degrés divers, que ce soit pour la production d'énergie hydroélectrique, les approvisionnements communaux ou l'agriculture (irrigation).

4.0.7 L'analyse des études faites pour les pays de la Communauté économique européenne (CEE) à l'aide de modèles de la circulation générale révèle que les précipitations et l'écoulement pourraient augmenter en Europe septentrionale d'où un risque de submersion pour les pays situés à faible altitude. À l'opposé, l'écoulement pourrait diminuer dans les pays méditerranéens amplifiant les pénuries d'eau, déjà graves et fréquentes, que connaît cette région. Il est des plus probables que le secteur le plus touché sera celui de l'agriculture.

4.0.8 Le Japon pourrait connaître des périodes prolongées de sécheresse, entrecoupées d'épisodes de précipitations intenses. Les capacités actuelles

d'emménagement sont restreintes et une bonne part de la population est concentrée dans les plaines inondables. On devrait s'attendre à une augmentation de la demande, ce qui soumettra le système d'aménagement hydraulique à de fortes tensions.

4.0.9 Une augmentation des précipitations et donc des risques d'inondations est prévisible en Nouvelle-Zélande, ainsi que la surcharge des systèmes d'évacuation des eaux de pluie et des eaux usées, ce qui abaissera la qualité des eaux de surface.

4.0.10 Le Royaume-Uni peut s'attendre à une augmentation de l'écoulement annuel moyen sur la plus grande partie de son territoire avec, cependant, des variations saisonnières plus marquées des débits de pointe. Cela exigera que l'on modifie la conception des systèmes actuels d'aménagement hydraulique.

Bassins hydrographiques et zones à risque

4.0.11 Après une diminution initiale jusqu'à l'an 2000, on devrait s'attendre à une augmentation de l'écoulement dans le bassin de la Volga.

4.0.12 Des études montrent que la situation hydrologique dans la zone du Sahel est extrêmement sensible aux conditions climatiques, notamment en ce qui concerne les précipitations. Les résultats des travaux de recherche donnent à penser, par exemple, qu'une diminution de 20 à 30 % des précipitations pourrait réduire l'écoulement de 15 à 59 %. S'agissant des futures modifications des ressources en eau, on peut simplement dire que la situation est très incertaine. Aussi cette question, dont l'importance est primordiale pour la région, devra-t-elle faire l'objet de recherches complémentaires très poussées.

4.0.13 Une étude faite dans le bassin de Sacramento-San Joaquin a mis en évidence les conséquences que pourrait avoir le réchauffement global sur un système hydrographique à fort coefficient d'aménagement, tributaire du ruissellement nival. L'élévation de la température de l'air modifierait l'époque de la fonte des neiges et augmenterait de 16 à 81 % le volume du ruissellement nival, mettant à dure épreuve la capacité des réservoirs existants. Toutefois, une diminution de l'écoulement estival de l'ordre de 30 à 68 %, jointe à une diminution de l'humidité du sol de 14 à 36 % et à un doublement des besoins en eau d'ici l'an 2020, fait apparaître l'existence d'un sérieux risque de pénuries périodiques et de rivalités en matière de consommation.

4.0.14 Dans le bassin de Murray-Darling, en Australie, une étude fondée sur des analogues spatiaux a révélé que les précipitations pourraient diminuer de 40 à 50 %. Si l'on en croit les résultats fournis par des modèles de la circulation générale, il se pourrait cependant que la zone où les précipitations estivales sont dominantes s'étende pour englober 75 % du continent australien à l'horizon 2035. Le débit du fleuve Darling pourrait doubler.

4.0.15 Une analyse de sensibilité de l'offre et de la demande, fondée sur la méthode stochastique, a été réalisée pour le bassin du Delaware, un bassin hydrographique fortement urbanisé au nord-est des États-Unis. Les estimations indiquent une réduction possible de 9 à 25 % de l'écoulement annuel, avec une nette augmentation des probabilités de sécheresse. Le Delaware fournit une bonne part de l'approvisionnement en eau de la ville de New York, pour laquelle le débit de sécurité est déjà dépassé. La baisse des eaux du Delaware menacerait les prises d'eau de la ville de Philadelphie dans la partie estuarienne de ce fleuve, du fait du déplacement en amont de la jonction entre les eaux douces et les eaux salées.

Grands lacs et mers intérieures

4.0.16 La mer Caspienne est la mer intérieure la plus vaste de la planète. Comme elle est alimentée à près de 80 % par la Volga, ses eaux devraient baisser dans un premier temps en même temps que celles de la Volga, pour augmenter après l'an 2000. Cela devrait améliorer sensiblement la qualité de l'eau et la situation écologique de la mer Caspienne qui sont gravement compromises.

4.0.17 Les études faites au moyen de modèles de la circulation générale indiquent que le doublement effectif des concentrations de CO₂ dans l'atmosphère se traduirait par une diminution nette de l'ordre de 23 à 51 % du débit dans la région des Grands Lacs. La production d'énergie hydroélectrique et la navigation marchande, très importante dans cette région, devraient en souffrir, de même que la qualité de l'eau qui résulte d'une stratification thermique.

4.0.18 La détérioration de la qualité de l'eau de la mer d'Aral par l'écoulement restitué des eaux d'irrigation polluées, devrait se poursuivre, vu que l'augmentation des précipitations et de l'écoulement qui est prévue pour la région ne devrait pas suffire à compenser l'extension de l'agriculture irriguée.

Mesures recommandées

4.0.19 Nous avons avant tout besoin d'estimations plus fiables et plus détaillées (dans l'espace comme dans le temps) des conditions climatiques futures. Ces estimations devront être régionalement spécifiques et donner une indication de la fréquence et de l'ampleur des épisodes climatiques. L'étude des relations entre la variabilité du climat et la réaction du système hydrologique demande à être approfondie. Il faudrait notamment élaborer des méthodes qui permettent d'utiliser les données des modèles climatiques pour alimenter les modèles des bassins versants et des systèmes de mise en valeur des ressources en eau.

4.0.20 Il conviendra de recenser, pour l'ensemble de la planète, les zones les plus sensibles à des modifications climatiques même peu importantes. Le degré de vulnérabilité devra être défini pour des conditions et des changements potentiels d'origine tant naturelle qu'anthropique.

4.0.21 Une évaluation intensive de la sensibilité des ressources en eau devra être faite dans les pays en développement, notamment ceux des zones arides et semi-arides particulièrement vulnérables, et où les risques de tensions et de demandes conflictuelles résultant d'un aménagement insuffisant du système hydrographique et de besoins en eau en rapide augmentation sont élevés.

4.0.22 Des études devront être faites, qui rendront possible la mise au point de méthodes perfectionnées d'aménagement et de mise en valeur des ressources en eau compte tenu de conditions climatiques incertaines. Dans ce contexte, il faudra définir, pour la conception des ouvrages hydrauliques, des critères qui prennent systématiquement en compte les estimations de la variabilité et de l'évolution du climat.

4.0.23 Notre appréciation des incidences qu'exercera cette évolution sur la qualité de l'eau est encore très limitée. Si cette question est de plus en plus au centre des préoccupations, la distinction entre les modifications que nous provoquons par nos activités et celles qui sont liées aux conditions climatiques reste très difficile à établir. Plus précisément, il est urgent de déterminer quels sont les aspects du problème dont l'étude aurait le plus de chance de déboucher sur une évaluation crédible des effets du climat sur la qualité de l'eau.

5. Incidences potentielles de l'évolution du climat sur les établissements humains, l'énergie, les transports, l'activité industrielle, la santé, et la qualité de l'air

Principales conclusions

5.0.1 Elles comprennent :

- Les populations les plus vulnérables, et ce dans le monde entier, sont les populations rurales qui pratiquent une agriculture de subsistance, les habitants des zones côtières basses et des îles, ceux des herbages dans les zones semi-arides et la population pauvre des taudis dans les bidonvilles, en particulier dans les mégapoles - c'est-à-dire les villes comptant plusieurs millions d'habitants.
- On doit s'attendre à ce que l'évolution du climat, accompagnée d'une élévation, même modeste, du niveau des mers soit source de profondes perturbations pour les établissements humains dans de nombreuses zones côtières vulnérables de certaines nations insulaires. Il en ira de même pour les communautés où sécheresse, inondations et modification des conditions et des pratiques agricoles ont affecté les ressources en

eau, la production et la consommation d'énergie, la situation sanitaire et les conditions d'hygiène, ainsi que le rendement du secteur agricole et des diverses branches de production.

- Sous l'effet du réchauffement global, la zone de pergélisol se déplacera rapidement, mettant en péril la solidité des réseaux routiers et ferroviaires, des constructions, des réseaux d'oléoducs, d'aqueducs et de gazoducs, des installations d'extraction et de l'infrastructure minière dans la région considérée. On peut s'attendre à ce que le réchauffement global ait une incidence sur l'abondance des ressources en eau et de la biomasse, deux sources majeures d'énergie pour bon nombre de pays en développement. De tels changements dans des zones qui accusent un déficit en eau risquent de compromettre les apports d'énergie et de matières indispensables pour l'habitat humain et la production d'énergie. L'évolution du climat pourrait aussi altérer la distribution régionale d'autres sources d'énergies renouvelables, telles que l'énergie solaire et éolienne.
- Avec le réchauffement du climat, certaines maladies transmises par les vecteurs et les virus, le paludisme, la schistosomiase ou la dengue, par exemple pourraient gagner des latitudes plus élevées.
- Si la fréquence ou l'intensité des conditions météorologiques violentes, les cyclones tropicaux par exemple, devait augmenter cela pourrait avoir de graves conséquences pour les établissements humains et l'industrie et être la cause de nombreuses pertes en vies humaines.

Principaux problèmes

5.0.2 Les conséquences pour les pays en développement, dont beaucoup n'ont pas les moyens de s'adapter, pourraient être particulièrement désastreuses. Aussi convient-il d'accorder une priorité élevée à l'étude des incidences probables de l'évolution du climat sur les établissements humains, l'énergie, les transports, les industries et la santé, ainsi qu'au renforcement de la capacité de ces pays de concevoir et d'appliquer des stratégies visant à atténuer les répercussions préjudiciables de l'évolution du climat.

5.0.3 Ces conséquences pour les établissements humains et l'activité socio-économique - notamment pour les secteurs de l'énergie, des transports et de l'industrie - varieront d'une région à l'autre, selon la distribution des changements des températures, des précipitations, de l'humidité du sol et du régime des fortes perturbations et d'autres manifestations possibles de l'évolution du climat. Comme le montrent les scénarios construits retenus par le Groupe de travail I, à l'aide de modèles de la circulation générale, les modifications que subiront certains paramètres climatiques pourraient varier considérablement d'une région à l'autre. Il en va d'ailleurs de même pour ce qui est de la sensibilité des

habitats humains et de l'activité économique à l'évolution du climat, sensibilité qui pourra varier aussi très fortement à l'intérieur d'une même région. Ainsi, le littoral devrait généralement être plus vulnérable que l'arrière pays.

5.0.4 Pour pouvoir formuler des stratégies efficaces en réponse à l'évolution du climat, il nous faudra améliorer grandement notre capacité de prévoir et de détecter les changements climatiques et la formation de conditions météorologiques dangereuses à l'échelon régional. Une question essentielle est celle de l'allure à laquelle l'évolution s'opérera. Ainsi, une élévation de 50 cm du niveau de la mer aura des effets bien différents selon qu'elle se produira sur 50 ans ou sur 100 ans : non seulement, les coûts actuels afférents aux mesures d'adaptation ne seront pas les mêmes, loin s'en faut mais, dans la seconde hypothèse, une bonne part de l'infrastructure actuelle aura été remplacée.

Établissements humains

5.0.5 Une difficulté essentielle dans la détermination des incidences de l'évolution du climat sur l'habitat humain tient à ce qu'une foule d'autres facteurs, largement indépendants de cette évolution, entrent en jeu. On peut prévoir sans crainte de se tromper, que certains pays en développement seront extrêmement sensibles aux changements climatiques, car ils ont déjà atteint les limites de leur capacité de faire face aux caprices du climat. Les populations à risque sont celles des zones côtières basses et des îles, les habitants des herbages des zones semi-arides qui pratiquent une agriculture de subsistance et les populations urbaines pauvres.

5.0.6 De toutes les conséquences de l'évolution du climat pour l'humanité, celles qui concerneront les établissements urbains seront sans doute les plus importantes : une augmentation de quelques mètres du niveau de la mer mettrait en péril l'existence de pays entiers, les Maldives, Tuvalu ou Kiribati par exemple, tandis qu'une élévation, même modeste, à l'échelle du globe menacerait de submersion les régions deltaïques et côtières fortement peuplées de plusieurs pays tels que l'Égypte, le Bangladesh, l'Inde, la Chine et l'Indonésie. Le littoral de pays industrialisés comme les États-Unis et le Japon serait aussi menacé bien que ces nations devraient toutefois avoir les moyens de faire face à une telle éventualité. Les Pays-Bas n'ont-ils pas démontré qu'un petit pays pouvait réussir à mobiliser ses ressources pour triompher de dangers de cette nature.

5.0.7 L'inondation des zones côtières n'est pas le seul péril à craindre. La sécheresse pourrait aussi menacer l'existence d'établissements humains en affaiblissant les approvisionnements en eau et en aliments. Des pénuries d'eau résultant de pluies irrégulières et peu abondantes toucheraient plus particulièrement les pays en développement. Le bassin du Zambèze est exemplaire à cet égard. La biomasse constitue la principale source d'énergie pour la plupart des pays africains au sud du Sahara, et une

diminution de cette ressource consécutive à une modification du régime hydrique soulèverait de graves problèmes dans certaines régions, tant pour la production d'énergie domestique que pour la construction de logements.

5.0.8 Les études consacrées aux agglomérations urbaines se comptent sur les doigts de la main, mais elles n'en permettent pas moins de conclure que l'évolution du climat pourrait se révéler très coûteuse pour certaines grandes zones urbaines des pays industrialisés. L'une d'elles prévoit qu'un doublement effectif de la concentration de CO₂ dans l'atmosphère provoquerait une très grave pénurie d'eau dans la ville de New York, égale à 28 à 40 % des débits disponibles prévus pour le bassin de l'Hudson. Il faudrait alors construire des réservoirs supplémentaires pour capter les eaux de crue de l'Hudson, ce qui représenterait un investissement de 3 milliards de dollars.

5.0.9 Dans la zone de pergélisol, le réchauffement global pourrait favoriser une expansion des habitats humains vers les pôles; mais le dégel risque aussi de désorganiser l'infrastructure et les transports et de compromettre la stabilité des bâtiments et les possibilités de nouvelles constructions.

5.0.10 Les effets les plus graves de l'évolution du climat concernent sans doute la migration humaine : des millions de personnes seront contraintes de se déplacer, chassées par l'érosion du littoral, l'inondation des zones côtières et la sécheresse. Bon nombre des régions où elles chercheront refuge n'ont probablement pas des moyens sanitaires et autres suffisants pour les accueillir. Les épidémies risquent de déferler sur les camps de réfugiés et de réinstallation et de gagner les communautés avoisinantes. En outre, la réinstallation est souvent source de tensions psychologiques et sociales qui peuvent nuire à la santé et au bien-être des populations déplacées.

Énergie

5.0.11 Au nombre des principales répercussions que l'évolution du climat pourrait avoir pour les pays en développement, figure la menace qui, dans bien des régions, pèserait sur la biomasse, principale source d'énergie dans la vaste majorité des pays africains au sud du Sahara et dans de nombreux autres pays en développement. Dans certains pays d'Afrique plus de 90 % de l'énergie produite est fournie par la biomasse (bois de chauffage). Vu l'incertitude qui caractérise les prévisions établies pour les ressources en eau d'après les modèles climatiques actuels, il est très difficile de faire des prévisions régionales fiables quant à l'évolution de la situation hygrométrique de ces pays. Il est probable que certains pays, ou certaines régions, connaîtront un climat plus sec, ce qui serait très préjudiciable pour la production d'énergie. Il se pourrait toutefois que cet effet négatif soit partiellement compensé, l'augmentation de la teneur de l'air ambiant en CO₂ favorisant la croissance du bois. L'étude de cette situation doit constituer une priorité absolue pour les planificateurs du secteur de l'énergie.

5.0.12 Outre qu'elles affecteront la distribution régionale de l'eau et de la biomasse, les variations de la nébulosité, des précipitations et de l'intensité de la circulation des vents influenceront aussi sur la distribution d'autres sources d'énergies renouvelables, les énergies solaire et éolienne par exemple. Il est primordial d'étudier les incidences de l'évolution du climat sur l'énergie hydroélectrique et la biomasse, ainsi que sur l'énergie solaire et éolienne car les sources d'énergies renouvelables jouent un rôle très important dans la planification de la consommation et de la production d'énergie dans bien des pays. Cela pourrait devenir une source majeure de préoccupation pour les pays en développement dont beaucoup sont contraints d'importer des ressources énergétiques classiques, ce qui grève fortement leur économie.

5.0.13 Les pays en développement, dont bon nombre appartiennent au continent africain, sont largement tributaires de la production d'énergie hydroélectrique. Si les ressources et les approvisionnements en eau se modifient par suite de l'évolution du climat, certaines installations pourraient se révéler obsolètes; cela se répercutera sur la planification; certaines unités de production pourraient toutefois bénéficier d'un écoulement accru.

5.0.14 Les études faites à ce jour quant aux répercussions probables du réchauffement global sur le secteur de l'énergie dans les pays industrialisés se limitent essentiellement à six pays : le Canada, les États-Unis, le Japon, la République fédérale d'Allemagne, le Royaume-Uni et l'URSS. Elles font dans l'ensemble apparaître des résultats globaux différents selon la part respective des systèmes de chauffage et de refroidissement de l'air des immeubles d'habitation et de bureaux. Dans la consommation d'énergie sous l'effet du réchauffement global, la consommation d'énergie augmentera pour la climatisation et diminuera pour les systèmes de chauffage.

5.0.15 Il se pourrait, par ailleurs, que le secteur de l'énergie soit aussi affecté par les mesures de parade au réchauffement global, celles visant à stabiliser les émissions, notamment. Cela pourrait bien constituer, dans bien des pays développés, la principale conséquence de l'évolution du climat sur le secteur de l'énergie, en ouvrant la voie à des techniques produisant moins de gaz à effet de serre. Les moyens d'obtenir de l'énergie sans produire de CO₂ ont déjà donné lieu à controverses, s'agissant notamment de l'importance qu'il convient d'attacher aux risques que la solution de l'énergie nucléaire ou celle de l'énergie hydroélectrique pourraient présenter pour la sécurité et l'environnement. Les modifications que subira le secteur de l'énergie, dans les pays industrialisés comme dans les pays en développement, risquent d'avoir de vastes conséquences économiques régionales, pour l'emploi, la migration et les modes de vie.

Transports

5.0.16 Il est vraisemblable que, dans l'ensemble, l'incidence de l'évolution du climat sur le secteur des

transports sera minime, à deux exceptions près. Dans les pays développés, elle se manifesterait surtout - et c'est là la première exception - par les changements qui, au bout du compte, résulteraient d'une réglementation ou d'une redistribution de la consommation en vue de réduire les émissions de gaz à effet de serre imputables au secteur des transports. Vu son importance comme source d'émissions de gaz à effet de serre, celui-ci constitue d'ores et déjà une cible privilégiée pour la mise en oeuvre de politiques de réductions des émissions, que viendraient renforcer diverses restrictions concernant la circulation des voitures particulières, ainsi que le carburant et les émissions de véhicules à moteur, et plus grande utilisation des transports collectifs.

5.0.17 La deuxième conséquence majeure de l'évolution du climat sur le secteur des transports concerne la navigation intérieure qui pourrait être grandement affectée, tout comme les coûts des transports par péniches ou d'autres transports fluviaux, par les variations du niveau des lacs et des cours d'eau. Les études faites à ce jour concernent exclusivement la région des Grands Lacs au Canada aux États-Unis. Elles mettent en évidence une série de conséquences relativement importantes. Les scénarios climatiques prévoient une baisse du niveau des lacs pouvant atteindre 2,5 m consécutive à un doublement effectif des concentrations de CO₂. Cela pourrait entraîner une hausse des coûts de la navigation, que viendrait peut-être compenser l'allongement de la saison navigable du fait de la diminution du volume des glaces. Le niveau des lacs et des cours d'eau pourrait d'ailleurs s'élever dans quelques régions, ce qui offrirait de nouvelles possibilités à la navigation.

5.0.18 D'une manière générale, l'évolution du climat ne devrait guère avoir d'incidence sur le réseau routier, sauf dans les zones côtières où ponts et chaussées pourraient être menacés par une élévation du niveau de la mer, et dans les régions montagneuses où des précipitations plus intenses augmenteraient les risques de coulées de boue. Les études réalisées aux États-Unis (Grand Miami) et au Canada (côte est) montrent que les coûts afférents à l'infrastructure routière pourraient être très élevés dans les zones côtières à risque. Dans l'ensemble, une contraction du volume de la neige et de glace et de moindres risques de soulèvements de la chaussée sous l'effet du sol permettraient de réaliser des économies sur l'entretien du réseau routier. C'est en tout cas ce que suggère une étude réalisée pour Cleveland dans l'Ohio (É.-U.).

5.0.19 Les incidences sur les transports ferroviaires ne seront probablement guère plus importantes. Les contraintes thermiques sur les rails pourraient toutefois amplifier les problèmes de sécurité qui se posent en été pour certaines voies ferrées et réduire la capacité d'exploitation durant les périodes de canicule. Par ailleurs, les inondations pourraient provoquer des dislocations.

5.0.20 Il n'a guère été fait d'analyse des incidences possibles de l'évolution du climat sur les transports

maritimes. Il semble que ce soit surtout pour l'infrastructure que l'on pourrait avoir à craindre, notamment pour les installations portuaires et les bassins de changement et de radoub, qui seraient menacés à la fois par l'élévation du niveau de la mer et par les marées de tempête. Certaines projections climatiques donnent à penser que l'intensité des cyclones tropicaux pourrait s'accroître, ce qui risquerait d'avoir des conséquences préjudiciables pour la navigation et pour l'infrastructure maritimes. D'un autre côté, le recul de la banquise faciliterait l'accès aux ports des régions septentrionales et aplanirait les obstacles à une navigation régulière dans l'océan Arctique. Une élévation modérée du niveau de la mer pourrait aussi augmenter le tirant d'eau des navires, dans les chenaux à hauts fonds.

5.0.21 Il est primordial d'étudier les conséquences probables de l'évolution du climat pour le secteur des transports dans les pays en développement. L'efficacité de ce secteur pourrait bien constituer un atout essentiel dans l'action à engager pour faire face à l'évolution du climat.

Activités industrielles

5.0.22 L'étude des incidences probables de l'évolution du climat sur différentes branches de production est éminemment sélective dans la mesure où elle privilégie un petit nombre de secteurs, celui des loisirs par exemple, et n'intéresse qu'une poignée de pays développés, essentiellement l'Australie, le Canada, le Japon, le Royaume-Uni et l'URSS. On ne s'est guère penché jusqu'ici sur le cas des pays en développement, mais l'on a quelques raisons de penser que leurs industries seraient particulièrement sensibles à l'évolution du climat. Une conséquence probable, d'une extrême importance, serait la modification de la carte de production des produits primaires.

5.0.23 Les modifications des approvisionnements mondiaux et régionaux des coûts des denrées alimentaires et des fibres pourraient affecter sensiblement la compétitivité et la viabilité de certaines industries de transformation, comme les industries alimentaires, l'industrie des produits du bois et du papier, où celle des textiles et du vêtement. Les incidences de l'évolution du climat sur l'abondance et les coûts des denrées alimentaires, des fibres, de l'eau et de l'énergie varieraient sensiblement d'une région à l'autre.

5.0.24 Tout comme le secteur automobile et celui de l'énergie risquent d'être affectés par une réglementation et une redistribution de la consommation dictées par la volonté de limiter les émissions de gaz à effet de serre, les industries manufacturières lourdes pourraient bien avoir à s'adapter à des situations nouvelles, par exemple : restrictions applicables à l'implantation d'usines en fonction des risques d'émissions transfrontières, création de mécanismes internationaux de développement, transfert de technologies nouvelles. Le rendement de l'énergie pourrait devenir un facteur de compétitivité majeur pour la sidérurgie et la métallurgie en général ainsi que pour la construction

automobile. Le souci de limiter les émissions de gaz à effet de serre pourrait aussi ouvrir des perspectives nouvelles en matière d'économies d'énergie ou d'utilisation de « technologies propres ». Les études consacrées aux incidences probables de l'évolution du climat sur les activités industrielles semblent toutes être axées sur le secteur des loisirs, pour lequel les effets directs des changements climatiques sont plus faciles à vérifier.

5.0.25 À condition d'avoir suffisamment de temps devant elles, les entreprises peuvent réussir à s'adapter à bon nombre des changements qui accompagneront le réchauffement climatique global. Toutefois, la pénurie de capitaux risque de limiter l'aptitude des pays en développement que menaceraient inondations, sécheresses et submersion des plaines côtières à concevoir des stratégies de parade efficaces.

Santé

5.0.26 L'être humain possède une grande faculté d'adaptation aux conditions climatiques. Toutefois, l'acclimatation à de nouvelles conditions s'est toujours étendue sur plusieurs millénaires. Or, le rythme des changements climatiques prévus laisse supposer que le coût de l'adaptation pourrait être très élevé.

5.0.27 Des vagues de chaleur plus nombreuses pourraient accroître les risques de surmortalité. De même, la mortalité et la morbidité liées à la chaleur pourraient augmenter par suite d'une augmentation des températures estivales. D'une manière générale, il est probable que l'augmentation du nombre de décès dus à une chaleur excessive serait plus importante que la diminution résultant d'un adoucissement des conditions hivernales. La hausse des températures et l'appauvrissement de la couche d'ozone stratosphérique devraient amplifier la pollution de l'air, notamment au-dessus de nombreuses zones urbaines déjà polluées et fortement peuplées. L'altération des taux de réaction photochimique des polluants présents dans l'atmosphère pourrait accroître les concentrations d'oxydants, ce qui serait néfaste pour la santé.

5.0.28 Il y a un risque que l'augmentation du rayonnement ultraviolet B résultant de l'appauvrissement de la couche d'ozone stratosphérique se traduise par une augmentation des cas de cancer de la peau, de cataracte et d'ophtalmie des neiges. L'augmentation des risques accrus de cancer de la peau devrait toucher surtout les populations de race blanche à peau claire de l'hémisphère Nord.

5.0.29 Un autre effet majeur du réchauffement global pourrait être la progression vers les pôles, dans les deux hémisphères, des maladies transmises par les moustiques et d'autres parasites vecteurs. L'évolution du climat pourrait aussi favoriser l'augmentation des maladies transmises par les parasites et les virus et leur réintroduction dans bon nombre de pays.

5.0.30 Les variations des approvisionnements en eau et l'altération de la qualité de l'eau peuvent aussi avoir un effet délétère sur la santé. La famine et la malnutrition imputables à la sécheresse ont d'énormes conséquences pour la santé et la survie.

5.0.31 Certaines régions pourraient connaître une pénurie de biomasse utilisée pour la cuisson des aliments, ce qui, conjugué à la raréfaction d'eau potable saine du fait de la sécheresse, risque d'accroître la malnutrition dans certains pays en développement.

Pollution de l'air

5.0.32 Certains pays développés réglementent déjà les émissions de SO_x, NO_x et de gaz d'échappement des véhicules dans le but d'améliorer la qualité de l'air en milieu urbain. Il faudra désormais envisager la possibilité de sanctions et prendre en compte dans la planification les incidences globales de mesures de réglementation de cette nature sur les émissions de gaz à effet de serre. On doit aussi s'attendre à ce que le réchauffement global et l'appauvrissement de la couche d'ozone stratosphérique accentuent les problèmes liés à l'ozone dans les zones urbaines polluées. L'élévation de la température de la troposphère résultant du renforcement de l'effet de serre pourrait modifier l'équilibre des réactions chimiques homogènes et hétérogènes, la solubilité à l'eau des nuages, les émissions provenant de la surface du sol, de la mer et des végétaux, et l'absorption par les plantes, de divers gaz contenus dans l'atmosphère, notamment la vapeur d'eau et le méthane. Une variation des concentrations de vapeur d'eau se répercuterait sur les concentrations de H₂O₂ et des radicaux HO_x qui jouent un rôle important dans l'oxydation de SO₂ et de NO_x dans l'atmosphère. La modification prévue des régimes de la nébulosité, de la circulation et de précipitations ainsi que des conditions de stabilité dans la basse atmosphère pourraient agir sur la concentration et la dilution des polluants et en modifier la distribution ainsi que la transformation chimique à l'échelon régional ou local. Une modification des aérosols produits par les réactions chimiques de NO_x et de SO₂ qui s'opèrent dans l'atmosphère et par les poussières apportées par le vent pourraient altérer la visibilité et l'albédo. Un degré hygrométrique plus élevé aggraverait les dégâts matériels causés par les substances polluantes, acides et autres, présentes dans l'atmosphère.

Rayonnement ultraviolet B

5.0.33 Nous avons vu qu'une augmentation du rayonnement ultraviolet B pourrait avoir des effets néfastes pour la santé. Ce rayonnement peut aussi affecter notablement la végétation terrestre et les organismes marins, altérer la qualité de l'air et les matières, et nuire au rendement des cultures. On a quelques raisons de croire qu'une augmentation de la quantité de rayonnement ultraviolet B qui pénètre dans la couche superficielle de l'océan où vivent certains organismes marins pourrait être préjudiciable aux phytoplanctons, et réduire la capacité

productive de l'océan au détriment des approvisionnements alimentaires mondiaux. On peut aussi supposer que l'augmentation accélérerait la détérioration des revêtements de plastique ou d'autres matières. L'effet de serre renforcé devrait abaisser les températures dans la stratosphère ce qui affecterait l'état de la couche d'ozone.

Mesures recommandées

- Il faudrait évaluer en priorité le degré de sensibilité des pays, notamment des pays en développement, à un accroissement ou à une diminution de ressources énergétiques telles que l'énergie hydroélectrique, la biomasse, les énergies solaire et éolienne, et envisager la possibilité d'utiliser les énergies de substitution disponibles dans de nouvelles conditions climatiques;
- Il est crucial d'étudier la capacité d'adaptation des populations humaines vulnérables, en particulier les personnes âgées et les malades, à une augmentation des effets de stress dus à la chaleur, ainsi que la possibilité d'un déplacement géographique des maladies transmises par les vecteurs et les virus;
- Les décideurs devraient s'attacher en priorité à recenser les populations et les productions agricoles et industrielles à risque dans les zones côtières susceptibles d'être inondées par suite d'une élévation, d'amplitude variable, du niveau de la mer et du fait des ondes de tempête;
- Il est important que les pays en développement soient capables d'évaluer les incidences potentielles de l'évolution du climat et de prendre cette donnée en compte dans la planification. La communauté mondiale se doit de leur apporter son concours et de les aider à se donner les moyens d'évaluer les répercussions de l'évolution du climat sur leurs économies et leurs sociétés.

6. Incidences potentielles de l'évolution du climat sur les océans et les zones côtières

Principales conclusions

6.0.1 Le réchauffement global prévu provoquera une élévation du niveau de la mer, et modifiera la circulation océanique. Les écosystèmes marins subiront une transformation radicale et les conséquences socio-économiques seront considérables.

6.0.2 Le niveau des mers s'élève déjà en moyenne de 6 cm tous les cinquante ans, avec d'importantes variations régionales dues aux mouvements géologiques locaux. Il se peut que les glaces du Groenland et peut-être aussi celles de l'Arctique réagissent encore aux effets des modifications qui ont mis fin à la dernière glaciation. Les ressources côtières,

les pêcheries en particulier, subissent les atteintes conjuguées d'une pollution croissante, d'une surexploitation et d'une croissance toujours plus intense, ce qui pose de graves problèmes aux populations qui en dépendent. À ces tensions déjà énormes, viendront s'ajouter les incidences prévues d'un effet de serre renforcé.

6.0.3 Une élévation du niveau de la mer de l'ordre de 20 à 30 cm (prévue pour 2050) mettrait en péril les pays insulaires, et les zones basses et côtières, détruisant les terres productives et les réserves d'eau douce. Protéger ces zones serait extrêmement coûteux.

6.0.4 Une augmentation d'un mètre (soit la hausse maximale prévue pour l'horizon 2100) effacerait plusieurs états souverains de la carte, déplacerait des populations entières, ruinerait l'infrastructure urbaine des zones basses, inonderait les terres productives, contaminerait les réserves d'eau douce et modifierait le tracé du littoral. Prévenir une telle situation est impossible, sauf en engageant d'énormes frais. La gravité du choc varierait selon les régions côtières et dépendrait de l'ampleur et de la vitesse réelle du changement.

6.0.5 Le rythme auquel le niveau de la mer augmente affecte l'écologie du littoral. Si l'élévation est trop rapide, de nombreux écosystèmes côtiers risqueront de s'affaiblir ou de disparaître, des récifs coralliens de s'engloutir, la diversité biologique de s'amenuiser et le cycle de vie de nombreuses espèces économiquement et culturellement importantes d'être désorganisé.

6.0.6 L'érosion des terres marécageuses et l'abondance croissante de matières organiques résultant d'une élévation du niveau de la mer pourrait accroître la capacité productive des océans dans les estuaires et près des côtes pendant quelques décennies.

6.0.7 Le réchauffement global modifiera le bilan thermique des océans et la circulation océanique globale, l'altération des régimes de la circulation océanique et notamment du renouvellement des couches d'eau profonde aux latitudes élevées, affectera la capacité d'absorption de chaleur et de CO₂ de l'océan. Les zones de remontée d'eau froide, riches en éléments nutritifs et liées aux principales pêcheries, devraient aussi se modifier, ce qui aura pour effet d'abaisser la production primaire en haute mer et de l'augmenter près des côtes. Les cycles biogéochimiques, pourraient alors se modifier, celui du carbone par exemple, qui intervient dans le taux d'accumulation du CO₂ provenant de l'atmosphère.

6.0.8 Les répercussions écologiques et biologiques préjudiciables varieront d'une zone océanique à l'autre. La disparition de certains habitats modifiera la diversité biologique, la distribution des organismes marins et les zones océaniques productives de l'océan.

6.0.9 Une élévation simultanée de la température de l'eau et du niveau des mers pourrait conduire à une

redistribution des espèces et des organismes benthiques qui ont une importance commerciale. Certes les modifications de la production halieutique pourraient bien s'équilibrer globalement sur le long terme, mais il pourrait se produire, à l'échelon régional, une dérive importante des lieux de pêche, avec les conséquences socio-économiques considérables que cela comporte.

6.0.10 L'amenuisement des glaces de mer et l'abaissement des fonds dans les ports profiteront sans doute à la navigation et aux transports maritimes, mais les mammifères et les oiseaux marins qui vivent sur les glaces y perdront leurs itinéraires de migration et de chasse et leurs habitats essentiels.

6.0.11 L'augmentation du rayonnement ultraviolet B peut produire, sur les processus biologiques et chimiques, sur la vie dans les eaux océaniques peu profondes, sur les coraux et les terres marécageuses, des effets de grande portée qui nous préoccupent assurément mais que nous sommes loin de bien comprendre.

Incidences de l'élévation du niveau de la mer sur les zones côtières

6.0.12 L'ampleur de l'élévation du niveau de la mer et l'allure à laquelle elle se produira détermineront l'aptitude des écosystèmes naturels et sociaux à s'y adapter. Les effets directs de cette élévation vont de soi : inondation des zones côtières basses; érosion et recul des littoraux sablonneux et des terres marécageuses; augmentation de l'amplitude des marées et des intrusions d'eau salée dans les estuaires; sédimentation accrue de la zone recouverte par la marée; augmentation des risques de contamination des nappes d'eau douce par l'eau salée. Les changements climatiques prévus pourraient aussi se répercuter sur la fréquence et l'intensité des tempêtes côtières et des ouragans, qui jouent un rôle déterminant dans la géomorphologie côtière et dans les variations catastrophiques du niveau de la mer.

6.0.13 Les conséquences socio-économiques de ces manifestations physiques directes sont incertaines, difficiles à évaluer et varieront selon les régions et les sites. On peut les classer en trois grandes catégories :

- menaces pour les populations des zones basses et pour les nations insulaires;
- altération et dégradation des propriétés biophysiques des rivages, des estuaires et des terres marécageuses;
- inondation, érosion et recul du cordon littoral et de la ligne de rivage.

Menaces pour les populations des zones basses et pour les nations insulaires

6.0.14 La plus grave conséquence économique d'une élévation du niveau de la mer serait l'inondation des plaines

côtières caractérisées par une forte densité de population et une utilisation intensive des ressources. Une augmentation d'un mètre ferait reculer le littoral de plusieurs kilomètres dans différents pays. Dans certains pays, où la population côtière est traditionnellement très dense, une bonne partie des terres continentales se situe entre un et cinq mètres au-dessus du niveau de la mer. Dans le cas d'une élévation d'un mètre, par exemple, 12 à 15 % des terres arables de l'Égypte et 14 % des terres cultivées du Bangladesh seraient submergées et des millions de gens contraints de partir.

6.0.15 L'élévation du niveau de la mer exposerait aussi une plus grande superficie de zones côtières basses aux inondations provoquées par les marées de tempêtes. Il serait sans doute possible de protéger les régions à forte densité de population moyennant un coût élevé, mais pas les zones moins peuplées disséminées le long du littoral. Peut-être faudrait-il alors envisager de vastes programmes de réinstallation. La zone recouverte par la marée risquerait de s'étendre et les intrusions d'eau salée dans les zones estuariennes d'eau douce seraient plus nombreuses. La portion d'eau douce des rivières à marée s'amenuiserait surtout en période de sécheresse, d'où une diminution des quantités d'eau douce disponibles pour les approvisionnements communaux et pour la production et un risque de contamination des aquifères côtiers qui, dans de nombreuses régions, sont pris en compte dans les approvisionnements communaux. Dans le monde entier, de nombreuses zones estuariennes, où se trouvent de grands centres de population, seraient touchées, et singulièrement celles où l'on prévoit que l'écoulement net d'eau douce diminuera sous l'effet du réchauffement global.

6.0.16 Enfin, à mesure que le niveau de la mer s'élèvera, une bonne partie de l'infrastructure des zones urbaines basses se trouvera menacée. Cela exigera des investissements massifs et des ajustements conceptuels et techniques considérables. La capacité des systèmes d'évacuation des eaux de ruissellement et des eaux usées de nombreuses villes deviendra insuffisante. Ouvrages de défense côtière, routes, centrales électriques et ponts devront sans doute être modifiés et renforcés pour résister aux attaques répétées des inondations, de l'érosion, des marées de tempêtes, des vagues et des intrusions d'eau salée.

Altération des propriétés biophysiques des estuaires et des terres marécageuses

6.0.17 Une élévation rapide du niveau de la mer pourrait modifier radicalement la distribution des terres marécageuses côtières. De nombreux marais salés, saumâtres et doux, de même que mangroves et autres marécages, seraient voués à disparaître, recouverts par les eaux et grignotés par l'érosion; d'autres se transformeraient ou s'adapteraient au nouveau régime hydrologique et hydraulique ou reculeraient vers l'intérieur en s'infiltrant dans les terres basses adjacentes dépourvues d'ouvrages de défenses. Leur utilité comme habitat pour la faune sauvage serait compromise pendant la période de transition et leur biodiversité s'amoinerait.

Certes de nombreuses terres marécageuses se sont maintenues, ou étendues, lors d'élévations précédentes du niveau de la mer, du fait de la sédimentation et de la formation de tourbe, mais on n'a jamais observé une concrétion verticale aussi rapide que l'augmentation du niveau de la mer prévue pour le siècle prochain.

6.0.18 Les marais ont une importance vitale pour l'écologie et l'économie des zones côtières. Leur productivité biologique est égale, voire supérieure, à celle de tout autre système naturel ou agricole, même si elle ne profite guère à la faune des marais et aux pêcheries côtières. Dans le sud-est des États-Unis, les marais salés servent de zones d'élevages à plus de la moitié des espèces de poissons commercialisés. Ils servent aussi de puits d'absorption des polluants et assurent une certaine protection contre les crues, les tempêtes et les grandes marées. Sur cette base, on peut chiffrer à 5 500 dollars É.-U. par acre ou plus de 10 000 dollars É.-U. par hectare la valeur actuelle des terres marécageuses pour la société.

6.0.19 Marécages et estuaires côtiers jouent un rôle important dans la survie de nombreuses espèces. Une élévation trop rapide du niveau des mers romprait l'enchaînement naturel de l'écologie côtière et désorganiserait gravement les cycles de vie. Dans un premier temps, il se pourrait que la production des pêcheries augmente au fur et à mesure que les marais seront inondés, mourront et se décomposeront, ce qui offrira aux poissons des habitats plus propices et leur apportera plus de nutriments. L'apport en nutriments augmentera également du fait du lessivage des sols et de la tourbe, plus fréquemment inondés. C'est ce qui semble se passer aujourd'hui dans le sud-est des États-Unis, sous l'effet conjugué de l'élévation du niveau de la mer et des affaissements du terrain. Mais, cet avantage temporaire pourrait bien se trouver annulé par les effets néfastes, tels que la contraction progressive du domaine habitable des oiseaux et autres animaux sauvages. À plus long terme, à partir de 2050 environ, l'incidence globale sur les pêcheries et la faune sauvage risque fort d'être négative.

6.0.20 En considérant les modifications potentielles des cycles biogéochimiques consécutives à une élévation du niveau de la mer il faut noter que i) l'inondation des zones côtières et l'érosion du sol entraîneront une augmentation des concentrations d'azote et de phosphore à l'échelle régionale (aux latitudes subpolaires et moyennes, dans la mer de Bering en particulier); ii) l'inondation du littoral pourrait libérer dans l'environnement marin de nombreux pesticides aujourd'hui prisonniers des sédiments.

6.0.21 À moins que l'on n'intervienne, l'action conjuguée de divers changements climatiques fera reculer les écosystèmes côtiers vers l'intérieur des terres et vers les pôles. De même, si le niveau de la mer augmente rapidement comme on le prévoit, il est probable que la capacité productive de l'océan chutera; cette baisse pourrait toutefois n'intervenir qu'après quelques dizaines d'années

durant lesquelles la productivité des terres marécageuses augmentera. Une fois l'océan stabilisé à son nouveau niveau (si cela devait se produire dans un proche avenir) la capacité productive commencera à baisser.

Inondation et recul des cordons littoraux, atolls de corail et autres lignes de rivage

6.0.22 Si le niveau des mers augmente, les rivages, quel que soit leur type, mais plus particulièrement les zones côtières basses, seront inondés et reculeront. Dans de nombreuses régions, la pente du littoral est très faible, 1:100 ou moins. Si son niveau montait d'un mètre, la mer submergerait 100 mètres de rivages. L'érosion naturelle, y compris celle due aux marées de tempêtes et aux vagues, est aussi une autre cause du retrait du littoral. La destruction des atolls de corail est peut-être ce qui pourrait arriver de plus grave, dans la mesure où ces îlots servent à la fois d'habitat humain confiné et d'habitat écologique important caractérisé par une grande diversité biologique. Contrairement aux zones continentales où les populations humaines, végétales et animales peuvent donner refuge à l'intérieur des terres à mesure que le rivage recule, les îlots de corail ont des possibilités très limitées. Si le niveau de la mer augmente à une vitesse supérieure à la vitesse maximale de croissance verticale du corail (8 mm par an), l'eau et l'érosion l'emporteront, ce qui signifiera la mort de l'atoll corallien. Si, en revanche, le niveau de la mer ne montait que lentement, il est possible que le corail se développe assez rapidement pour subsister. Nous disposons de divers moyens techniques pour retarder l'érosion des côtes et pour défendre celles-ci contre les tempêtes, mais il n'existe aucun moyen de protection efficace pour les îlots de corail.

6.0.23 Les cordons littoraux sont utiles à l'homme, tant pour sa subsistance que pour ses loisirs. Ils défendent les lagunes et la terre ferme contre les tempêtes. Vivre dans les zones côtières a toujours comporté des risques. Les sociétés se sont adaptées aux conditions les plus extrêmes résultant de la variabilité naturelle du climat ou ont cherché à les maîtriser. La disparition de zones côtières habitables, typiquement très peuplées, signifierait inévitablement une réinstallation forcée pour de nombreuses populations. Comme pêcheries marchandes et pêcheries de subsistance sont de facto concentrées dans les mêmes zones vulnérables, l'élévation du niveau de la mer aura une double conséquence : réduction de l'habitat écologique (marais) où les populations de poissons trouvent leur nourriture, et menace accrue pour les zones côtières habitables. Une élévation d'un mètre, ou seulement de 50 cm, affecterait des milliers de kilomètres de côtes et des millions de personnes. Sauf, peut-être, pour quelques zones peu étendues, prévenir les effets physiques ne serait dans l'ensemble pas rentable. Aussi, faut-il prendre très au sérieux la menace que l'élévation du niveau de la mer constitue pour le littoral, car les conséquences seront considérables et pratiquement irréversibles.

Incidences sur l'océan

6.0.24 Le réchauffement climatique global risque d'altérer les processus physiques, chimiques et biologiques des océans et d'affecter la capacité productive de l'océan et des pêcheries. Un doublement effectif des concentrations de CO₂ pourrait élever la température à la surface de la mer de 0,2 à 2 °C et modifier les composantes du bilan thermique. Les conséquences varieraient d'une zone océanique (géographique) à l'autre.

6.0.25 En outre, une atmosphère plus riche en CO₂ pourrait provoquer une augmentation de l'acidité de l'eau de mer atteignant 0,3 pH, et l'élévation de la lysocline (par suite de la solution de quantités additionnelles de CaCO₃). Dans le même temps, la stabilité des métaux présents à l'état de traces associés à l'humus aquatique pourrait baisser, ce qui renforcerait leur action toxique sur les organismes marins et modifierait les conditions d'accumulation des dépôts.

6.0.26 Les écosystèmes côtiers seront les plus menacés par l'élévation de la température et celle du niveau de la mer. Les perturbations résultant des conditions hydrologiques et hydrochimiques, s'accompagneront d'une dérive des zones d'alimentation de nombreuses espèces de poissons et d'organismes benthiques, d'une modification de la structure trophique des communautés côtières et, par voie de conséquence, d'une diminution de leur capacité productive. Dans un premier temps, cependant, on pourrait observer une productivité plus grande dans les zones côtières inondées, du fait d'un apport plus grand en nutriments.

6.0.27 Les modifications du bilan thermique et du régime de circulation de l'océan influenceront directement sur la capacité productive des écosystèmes marins. Vu que 45 % de la production totale annuelle est concentrée dans les zones océaniques et côtières de remontées d'eau profonde et dans les régions subpolaires, la redistribution de ces zones déterminerait la capacité productive future des océans.

6.0.28 Les résultats des expériences numériques faites à l'aide de modèles de la circulation générale de l'océan et de l'atmosphère, et l'étude des données paléocéanographiques, laissent supposer que le réchauffement global irait de pair avec un affaiblissement de l'intensité des remontées d'eau froide océaniques résultant d'une baisse du gradient de température aux latitudes méridionales. La capacité productive des écosystèmes concernés s'en ressentirait. Toutefois, un léger accroissement de l'intensité des remontées d'eau froide au voisinage des côtes, résultant d'une plus grande différence de température entre la surface du sol et celle de l'eau, compenserait en partie la diminution des remontées d'eau froide océaniques. En outre, l'augmentation des températures aux latitudes élevées s'accompagnerait d'une hausse de la productivité. Tous ces changements entraîneront probablement une redistribution des zones de production qui pourrait déranger la structure trophique des écosystèmes marins et modifier les conditions de constitution des stocks de poissons commercialisés.

6.0.29 Si la zone des eaux équatoriales et tropicales chaudes s'étendait, les communautés pélagiques et benthiques seraient contraintes d'émigrer vers les régions boréales et tempérées, ce qui pourrait bien altérer sensiblement la composition des pêcheries mondiales. Dans le contexte d'un réchauffement global, le processus de biodégradation s'intensifierait de 30 à 50 % aux latitudes moyennes, ce qui, combiné à l'augmentation prévue du rayonnement ultraviolet B résultant de l'appauvrissement de la couche d'ozone stratosphérique, pourrait accélérer la dégradation des polluants par la photochimie et par les bactéries et raccourcir leur «temps de résidence» dans le milieu marin. Les conséquences écologiques et biologiques des changements climatiques annoncés varieront selon les zones géographiques. Aussi l'analyse du cycle biogéochimique du carbone doit-elle être abordée dans une perspective régionale et privilégier les écosystèmes océaniques les plus productifs et les plus menacés.

6.0.30 L'étude des écosystèmes polaires et subpolaires hautement productifs de la mer de Bering et des mers boréales et australes revêt un intérêt particulier car ce sont les latitudes moyennes qui connaîtront les plus grands changements. Ces écosystèmes jouent un rôle dans le cycle global du carbone dans l'océan, dans les mécanismes qui régissent la formation du climat, dans les pêcheries et dans la production des mammifères et des oiseaux aquatiques.

6.0.31 Des recherches menées à l'échelon international, par exemple celles qu'il est envisagé d'entreprendre dans la région de la mer de Bering, contribueront à définir le rôle des écosystèmes subpolaires dans la formation du climat de la Terre, ainsi qu'à l'étude plus vaste des incidences écologiques possibles du réchauffement global sur l'océan, sur les pêcheries en particulier.

6.0.32 La pêche affecte de nombreuses populations de poissons et de mammifères marins. L'évolution du climat exaspèrera les tensions et augmentera les risques d'effondrement. Il se pourrait, toutefois, que certaines espèces trouvent les nouvelles conditions climatiques plus propices.

6.0.33 L'élévation thermique aura aussi pour effet de réduire le volume des glaces des mers, ce qui sera profitable à la navigation. Écologiquement parlant, cependant, cela posera un problème. Les glaces de mer font partie des itinéraires migratoires et des parcours de chasse de certains animaux terrestres et constituent un élément essentiel de l'habitat de nombreuses espèces de mammifères marins (phoques, ours polaires, pingouins, etc.), une diminution du volume et de la persistance des glaces de mer mettrait ces animaux en difficulté. L'élévation du niveau de la mer, si elle est assez modérée pour ne pas menacer les installations portuaires, aurait l'avantage d'augmenter le tirant d'eau des navires sur les hauts fonds et dans les chenaux.

Mesures recommandées

- Recenser et évaluer les dangers qu'une élévation du niveau de la mer de l'ordre de 30 à 50 cm ferait courir aux régions côtières, aux îles et aux ressources biologiques.
- Étudier l'éventualité d'un lessivage des substances chimiques toxiques du fait d'une élévation du niveau de la mer.
- Améliorer les méthodes d'analyse des principaux constituants de la composante océanique du cycle du carbone (carbonates et carbone organique).
- Évaluer les incidences possibles, sur les écosystèmes océaniques et estuariens, d'une augmentation du rayonnement ultraviolet B résultant de l'appauvrissement de la couche d'ozone stratosphérique.
- Déterminer les incidences écologiques d'une réduction de la banquise dans les zones arctique et antarctique.
- Élaborer des méthodes permettant d'évaluer les incidences qu'exercerait, sur les ressources marines vivantes, une modification de la distribution des zones océaniques et côtières, ainsi que les conséquences socio-économiques qui en résulteraient.
- Concevoir et mettre en oeuvre des systèmes multinationaux permettant de déceler, de surveiller et de prévenir les conséquences, pour l'environnement et les activités socio-économiques, des modifications que subiront les zones océaniques et côtières.

7. Incidences potentielles de l'évolution du climat sur la cryosphère et conséquences socio-économiques

Principales conclusions

7.0.1 Elles comprennent :

- L'étendue et le volume de la cryosphère terrestre (manteau nival saisonnier, couches de pergélisol au voisinage de la surface du sol et glaces) diminueront sensiblement, ce qui, considéré dans un contexte régional, pourrait avoir des répercussions importantes sur les écosystèmes et les activités socio-économiques associés à la cryosphère.
- Le dégel et la contraction de la superficie de la cryosphère terrestre pourraient amplifier le réchauffement global (rétroactions positives) en modifiant, aux niveaux planétaire et local, les bilans radiatif et thermique et les dégagements de gaz à effet de serre. Cette rétroaction positive pourrait accélérer

le réchauffement global et provoquer, dans certaines régions, des changements soudains plutôt que progressifs. Cette éventualité renforce encore l'importance des conséquences qui en résulteront.

- La superficie et la persistance du manteau nival saisonnier devraient diminuer dans la plupart des régions, notamment aux latitudes moyennes, mais il est possible que certaines zones de latitudes élevées (dans l'Arctique comme dans l'Antarctique) connaissent une augmentation de la couverture neigeuse saisonnière.
- Ces modifications auront sur les ressources en eau, ainsi que sur les transports et les loisirs en hiver, des incidences qui se révéleront à la fois positives et négatives pour la société et pour l'économie.
- On prévoit une diminution globale du volume des glaciers et des champs de glaces. Dans certaines régions, cependant, des chutes de neige plus abondantes pourraient produire une accumulation de glace. Le recul des glaciers aura des répercussions sensibles sur les ressources en eau, à l'échelon tant local que régional, et, partant, sur les approvisionnements et sur la production hydroélectrique potentielle. Les glaciers fondront plus rapidement, ce qui, dans un premier temps, pourrait augmenter les eaux de fonte; par la suite, cependant, l'écoulement nival diminuera progressivement au fur et à mesure que le volume des glaciers se contractera, et finira par se tarir. Le recul des glaciers et la fonte progressive des calottes glaciaires contribueront aussi à faire monter le niveau des mers.
- À mesure que le mollisol (couche active soumise au cycle saisonnier du gel et du dégel) gagnera en profondeur, le pergélisol se dégradera et reculera vers des latitudes et des altitudes plus élevées. On prévoit que la profondeur du mollisol augmentera d'un mètre dans les 40 à 50 prochaines années. Il se produira un déplacement notable des zones climatiques, mais le recul du pergélisol sera beaucoup plus lent (20 à 50 kilomètres seulement). Ces modifications pourraient augmenter les risques d'instabilité, d'érosion et d'éboulements dans les zones actuelles de pergélisol.
- Les conséquences socio-économiques pourraient être importantes. Avec le recul du pergélisol, le terrain deviendra instable et la topographie se modifiera de même que les approvisionnements en eau, ce qui pourrait altérer profondément les écosystèmes. De même, la solidité des ouvrages (actuels et projetés), des installations et de l'infrastructure pourrait se trouver menacée, ce qui nécessitera à tout le moins des rattrapages ou un remodelage. Dans certains cas, cependant, l'abandon sera la seule solution, les dislocations étant trop fortes et/ou les coûts (pour l'environnement, la société et l'économie) trop élevés. Les possibilités d'aménagement pourraient s'en

ressentir dans les zones où la dégradation du pergélisol rendrait les investissements trop hasardeux.

- De par sa capacité relative de réaction au climat et à son évolution, la cryosphère terrestre constitue un repère très utile pour la surveillance et la détection des changements climatiques.
- Faute de données et d'une compréhension suffisante des processus en jeu, il est pour l'instant difficile de quantifier davantage les incidences de l'évolution du climat sur la cryosphère.

Principaux problèmes

7.0.2 La cryosphère terrestre comprend le manteau nival saisonnier, les glaciers de montagne, les calottes glaciaires et les sols gelés (pergélisols et étendues périodiquement gelées). Elle couvre aujourd'hui quelque 41 millions de km², le manteau neigeux saisonnier recouvrant jusqu'à 62 pour cent du continent eurasiatique et pratiquement tout le continent nord-américain, au nord du parallèle de 35 °.

7.0.3 Les changements climatiques prévus entraîneront une diminution spectaculaire de la superficie et du volume de ces éléments de la cryosphère. Les conséquences seront grandes, non seulement du point de vue des approvisionnements en eau douce, du niveau de la mer et de la topographie, mais aussi pour les sociétés et les systèmes économiques qui sont limités par l'existence de la cryosphère terrestre, ou qui en dépendent.

7.0.4 Pour comprendre les incidences de l'évolution du climat sur la cryosphère terrestre, il est important d'étudier les mécanismes de rétroaction. La réduction de la superficie des éléments de la cryosphère et la dégradation du pergélisol sous l'effet du réchauffement climatique peut accentuer celui-ci en modifiant les caractéristiques à la surface et les dégagements de gaz à effet de serre.

7.0.5 Les conséquences socio-économiques des modifications que subira la cryosphère terrestre seront largement fonction du rythme auquel ces changements s'opéreront. S'ils sont rapides ou brusques, l'environnement et les systèmes sociaux et économiques auront peu de temps pour s'adapter et les conséquences pourraient être considérables.

Manteau nival saisonnier

7.0.6 Les modèles de la circulation générale indiquent que la superficie du manteau neigeux devrait diminuer dans la plus grande partie de l'hémisphère Nord comme de l'hémisphère Sud, par suite d'une élévation des températures et, dans la plupart des régions, de la contraction du volume global de neige qui en résultera. On prévoit toutefois que la couverture neigeuse augmentera au sud du 60^e parallèle sud, et, en altitude, dans le Groenland continental et dans l'Antarctique (bien que ce dernier soit et doive rester essentiellement un désert froid).

7.0.7 La diminution de la superficie enneigée et de la persistance du manteau neigeux déclenchera des rétroactions climatiques positives, à savoir que le réchauffement global s'amplifiera, une surface exempte de neige ayant un plus grand pouvoir d'absorption du rayonnement solaire qu'une surface enneigée.

7.0.8 Le recul du manteau nival aura pour les sociétés et l'économie, des conséquences à la fois négatives et positives. Les risques de dommages et de pertes seront plus grands pour les systèmes que la neige défend (c'est-à-dire isole) des climats hivernaux froids. Cela vaut pour certaines cultures comme le blé d'hiver, les arbres et les arbustes, pour les animaux hibernants et pour la construction et l'entretien des infrastructures communales.

7.0.9 La contraction du manteau nival saisonnier, dans l'espace comme dans le temps, aura des répercussions sensibles sur les ressources en eau, au fur et à mesure que diminueront les quantités d'eau disponibles, tant pour la consommation (eau potable et eau d'irrigation) que pour la production d'énergie hydroélectrique et l'évacuation des déchets. Les régions les plus vulnérables seront celles où l'écoulement printanier et estival sont essentiellement tributaires de la fonte des neiges, par exemple les Alpes et les Carpathes, les Monts Altaï en Asie centrale, la région de Syr Dar'ya et d'Amu Dar'ya en URSS, les Rocheuses et la région des grandes plaines, en Amérique du Nord.

7.0.10 Le tourisme, de même que les entreprises et les sociétés qui vivent des loisirs (les sports d'hiver et le ski en particulier), subiront aussi les effets de cette diminution de la couverture neigeuse. Selon des prévisions concernant la province de l'Ontario, au Canada, il pourrait en coûter 50 millions de dollars par an aux professionnels de la neige.

7.0.11 La réduction du manteau nival saisonnier n'aura pas que des incidences négatives : le coût des opérations de déneigement s'abaissera, tandis que de nouvelles possibilités se dessineront dans le domaine des transports, qui se trouveront du même coup facilités. Le secteur des transports pourrait cependant pâtir de la diminution de la couverture neigeuse dans les régions où les transports sont tributaires de la neige et où la disparition des voies enneigées contraindrait à utiliser des moyens de transports plus coûteux.

Glaces

7.0.12 Le climat entretient avec les calottes glaciaires et les glaciers des relations complexes que nous connaissons encore mal, faute, peut-être d'une surveillance et de recherches suffisantes. L'élévation des températures entraîne généralement une augmentation de l'ablation et, partant, une contraction du volume de la glace. À l'inverse, ce volume augmente habituellement avec des chutes de neige plus abondantes. Comme les changements climatiques prévus pour certaines régions englacées comprendront à la fois des températures plus élevées et des

chutes de neige plus abondantes, l'étude des incidences de l'évolution du climat sur les glaciers et les calottes glaciaires doit faire intervenir ces deux facteurs.

7.0.13 La majeure partie des glaces de la planète est formée par la calotte Antarctique, dont la partie Est, repose sur l'écorce terrestre et la partie occidentale, plus vaste, sur la croûte terrestre et sur l'océan. Les glaces restantes sont réparties entre l'inlandsis groenlandais qui en contient la plus grande part, et les glaciers des chaînes montagneuses.

7.0.14 Bien que les données d'observation disponibles soient peu nombreuses, on estime que le bilan des glaces tant de l'Antarctique que du Groenland, est équilibré, dans l'ensemble, les gains annuels équivalent plus ou moins aux pertes. Il semblerait, toutefois, que l'inlandsis groenlandais se soit épaissi depuis la fin des années 70, ce que l'on attribue à de nouvelles accumulations de neige.

7.0.15 Sous l'action des changements climatiques induits par l'effet de serre, les masses glaciaires se réchaufferont progressivement et ne se trouveront plus en harmonie avec le nouveau régime climatique. Il est probable, cependant, que cette contraction du volume des glaces sera lente, les pertes ne devant devenir importantes qu'après 2100. Les calculs faits pour le Groenland indiquent que le volume des glaces pourrait diminuer de 3 % au cours des 250 prochaines années, dans l'hypothèse où les changements climatiques prévus se réaliseraient. La situation de l'Antarctique est plus complexe. La masse de la calotte orientale ne devrait pratiquement pas varier, à moins qu'elle n'augmente lentement, du fait de températures plus élevées et de précipitations plus abondantes. Comme toutes les glaces de mer, la banquise occidentale, est très instable.

7.0.16 Le réchauffement du climat pourrait provoquer un recul du front des terres et les glaces se disperseraient assez vite dans l'océan sous l'effet de courants glaciaires relativement rapides. Ce changement de régime pourrait causer l'effondrement partiel de la banquise occidentale ce qui, selon le volume de glace en cause, aurait des répercussions considérables sur le niveau des mers et sur l'environnement immédiat.

7.0.17 La réaction des glaciers à l'évolution du climat dépendra de leur type et de leur situation géographique. Dans l'ensemble, cependant, les glaciers s'amenuisent depuis 100 ans et cette tendance devrait se poursuivre si les changements climatiques prévus se réalisent. En Autriche, une élévation thermique de 3 °C à l'horizon 2050 devrait, réduire d'environ de moitié la superficie des glaciers alpins. Dans les archipels arctiques soviétiques, la fonte des glaciers pourrait entraîner leur disparition en l'espace de 150 à 250 ans. Par contraste, une estimation portant sur la zone tempérée du continent eurasiatique indique qu'à l'horizon 2020, les glaciers montagneux ne subiront dans l'ensemble, aucune modification, l'accélération de la fonte des glaces se trouvant compensée par des précipitations plus abondantes.

7.0.18 La fonte des glaciers et masses de glace fera monter le niveau des mers. Les observations faites durant le siècle dernier font apparaître une élévation de 1 à 3 mm par an, qui doit être attribuée essentiellement à une contraction du volume des glaciers alpins. Les projections actuelles suggèrent que le réchauffement climatique induit par l'effet de serre accélèrera cette tendance et que, selon toute probabilité, le niveau de la mer devrait s'élever de 65 cm d'ici la fin du siècle prochain.

7.0.19 Des réactions négatives en chaîne pourraient se produire à l'échelle régionale et mondiale, la chaleur de l'air ambiant faisant fondre la glace et la neige des glaciers, d'où un réchauffement moins intense.

7.0.20 La fonte des glaciers altèrera les cycles hydrologiques régionaux. En Nouvelle-Zélande, on a estimé qu'une hausse de température de 3 °C augmenterait à court terme l'écoulement fluvial glaciaire de certains cours d'eau dans l'ouest du pays, ce qui augmenterait la production d'énergie hydroélectrique de 10 %. Avec le recul des glaciers, les coulées de pierres pourraient devenir plus nombreuses. En fondant, la glace mettrait à jour de grandes quantités de roches détritiques sur les pentes escarpées qui deviendrait alors instables et seraient livrées à l'érosion. Des éboulements se produiraient, qui enseveliraient ouvrages, routes et végétation. Les fragments détritiques obstrueraient les cours d'eau et augmenteraient le débit solide, ce qui aurait pour effet de modifier le volume des eaux (crues locales, diminution du débit en aval, etc.) et leur qualité.

Pergélisol

7.0.21 Le pergélisol est la partie de la cryosphère terrestre, composée de sols et de roches, qui reste gelée en permanence tout au long de l'année. Il contient généralement de la glace sous diverses formes, allant de cristaux enfermés dans les pores du sol jusqu'à des amas de glace plus ou moins pure épais de plusieurs mètres. La présence de cette glace dans le sol en fait un matériau au comportement bien spécifique, dont les propriétés se modifient sous l'action d'une élévation thermique.

7.0.22 Aujourd'hui, environ 20 à 25 % de la surface continentale de la planète contient du pergélisol, essentiellement dans les régions polaires, mais aussi dans les régions alpines, à faible altitude. Le pergélisol occupe quelque 10,7 millions de km² en URSS, 5 millions au Canada, 2 millions en Chine et 1,5 million en Alaska. Si sa formation et ses caractéristiques sont essentiellement déterminées par les climats présent et passés, d'autres facteurs interviennent qui sont également importants, par exemple les propriétés du sol, de même que le terrain, la végétation et la couche de neige qui le recouvre.

7.0.23 Le pergélisol se développe habituellement dans les régions où la moyenne annuelle des températures de l'air est inférieure à -1 °C. Là où les températures sont

proches de cette valeur, il forme une couche discontinue (zone discontinue de pergélisol). Sa superficie et sa profondeur augmentent avec la latitude, c'est-à-dire à mesure que la température s'abaisse. Dans certaines régions du Canada, il atteint des profondeurs de 1000 m ou plus, de 1500 m en URSS et de 100 à 250 m en Chine.

7.0.24 Le fond de la mer contient aussi du pergélisol. Ainsi, le plateau continental que recouvre l'océan Arctique comporte de vastes étendues de matériaux gelés; il s'agit toutefois là de formes reliques (c'est-à-dire de pergélisols anciens qui ne pourraient pas se développer dans les conditions climatiques actuelles).

7.0.25 Le pergélisol se caractérise généralement par une grande instabilité, puisque il existe à une température très proche de celle de son point de fusion. Ce sont les pergélisols les plus voisins de la surface qui seront le plus affectés par les changements climatiques annoncés. La couche active, augmentera avec l'élévation thermique, ce qui diminuera la stabilité du sol. Cette dégradation du pergélisol sera cause d'affaissements superficiels (thermokarsts), de la formation d'étangs dans les eaux de surface, d'éboulements et de solifluction (glissement lent du sol) plus rapide. Cette instabilité mettra en péril la solidité et la stabilité des routes, des aqueducs, des terrains d'aviation, des barrages, des réservoirs et d'autres installations dans les zones contenant des pergélisols. En haute montagne, dans le massif des Alpes par exemple, la dégradation du pergélisol compromettrait aussi la stabilité de la couche de surface. Il pourrait alors se produire des coulées de boue et des chutes dangereuses de débris détachés de la paroi rocheuse par suite du dégel.

7.0.26 L'affaissement du talus, les thermokarsts et un déficit hygrométrique près de la surface - l'eau contenue dans le sol se trouvant aspirée à mesure que la couche active gagnerait en profondeur - auraient des effets préjudiciables sur la végétation et pourraient conduire à une diminution sensible des populations végétales. À plus long terme, la dégradation du pergélisol pourrait favoriser la croissance des espèces feuillues et à racines profondes et l'établissement de forêts d'espèces conifères plus denses. La faune serait aussi affectée par les modifications du relief, de l'hydrologie de surface et des approvisionnements alimentaires qui en résulteraient. On peut s'attendre à la disparition d'espèces et d'habitats, en particulier dans les régions où les terres humides s'assècheront et dans celles où le dégel provoquera des inondations.

7.0.27 L'étude des effets de l'évolution du climat sur le pergélisol doit faire intervenir d'autres paramètres que la température, par exemple les modifications des pluies estivales et de la couverture neigeuse. On doit toutefois s'attendre, si le réchauffement annoncé pour les prochaines décennies a effectivement lieu, à ce que la couche active gagne en profondeur et à ce que s'amorce le recul du pergélisol vers le nord, sous l'effet d'une hausse de température de 2 °C, la limite australe de la zone climatique

correspondant au pergélisol se déplacerait d'au moins 500 à 700 km au nord et au nord-est de la Sibérie. Toutefois la zone de pergélisol reculerait beaucoup plus lentement, soit de 25 à 50 km seulement dans les 40 à 50 prochaines années (ce qui correspond à une réduction de 10 % de la zone actuelle de pergélisol continu). Dans le même temps la profondeur active augmenterait d'un mètre. On prévoit des modifications comparables au Canada.

7.0.28 Le dégel du pergélisol s'accompagnera de dégagements de méthane et, dans une moindre mesure, de CO₂, provenant de matières biologiques jusque là congelées et d'hydrates gazeux. On ne sait pas encore dans quelle mesure ces émissions renforceront l'effet de serre, mais il se pourrait bien qu'elles conduisent à une hausse de température de 1 °C d'ici le milieu du siècle prochain.

7.0.29 La dégradation du pergélisol aura des conséquences socio-économiques très diverses. Les coûts d'entretien des bâtiments, routes, pipelines et autres équipements tendront à monter. Certaines installations devront être abandonnées ou déplacées et il faudra appliquer d'autres techniques de construction et d'évacuation des déchets sanitaires. D'un autre côté, l'agriculture, l'exploitation des forêts, la chasse et le piégeage devraient tirer profit du réchauffement climatique et du dégel du pergélisol.

Mesures recommandées

7.0.30 Les changements climatiques qui devraient résulter de l'effet de serre provoqueront une ablation des glaces dans le monde entier. On ignore toutefois comment cette tendance globale se reflètera à l'échelon régional et local et quelles seront les réactions des différentes masses glaciaires et des couvertures de glace et de neige saisonnières. Aux latitudes élevées et en altitude, l'évolution du climat se manifesterait essentiellement par des modifications de la cryosphère terrestre et par les effets de ces modifications. Par ailleurs, la cryosphère se prête particulièrement bien à la détection précoce des effets de l'évolution du climat. Il sera donc indispensable d'étudier plus avant la nature et la dynamique des glaces et les facteurs qui les régissent. Pour ce faire, il faudra :

- mettre en oeuvre ou renforcer des programmes intégrés d'observation systématique qui soient à la mesure de l'effort de recherche engagé pour disposer de systèmes d'observation basés au sol et de techniques de télédétection plus efficaces qui permettront d'obtenir les données de référence et les indications de tendance nécessaires;
- assurer simultanément la surveillance continue des installations, ouvrages et ressources naturelles à risque du fait des modifications prévues de la cryosphère terrestre;
- définir des critères et des méthodes de conception et de

construction qui tiennent compte des incidences de l'évolution du climat sur le pergélisol;

- conduire des programmes de recherche, notamment au titre d'accords de coopération internationale, comportant l'étude des relations entre le climat et les différents éléments de la cryosphère terrestre et celle d'autres facteurs déterminants, en particulier les mécanismes de rétroaction;
- affiner les modèles des relations entre le climat et la cryosphère terrestre;
- entreprendre, à l'échelon national et régional, des études qui fourniront des données et des indications sur les incidences de l'évolution du climat dans les régions où l'on trouve les différents éléments de la cryosphère terrestre, ainsi que sur les conséquences socio-économiques qui pourraient en résulter;
- déterminer dans quelle mesure il sera nécessaire de prévoir des zones protégées (réserves naturelles) pour les espèces et les habitats exposés;
- réunir et diffuser de la documentation et du matériel de formation concernant l'évolution du climat. les effets de cette évolution sur la cryosphère terrestre et les conséquences socio-économiques probables, et diffuser plus largement les résultats des recherches.

8. Récapitulation des mesures à prendre

8.0.1 Les conclusions auxquelles le Groupe de travail II est arrivé mettent en évidence les lacunes de notre savoir, particulièrement en ce qui concerne les incidences régionales de l'évolution du climat et les zones les plus exposées aux effets de cette évolution. Les travaux devront donc se poursuivre, à l'échelon tant national qu'international, dans les domaines de recherche ci-après :

- étude des incidences régionales de l'évolution du climat sur le rendement des cultures et du bétail et sur les coûts de production;
- recensement des pratiques et techniques agricoles convenant à des régimes climatiques différents;
- analyse des facteurs qui influent sur la distribution des espèces et sur leur sensibilité à l'évolution du climat;
- mise en place et exploitation de systèmes de surveillance intégrée des écosystèmes terrestres et marins;
- inventaire des ressources en eau et évaluation de la qualité de l'eau, en particulier dans les pays en développement des zones arides et semi-arides; études

de la sensibilité des ressources en eau et de la qualité de l'eau à l'évolution du climat;

- prévision à l'échelle régionale des modifications de l'humidité du sol, des précipitations, et du régime des eaux de surface et des eaux souterraines, ainsi que de leur distribution interannuelle par suite de l'évolution du climat;
- évaluation du degré de sensibilité des pays à un gain ou à une perte de ressources énergétiques, en particulier la biomasse et l'énergie hydroélectrique dans le cas des pays en développement;
- étude de la capacité d'adaptation des populations humaines vulnérables au stress dû à une chaleur excessive, ainsi qu'aux maladies transmises par les vecteurs et les virus;
- surveillance du niveau de la mer, à l'échelle du globe, en particulier pour les pays insulaires;
- identification des populations et des secteurs de production (agricole notamment) à risque dans les zones côtières et les pays insulaires;
- étude de la dynamique des masses glaciaires et de leur sensibilité à l'évolution du climat;
- prise en compte des incidences prévues de l'évolution du climat dans la planification, en particulier pour les pays en développement;
- élaboration de méthodes permettant d'évaluer la sensibilité de l'environnement et des systèmes socio-économiques à l'évolution du climat.
- certaines de ces questions sont déjà inscrites dans différents programmes d'études en cours ou projetés et qu'il faudra continuer d'appuyer. Les trois projets qui sont au centre du Programme international concernant la géosphère et la biosphère, à savoir
 - interaction des terres émergées - océans dans les zones côtières;
 - aspects du cycle hydrologique relatifs à la biosphère;
 - incidence du changement global dans l'agriculture et la société;

devraient, en particulier, fournir des indications très précieuses d'ici quelques années.

9. Dernières remarques

9.0.1 Les changements climatiques anthropiques peuvent avoir de profondes répercussions sur les systèmes sociaux, économiques et naturels de la planète. Aussi, chaque pays devrait-il s'efforcer d'appréhender et de comprendre les incidences d'une telle évolution sur sa population et ses ressources, et d'analyser les conséquences qui résulteront d'une élévation du niveau de la mer, d'une modification de la circulation océanique - et par voie de conséquence, des configurations météorologiques typiques - d'un appauvrissement des ressources d'eau douce, d'une augmentation du rayonnement ultraviolet B et de la propagation des parasites et de certaines maladies. Toutes ces manifestations risquent en effet d'amoinrir la capacité productive alimentaire et agricole et de nuire à la santé et au bien-être de l'homme.

9.0.2 Si l'évolution est trop rapide certaines espèces n'auront peut-être pas le temps de s'adapter et la diversité biologique pourrait s'en ressentir. Cela concernera aussi bien les régions de la cryosphère où la fonte des glaces de mer pourrait s'accélérer, que les zones équatoriales où la température de la mer en surface pourrait s'élever. Les analyses classiques des rapports coûts-avantages ne permettent pas d'évaluer les risques de cette nature. Pourtant, si nous n'avons pas encore de véritables certitudes scientifiques quant à la nature des diverses conséquences de l'évolution du climat, et si nous ignorons pour l'essentiel le moment et l'endroit précis où elles se manifesteront, nous savons faute de prendre des mesures draconiennes de prévention et d'adaptation, que l'environnement de la planète subira inévitablement selon le scénario retenu par le Groupe de travail I, des modifications significatives qui pourront entraîner de profonds bouleversements.

9.0.3 La communauté mondiale sait qu'il lui faudra agir pour limiter et atténuer les répercussions de l'évolution du climat. L'évaluation des conséquences possibles de cette évolution pour la biosphère et pour l'activité humaine et l'analyse comparative du coût net des mesures d'adaptation et de prévention devraient être suivies de programmes d'action bien précis. Certaines des conséquences de l'évolution du climat, l'élévation du niveau de la mer par exemple, se manifesteront lentement mais de façon continue, tandis que d'autres, telles que le déplacement des zones climatiques - qui affectera la fréquence de certaines conditions comme les crues, les inondations, les sécheresses et les perturbations violentes - pourraient être tout à fait imprévisibles. Le degré de sensibilité à des changements de cette nature et aux conséquences qui en résulteront varie considérablement d'une région et d'une nation à l'autre. Dans les pays en développement, l'activité humaine est généralement plus exposée aux bouleversements que l'on associe à l'évolution du climat. Il ne faut pas que le réchauffement climatique global et ses conséquences élargissent encore le fossé qui les sépare des pays développés.

9.0.4 La possibilité qu'ont les pays en développement de s'adapter aux changements climatiques probables et de ramener au minimum leur contribution aux émissions de gaz à effet de serre est réduite du fait de leurs ressources limitées, de leur endettement et des difficultés qu'ils ont à assurer un développement économique viable et équitable. Ils auront besoin d'aide pour formuler et appliquer des stratégies de parade appropriées (sous forme, notamment, de transfert de technologie, d'une aide financière accrue, de programmes d'éducation et d'information du public, etc.). Les pays industrialisés qui ont davantage les moyens d'affronter l'évolution du climat et ses conséquences doivent reconnaître qu'il leur faut aider les pays en développement à évaluer les incidences possibles de l'évolution du climat et à y faire face.

Rapport du Groupe de travail III au GIEC

Formulation de stratégies de parade

Exposé préliminaire du président du Groupe III

La première session (Washington D.C., 30 janvier - 2 février 1989) du Groupe de travail III du GIEC - Groupe de travail chargé de la formulation de stratégies de parade - a été consacrée essentiellement à des questions d'organisation (voir l'organigramme, page suivante). Ce n'est qu'après une réunion du Bureau du groupe (Genève, 8-12 mai 1989) que les quatre sous-groupes du Groupe III, ainsi que l'équipe chargée des scénarios concernant les émissions (Équipe A) et celle des coordonnateurs pour l'examen des mesures à mettre en oeuvre (Équipe B) ont pu se mettre véritablement à l'ouvrage.

À sa deuxième session (Genève, 2-6 octobre 1989), le Groupe III a examiné les mesures à mettre en oeuvre :

- 1) information et éducation du public;
- 2) transfert de technologie et mise au point de techniques;
- 3) mesures financières;
- 4) mesures économiques et commerciales; et
- 5) mesures juridiques, y compris les éléments à prendre en considération dans une convention cadre sur le climat. Les cinq exposés thématiques correspondants ont été approuvés par l'ensemble du groupe, étant entendu qu'il s'agissait là de «documents vivants» susceptibles d'être modifiés en fonction de données nouvelles ou de l'évolution de la situation.

À sa troisième session (Genève, 5-9 juin 1990), le Groupe de travail III a atteint trois objectifs :

- 1) il est parvenu à un accord sur le texte du résumé destiné aux décideurs, qui constitue son premier rapport intérimaire;
- 2) il a mis en forme et approuvé les rapports de ses quatre sous-groupes, celui de l'Équipe A et les cinq exposés thématiques que lui ont présentés les coordonnateurs de l'Équipe B. Tous ces documents forment la base du rapport de la session, à savoir le résumé destiné aux décideurs, sans toutefois refléter à proprement parler un consensus parfait entre les membres du Groupe III, même si les représentants de nombreux gouvernements ont participé à leur rédaction;

et, enfin,

- 3) il a décidé de remettre à son président, d'ici au 1^{er} juillet 1990, ses commentaires concernant son futur

programme de travail pour transmission au président du GIEC. Les membres du Groupe se sont accordés à estimer qu'ils devraient poursuivre leurs travaux.

Le mandat du Groupe III a un caractère, essentiellement technique, au sens large du terme, et non pas politique. Le GIEC l'a chargé de formuler un ensemble, aussi détaillé et objectif que possible, d'orientations, en précisant les bases concrètes.

Pour rester fidèle à l'esprit de sa mission, le Groupe de travail III n'a pas cherché à retenir ou à recommander des choix ou des orientations politiques, encore moins à se lancer dans une négociation sur les nombreuses et complexes questions de politique générale qui sont associées à celles de l'évolution du climat, même si la description qu'il en donne pourrait sembler privilégier l'une ou l'autre solution. Le choix des mesures à mettre en oeuvre appartiendra bien évidemment aux décideurs publics et/ou aux négociateurs de la future convention sur le climat.

Le Groupe III poursuit ses travaux. Depuis sa dernière session, le sous-groupe pour l'énergie et les activités industrielles a tenu à Londres une réunion très fructueuse, dont les conclusions ne sont toutefois pas prises en compte dans le présent rapport.

Il convient de noter que les valeurs estimatives citées dans le rapport pour les CFC, y compris celles dont il est fait mention dans le scénario A de la poursuite des activités, ne reflètent généralement pas les décisions prises en juillet 1990 par les Parties au Protocole de Montréal. Celles-ci ont en effet décidé d'accélérer la suppression progressive de la production et de la consommation de CFC, de halons de tétrachlorure de carbone et de méthylchloroforme.

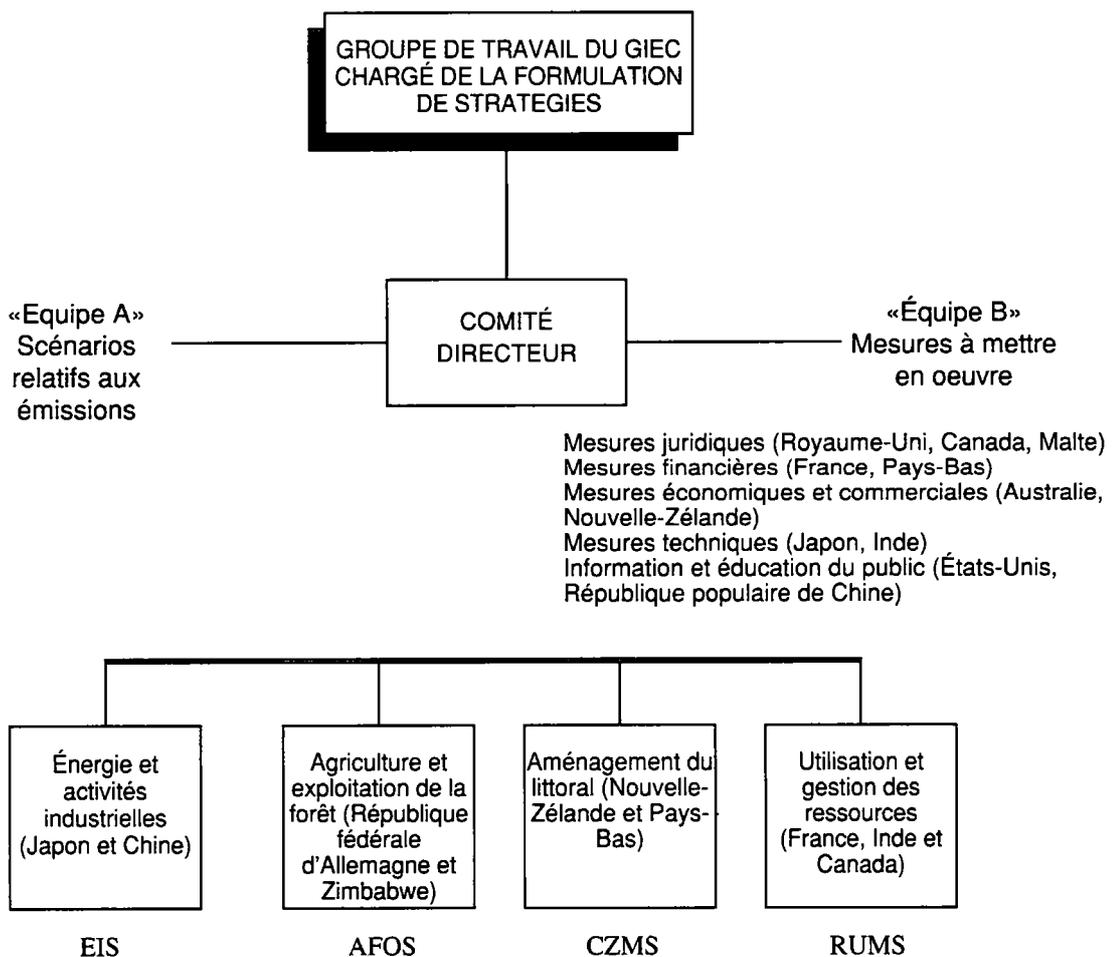
On notera également que les experts revoient actuellement les valeurs estimatives données dans le rapport pour l'exploitation forestière (par exemple, déboisement, combustion de biomasse et notamment de bois de chauffe, autres modifications des pratiques d'utilisation des sols), ainsi que pour les activités agricoles et autres.

Deux des tâches confiées au Groupe III lors de la réunion à l'échelon ministériel qui s'est tenue à Noordwijk, en novembre 1989, sont encore en suspens. Il s'agit d'études de faisabilité sur la possibilité : 1) de fixer des objectifs pour la limitation ou la réduction des émissions de CO₂, notamment une réduction de 20 % avant l'an 2005 et 2) de réaliser pour le début du siècle prochain une croissance nette des forêts du monde correspondant à 12 millions d'hectares par an. Le Groupe III espère mener cette tâche à bien avant la deuxième Conférence mondiale sur le climat prévu pour le mois de novembre.

Les présidents des sous-groupes et les coordonnateurs des tâches A et B se sont chargés de rédiger leurs rapports et, tout comme leurs gouvernements respectifs, n'ont été avares ni de leur temps, ni de leurs ressources.

Le résumé destiné aux décideurs publics est l'aboutissement d'une première année d'efforts du Groupe III. Celui-ci s'est donné beaucoup de peine pour que le résumé rende bien compte des travaux des sous-groupes et des coordonnateurs. Etant donné que le Groupe de travail avait très peu de temps devant lui, ce premier rapport ne peut être considéré que comme un début.

Frederich M. Bernthal
Président
Groupe de travail III
Formulation de stratégies de parade



Résumé directif

1. Le Groupe de travail III a été chargé de formuler des stratégies de parade à l'évolution du climat mondial, compte tenu des travaux des Groupes de travail I (Évaluation scientifique) et II (Évaluation des incidences), lesquels ont conclu ce qui suit :

Nous pouvons affirmer que les émissions résultant d'activités humaines augmentent sensiblement la teneur de l'atmosphère en gaz à effet de serre : dioxyde de carbone, méthane, chlorofluorocarbones et oxyde nitreux. Cette augmentation renforce l'effet de serre, amplifiant le réchauffement général de la surface terrestre.

Plus longtemps les émissions continueront d'augmenter au rythme actuel et plus il faudra les réduire pour que les concentrations se stabilisent à un niveau donné.

Il faudrait réduire immédiatement de plus de 60 % les émissions anthropiques de gaz à longue durée de vie afin de stabiliser leurs concentrations au niveau actuel.

Les résultats des modèles actuels nous autorisent à prévoir que, dans l'hypothèse d'émissions correspondant à la poursuite des activités (selon un des scénarios retenus par le GIEC), la moyenne globale des températures augmentera au cours du siècle prochain d'environ 0,3 °C par décennie (avec une marge d'incertitude de 0,2 à 0,5 °C par décennie), soit davantage que pendant les 10 000 dernières années. On peut aussi prévoir une élévation d'environ 6 cm par décennie du niveau moyen de la mer (avec une marge d'incertitude de 3 à 10 cm par décennie).

Nos prévisions ne sont pas vraiment fiables et nous n'avons encore aucune certitude quant au rythme, à l'ampleur et à la distribution régionale des changements climatiques, qui pourraient se produire.

Les écosystèmes agissent sur le climat et l'évolution de celui-ci, résultant notamment de l'augmentation des concentrations de dioxyde de carbone, les affectera. Des changements climatiques rapides auront par exemple pour effet de modifier leur composition. Ces changements profiteront à certaines espèces, alors que d'autres, incapables de migrer ou de s'adapter assez rapidement, s'éteindront. Une atmosphère plus riche en dioxyde de carbone pourrait accroître la productivité végétale et le rendement de la consommation d'eau par les plantes.

Dans bien des cas, les conséquences de l'évolution du climat affecteront davantage les régions qui connaissent déjà des difficultés, ce qui est notamment le cas des pays en développement.

Les établissements humains les plus vulnérables sont ceux qui sont aujourd'hui plus particulièrement exposés à des catastrophes naturelles : inondation des plaines fluviales ou côtières, forte sécheresse, glissements de terrains, violentes tempêtes et cyclones tropicaux.

2. Les mesures de parade seront certainement très différentes selon les pays et varieront en fonction de la situation de chacun, de sa part de responsabilité dans l'évolution du climat et des incidences négatives que cette évolution aura pour lui. Les pays en développement, dont le degré de développement est très variable se trouvent confrontés à toute une gamme de problèmes bien différents. Ensemble, ils regroupent 75 % de la population mondiale, mais leurs bases de ressources primaires diffèrent très largement. Tous n'en seront pas moins particulièrement exposés aux conséquences néfastes de l'évolution du climat, en raison d'un accès limité à l'information nécessaire, d'une infrastructure précaire et de ressources humaines et financières insuffisantes.

Principales conclusions

3. Elles comprennent :

- i) L'évolution du climat est un problème de dimension planétaire. Y faire face demandera un effort global qui pourrait avoir d'énormes conséquences pour l'humanité en général et pour chaque société.
- ii) Pays industrialisés et pays en développement doivent s'attaquer ensemble aux problèmes résultant de l'évolution du climat.
- iii) Les pays industrialisés ont cependant des responsabilités particulières, et cela à deux titres :
 - a) la majeure partie des émissions actuelles leur est imputable et c'est pour eux que les perspectives de changement sont les plus grandes. Ils devraient donc prendre des mesures à l'échelon national pour limiter l'évolution du climat en adaptant leur économie en fonction des futurs accords sur la limitation des émissions;
 - b) les pays industrialisés doivent aussi collaborer avec les pays en développement dans l'action internationale engagée, mais sans faire obstacle à leur développement; autrement dit, ils doivent leur procurer des ressources financières additionnelles, assurer un transfert de technologie approprié, coopérer étroitement avec eux sur le plan scientifique - programme d'observation, d'analyse et de recherche - et, enfin, les faire bénéficier d'une coopération technique axée sur la prévention et la solution des problèmes liés à l'environnement.
- iv) Les émissions des pays en développement sont en

augmentation - ce qui est sans doute une nécessité compte tenu des exigences du développement - si bien qu'elles pourraient, à la longue, représenter une part toujours plus importante des émissions globales. Les pays en développement devront donc, autant que faire se pourra, prendre des mesures pour adapter leur économie en conséquence.

- v) La notion de développement viable suppose que la croissance aille de pair avec une protection efficace de l'environnement. Aussi, faudra-t-il de plus en plus tenir compte de l'évolution du climat dans l'action engagée pour assurer une croissance continue. Il est impératif de maintenir un juste équilibre entre les objectifs économiques et ceux qui concernent l'environnement.
- vi) Stratégies de limitation et mesures d'adaptation sont indissociables et devraient se compléter de façon que les coûts nets puissent être réduits au minimum, sans compter que l'application de mesures visant à limiter les émissions des gaz à effet de serre facilitera en même temps l'adaptation à l'évolution du climat.
- vii) Les incidences que cette évolution pourrait avoir sur l'environnement de la planète sont suffisamment graves pour que l'on adopte dès maintenant des stratégies de parade qui se justifient dans l'immédiat malgré les grandes incertitudes qui subsistent quant à ce qui se passera réellement.
- viii) Pour que la population prenne davantage conscience de la gravité du problème et qu'on puisse la conseiller utilement sur ce qu'il convient de faire, il est indispensable qu'elle soit bien informée. C'est là une question qu'il faut aborder dans l'optique de la diversité sociale, économique et culturelle de nations.

Adoption d'une approche souple et progressive

4. Il est à prévoir que, si l'on n'intervient pas, les émissions de gaz à effet de serre provenant d'une majorité de sources augmenteront sensiblement. Certes, chlorofluorocarbones et halons sont déjà soumis à un certain degré de réglementation, au titre du Protocole de Montréal, mais les émissions de CO₂, de CH₄, de N₂O et d'autres gaz, par exemple plusieurs substituts de chlorofluorocarbones iront en augmentant. Dans cette hypothèse, on estime que les émissions de CO₂ passeront d'environ 7 Gt C en 1985 à 11 à 15 Gt C à l'horizon de 2025. De même, les émissions anthropiques de méthane devraient passer d'environ 300 Tg à plus de 500 Tg durant la même période. À partir de ces prévisions, le Groupe de travail I a estimé à 0,3 °C par décennie la hausse de température globale qui pourrait se produire.

5. Les hypothèses de travail retenues par le Groupe I donnent en outre à penser que la réglementation des émissions pourrait effectivement ralentir le réchauffement

climatique global en ramenant éventuellement la hausse de température de 0,3 à 0,1 °C par décennie. Les coûts et avantages de cette réglementation, sur le plan social et économique et du point de vue de l'environnement, n'ont pas encore été évalués en détail. Il faut bien souligner à ce propos que l'application de mesures visant à réduire les émissions globales est très difficile en ce sens que l'utilisation d'énergie, l'exploitation de la forêt et l'utilisation des sols sont des éléments clés de l'économie mondiale. Notre connaissance des aspects scientifiques et socio-économiques de la question ne cesse de s'accroître; pour l'exploiter au maximum, il nous faut adopter une approche souple et progressive. Compte tenu de sa situation particulière, chaque pays peut envisager de prendre dès maintenant des mesures visant à limiter, à stabiliser ou à réduire les émissions de gaz à effet de serre résultant d'activités humaines ainsi qu'à accroître l'efficacité des puits d'absorption et à en empêcher la destruction. Les pouvoirs publics pourraient, par exemple, envisager de fixer des objectifs quantitatifs pour le CO₂ et d'autres gaz à effet de serre.

6. L'accroissement démographique annoncé est important et jouera un rôle majeur dans l'augmentation prévue des émissions de gaz à effet de serre. Aussi sera-t-il indispensable que les stratégies de parade à l'évolution du climat mondial comportent des mesures visant à ralentir la croissance de la population mondiale.

Mesures à court terme

7. Le Groupe de travail a recensé un certain nombre de mesures, à prendre selon les cas à l'échelon national, régional et international, qui permettront de prévenir les effets de l'évolution du climat tout en offrant d'autres avantages.

8. Mesures de limitation

- Accroître le rendement de la consommation d'énergie, ce qui permettra de réduire les émissions de dioxyde de carbone, qui est le principal gaz à effet de serre, tout en améliorant les résultats économiques globaux, en abaissant d'autres émissions polluantes et en augmentant la sécurité.
- Recourir à des énergies et à des technologies plus propres, ce qui permettra de réduire simultanément les émissions de dioxyde de carbone et celles d'autres substances polluantes qui sont à l'origine de pluies acides et d'autres effets dommageables.
- Améliorer les modes d'aménagement forestier et, dans la mesure du possible, favoriser l'expansion des zones boisées qui peuvent servir de réservoirs de carbone.
- Supprimer progressivement l'emploi des CFC comme le prévoit le Protocole de Montréal, ce qui permettra de supprimer des gaz à effet de serre parmi les plus puissants et dont la durée de vie est la plus longue, tout en préservant la couche d'ozone stratosphérique.

L'agriculture, l'exploitation de la forêt et d'autres activités humaines libèrent aussi de grandes quantités de gaz à effet de serre. Il est possible de réduire assez rapidement ces émissions en améliorant l'évacuation des déchets animaux, en modifiant la composition et l'emploi des engrais, en opérant différents changements dans l'utilisation des terres agricoles sans compromettre pour autant la sécurité alimentaire, et en améliorant le contrôle des décharges et le traitement des eaux usées.

9. Mesures d'adaptation

- Formuler des stratégies et des programmes d'action pour les situations d'urgence et la prévention des catastrophes.
- Recenser les zones exposées aux effets d'une élévation du niveau de la mer et élaborer des plans de gestion détaillés visant à atténuer la sensibilité des populations et celle des aménagements et des écosystèmes côtiers, dans le contexte général de l'aménagement du littoral.
- Accroître l'efficacité de l'utilisation des ressources naturelles, intensifier la recherche pour lutter contre la désertification et renforcer la capacité d'adaptation des cultures à des sols plus salins.

Mesures à plus long terme

10. Les gouvernements doivent se préparer à prendre des mesures plus énergiques, dont on trouvera la description plus loin. Pour ce faire, ils devraient dès maintenant :

- mettre en oeuvre des programmes coordonnés de recherche accélérée afin de dissiper les incertitudes qui caractérisent encore les mécanismes scientifiques et les conséquences socio-économiques de l'évolution du climat, ce qui leur permettra de choisir en meilleure connaissance de cause les stratégies et les mesures de parade à appliquer;
- concevoir de nouvelles technologies dans le domaine de l'énergie, de l'agriculture et des activités industrielles;
- revoir la planification dans ces domaines, ainsi qu'en ce qui concerne les transports, l'aménagement des zones urbaines et du littoral, l'utilisation et la gestion des ressources;
- encourager les modifications structurelles et les changements de comportement qui pourraient être bénéfiques (par exemple dans les secteurs des transports et du logement)
- élargir et développer les systèmes d'observation et de surveillance de l'océan.

11. Il convient de noter qu'aucune évaluation détaillée n'a encore été faite en ce qui concerne les coûts et les avantages économiques des orientations proposées, ainsi que leur viabilité technique, ou commerciale.

Coopération internationale

12. L'application de toutes ces mesures exigera une coopération internationale poussée, sans préjudice de la souveraineté nationale des états. La négociation internationale d'une convention cadre devrait commencer aussitôt que possible après la remise du premier Rapport d'évaluation du GIEC. Cette convention, et les protocoles qui pourront venir la compléter, offriront une base solide pour une coopération réelle et efficace concernant les émissions de gaz à effet de serre et les mesures d'adaptation à prendre face aux effets négatifs de l'évolution du climat. Cette convention devra, au minimum, définir des principes et des engagements généraux. Elle devrait être formulée de façon à recueillir l'adhésion d'un éventail de pays aussi large et aussi équilibré que possible et ménager des possibilités d'intervention en temps voulu.

13. Les négociations devront porter essentiellement sur les points suivants : différents aspects de l'obligation de réglementer les émissions nettes des gaz à effet de serre - critères à observer, échéances à respecter, forme juridique et incidences; moyens de répartir équitablement les conséquences de cette réglementation; nécessité et possibilité de mettre des mécanismes institutionnels en place; activités de recherche et de surveillance nécessaires et, en particulier, moyens de consentir aux pays en développement des ressources financières additionnelles et un transfert de technologie sur une base préférentielle.

Autres considérations

14. L'exposé des problèmes, solutions et stratégies que contient le présent résumé est destiné à aider les décideurs publics et les futurs négociateurs dans leurs tâches respectives. Chaque gouvernement devrait réfléchir plus avant aux questions soulevées dans ce résumé ainsi que dans les rapports du Groupe de travail III dont il est la synthèse, car ils concernent différents secteurs dans les différents pays. Il convient de noter que les considérations scientifiques et techniques qui y sont exposées ne reflètent pas nécessairement la position officielle de tous les gouvernements, en tout cas pas de ceux qui n'ont pu participer jusqu'au bout aux travaux des trois groupes de travail du GIEC.

1. Émissions anthropiques de gaz à effet de serre

1.0.1 Les activités humaines qui libèrent des gaz à effet de serre dans l'atmosphère, CO₂, CH₄, CFC et N₂O notamment, sont nombreuses et variées. Ces émissions proviennent de différentes sources : production et consommation d'énergie, activités industrielles ne relevant pas du secteur de l'énergie (essentiellement production et utilisation de CFC), systèmes agricoles, mode d'occupation et d'utilisation des sols (déboisement et combustion de biomasse, par exemple). La figure 1 illustre la contribution relative de chacune de ces activités au forçage radiatif durant les années 80 (voir le rapport du Groupe de travail I pour une explication plus détaillée du forçage radiatif exercé par les différents gaz à effet de serre; et l'introduction du présent, s'agissant des valeurs estimatives de la contribution des activités susmentionnées au forçage radiatif).

1.0.2 Le Groupe de travail I du GIEC a calculé que l'augmentation des concentrations dans l'atmosphère de CO₂, de CH₄, de CFC et de N₂O que l'on a pu observer durant les années 80, sous l'effet des activités humaines, a contribué à accroître le forçage radiatif à raison de 56 %, 15 %, 24 % et 5 % respectivement.

1.1 Énergie

1.1.1 Le secteur de l'énergie (production et consommation) constitue à lui seul la cause anthropique principale du forçage radiatif. La consommation d'énergie provenant de combustibles fossiles (charbon, pétrole et gaz naturel, à l'exclusion du bois de chauffage) à diverses fins - activités industrielles et commerciales, logement, transports, etc. - dégage de grandes quantités de CO₂; il faut ajouter à cela des émissions moins importantes de méthane provenant des mines de charbon et les dégagements de gaz naturels. On estime à 46 % (avec une marge d'incertitude de 38 à 54 %) la part du secteur de l'énergie dans le renforcement du forçage radiatif résultant d'activités humaines.

1.1.2 Si les flux naturels de CO₂ dans l'atmosphère sont importants (200 Gt/an), l'apport des émissions anthropiques est assez significatif pour perturber l'équilibre de l'atmosphère.

1.2 Activités industrielles

1.2.1 La production et l'utilisation de CFC et autres halocarbones dans diverses activités industrielles entrent pour 24 % dans le renforcement du forçage radiatif.

Exploitation forestière

1.2.2 Le déboisement, la combustion de biomasse (y compris le bois de chauffage) et diverses modifications dans les pratiques d'utilisation des sols sont à l'origine de dégagements de CO₂, de CH₄ et de N₂O dans l'atmosphère;

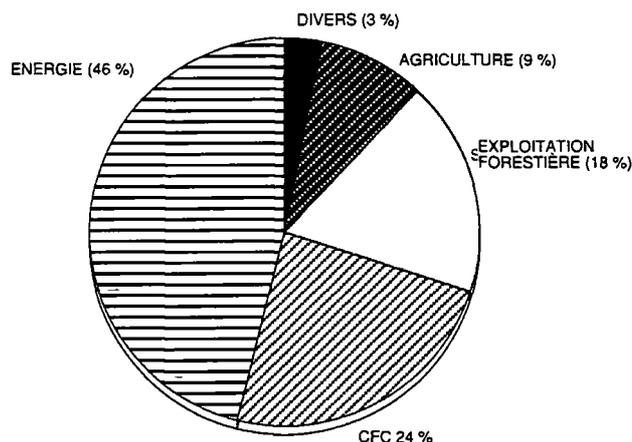


Figure 1 Contribution respective de diverses activités humaines au forçage radiatif, valeurs estimatives pour la période 1980-1990*

*Ces pourcentages correspondent aux valeurs estimatives des concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère et aux potentiels de réchauffement global de ces gaz, cités par le Groupe de travail I.

ensemble, ils contribuent pour 18 % (avec une marge d'incertitude de 9 à 26 %) à l'accroissement du forçage radiatif.

Agriculture

1.2.3 La part des dégagements de méthane imputables à la culture du riz et à l'élevage et d'oxyde nitreux libérés par les engrais azotés s'établit à environ 9 % (avec une marge d'incertitude de 4 à 13 %).

Autres sources

1.2.4 Les émissions de dioxyde de carbone provenant des cimenteries et les dégagements de méthane provenant des décharges entrent, ensemble, pour environ 3 % (avec une marge d'incertitude de 1 à 4 %) dans l'accroissement du forçage radiatif.

1.2.5 Il n'est pour l'instant pas possible de produire des estimations fiables des émissions de gaz à effet de serre, car l'on manque de précisions quant à la somme des émissions et à leur répartition entre les différentes sources. Les émissions globales provenant de certaines sources sont particulièrement difficiles à déterminer; c'est le cas, par exemple, du CO₂ libéré par le déboisement, des dégagements de méthane imputables à la culture du riz, à l'élevage, à la combustion de biomasse, aux charbonnages et aux gaz naturels, et des émissions de N₂O, toutes sources confondues. Les valeurs estimatives de ces émissions se caractérisent par une fourchette assez large, c'est-à-dire que l'on peut appliquer un facteur multiplicatif de 1,5 pour les

dégagements de méthane imputables à l'élevage, de 4 pour le CO₂ provenant du déboisement et jusqu'à 7 pour les gaz libérés par les rizières.

2. Futures émissions de gaz à effets de serre

2.0.1 Il est probable que les émissions de gaz à effet de serre provenant de la majorité des sources citées augmenteront notablement à l'avenir si l'on ne prend aucune mesure de politique générale à ce sujet. Au fur et à mesure que la croissance économique et démographique se poursuivra, en particulier dans les pays en développement, les activités en jeu se développeront, qu'il s'agisse de la consommation d'énergie, des activités industrielles, de l'agriculture ou du déboisement - ce qui se traduira par une augmentation nette des émissions de gaz à effet de serre. Si certains CFC et halons sont déjà soumis à un certain degré de réglementation au titre du Protocole de Montréal, il est à prévoir que les émissions de CO₂, de méthane, d'oxyde nitreux et d'autres gaz à effet de serre continueront d'augmenter compte tenu de l'activité et de la croissance économiques actuelles.

2.0.2 Il faut toutefois savoir qu'en raison de notre incapacité à évaluer les futurs taux de la croissance démographique et économique, et d'autres indicateurs, les prévisions relatives à toute une série de facteurs qui jouent un rôle déterminant dans l'évaluation des taux d'émission pour le siècle prochain - comportements et habitudes, innovations techniques, etc. - sont entachées d'incertitudes. Cela ne peut que se répercuter sur les prévisions des émissions de gaz à effet de serre pour les quelques prochaines décennies ou au-delà. Compte tenu de ces difficultés intrinsèques, les valeurs estimatives produites par le Groupe III constituent, à l'heure actuelle, les meilleures estimations pour les émissions durant le siècle prochain. Reste qu'il faudra approfondir les hypothèses avancées.

2.0.3 Pour élaborer les scénarios décrits dans les sections 2.1 et 2.2 ci-après, le Groupe de travail III a appliqué deux méthodes distinctes. D'une part, il a utilisé des modèles de la circulation globale pour poser quatre hypothèses dont le Groupe de travail I s'est servi ultérieurement pour calculer les valeurs estimatives du réchauffement global à venir. D'autre part, il a construit un scénario de référence à partir d'une synthèse des études portant sur les secteurs de l'énergie et de l'agriculture qui lui ont été remises par plus de 21 pays et organisations internationales, pour une estimation des émissions futures. Dans les deux cas, les calculs indiquent que les émissions de CO₂ et de CH₄ iront en augmentant, celles de CO₂ devant passer d'environ 7 Gt C aujourd'hui entre 11 et 15 Gt C d'ici 2025.

2.1 Scénarios retenus pour les émissions

2.1.1 L'une des premières tâches auxquelles s'est attelé le Groupe de travail III a été de poser, pour son étude et celle

des deux autres groupes de travail du GIEC, un certain nombre d'hypothèses de travail quant aux futures émissions de gaz à effet de serre. Il a chargé un petit groupe d'experts d'étudier quatre hypothèses relatives à la composition future de ces émissions et à leur incidence sur l'atmosphère. L'effet cumulatif de ces émissions a été calculé selon le concept de quantité équivalente de CO₂, (c'est-à-dire que la contribution de chaque gaz à effet de serre au forçage radiatif est traduite de son équivalent en CO₂). Les prévisions des taux de croissance de l'économie mondiale et les estimations démographiques, qui sont les mêmes dans les quatre scénarios, ont été fournies respectivement par la Banque mondiale et par l'Organisation des Nations Unies.

2.1.2 Le premier scénario suppose qu'il ne sera rien fait ou presque pour limiter les émissions de gaz à effet de serre. On le désigne comme étant celui de la « poursuite des activités » ou « hypothèse haute pour les émissions en 2030 ». Il prévoit que la consommation d'énergie et le défrichage de la forêt tropicale se poursuivront au même rythme, les combustibles fossiles, le charbon en particulier, demeurant la principale source mondiale d'énergie primaire et que le Protocole de Montréal entrera en vigueur, mais ne sera pas renforcé, ni respecté à 100 %. D'après l'interprétation du Groupe de travail I, le doublement de la teneur de l'atmosphère en équivalent de CO₂ par rapport aux valeurs pré-industrielles devrait se produire aux alentours de 2025.

2.1.3 Les valeurs prévues de la contribution des activités humaines aux émissions de gaz à effet de serre pour 2025 figurent dans le tableau 1. Le Groupe de travail III a procédé à une analyse comparative des résultats obtenus avec le scénario de référence construit par le sous-groupe pour l'agriculture et l'énergie et celui de la poursuite des activités (scénario A, ou hypothèse haute pour les émissions de 2030) (voir la figure 2). La figure indique les concentrations d'équivalents en CO₂ pour le scénario A et pour le scénario de référence (plus fortes émissions de CO₂ et suppression progressive des CFC selon les accords conclus par les Parties au Protocole de Montréal). On constatera que les concentrations en équivalents de CO₂, et donc l'incidence sur le climat mondial, sont les mêmes dans les deux cas.

2.1.4 Le deuxième scénario (hypothèse basse pour les émissions de 2060) suppose que sous la pression de divers intérêts écologiques et économiques, des mesures seront prises pour ralentir l'augmentation des émissions des gaz à effet de serre. Les hypothèses retenues sont les suivantes : des mesures tendant à améliorer le rendement énergétique, dont l'application n'est possible que sur intervention des pouvoirs publics, sont mises en oeuvre; les émissions sont réglementées dans le monde entier et la part du gaz naturel dans la production mondiale d'énergie primaire augmente; tous les pays se conforment au Protocole de Montréal et le processus de déboisement et de défrichage de la forêt tropicale est stoppé et infléchi. Sous l'effet cumulatif de ces mesures, le doublement de la concentration en équivalent de CO₂ serait repoussé à l'horizon 2060.

TABLEAU 1 : Sources d'émission anthropique de gaz à effet de serre selon les scénarios appliqués par le Groupe de travail III

	Scénario de référence AFOS/EIS modifié pour tenir compte de la suppression progressive des CFC ²		Scénario : A Poursuite des activités	
	1985	2025	1985	2025
Émissions de CO ₂ (Gt C)				
Énergie	5,1	12,4	5,1	9,9
Déboisement	1,7 ³	2,6	0,7 ⁴	1,4
Cimenteries	0,1	0,2	0,1	0,2
Total	6,9	15,2	5,9	11,5
Émissions de CH ₄ (Tg CH ₄) ⁵				
Charbonnages	44	126	35	85
Gaz naturel	22	59	45	74
Rizières	110	149	110	149
Déchets humains	75	125	74	125
Élevage (Déchets animaux)	37	59	-	-
Décharges	30	60	40	71
Combustion de biomasse	53	73	53	73
Total	371	651	357	577
N ₂ O (Tg N) ⁵	4,6	8,7	4,4	8,3
CO (Tg C) ⁵	473	820	443	682
NO _x (Tg N) ⁵	38	69	29	47
CFCs (Gg)				
CFC-11	278	11	278	245
CFC-12	362	10	362	303
HCFC-22	97	1572	97	1340
CFC-113	151	151	122	
CFC-114	15	0	15	9
CFC-115	5	0	5	5
CCl ₄	87	110	87	300
CH ₃ CCl ₃	814	664	814	1841
Halon 1301	2,1	1,8	2,1	7,4

² Les valeurs estimatives correspondant aux émissions de CFC pour 1985 et 2025 tiennent compte des décisions prises par les Parties au Protocole de Montréal. Durant la réunion qu'elles ont tenue à Londres (juin 1990), elles ont décidé d'accélérer la suppression de la production et de la consommation de CFC, d'halons, de tétrachlorure de carbone et de méthylchloroforme.

³ Valeurs estimatives moyennes pour le déboisement et la biomasse, concordant avec la valeur retenue par le Groupe de travail I.

⁴ Faible taux de déboisement et de combustion de biomasse par hectare.

⁵ Les différences qui apparaissent pour les émissions de 1985 sont dues à l'emploi de définitions différentes pour qualifier les émissions des sources considérées.

Concentration en équivalent de CO₂

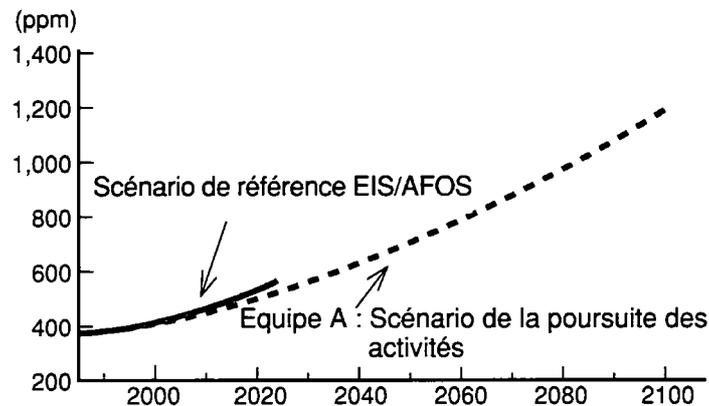


Figure 2 : Scénario de référence EIS/AFOS — Scénario de la poursuite des activités (Équipe A)

2.1.5 Les deux derniers scénarios supposent que des mesures complémentaires seront prises pour réduire les émissions de gaz à effet de serre, en sus de celles prévues dans l'hypothèse basse, à savoir notamment : exploitation rapide de sources d'énergie renouvelables, renforcement du Protocole de Montréal et adoption de pratiques agricoles destinées à réduire les émissions imputables à l'élevage, à la culture du riz et à la fertilisation des sols.

2.1.6 Tous ces scénarios forment un cadre conceptuel pour l'étude de la composition des émissions futures, et des interventions qui pourraient la modifier. Il faut toutefois noter qu'il s'agit là d'hypothèses ou de suppositions, plutôt que d'études spécifiques de cas. Par ailleurs, aucune évaluation détaillée n'a encore été faite en ce qui concerne les coûts et les avantages économiques des orientations proposées, ou leur viabilité technique et commerciale.

2.2 Scénario de référence

2.2.1 Le tableau 2 donne la répartition régionale des résultats obtenus pour le scénario de référence (émissions de CO₂ imputables au seul secteur de l'énergie). Ce tableau est incomplet et ne comprend pas les émissions de CO₂ extérieures au secteur de l'énergie, celles des autres gaz à effet de serre, ni les puits d'absorption. Il ne permet pas à proprement parler de mesurer la contribution d'une région donnée au forçage climatique, mais dépeint un avenir dans lequel les émissions globales d'un gaz majeur, le CO₂, augmenteront si l'on ne prend pas de mesures spécifiques, pour passer de 5,15 Gt C en 1985 à 7,30 Gt C en l'an 2000 et à 12,43 Gt C en 2025, tandis que la demande d'énergie primaire aura plus que doublé, soit un rythme de croissance annuelle de 2,1 %.

2.2.2 Le taux de croissance annuel des émissions de CO₂ s'établit à 0,7 % pour l'Europe occidentale, à 1,3 % pour le continent nord-américain et les pays du Pacifique membres de l'OCDE et à 3,6 % pour les pays en

développement. La répartition régionale des émissions varie dans le temps.

2.2.3 Le scénario de référence prévoit que, dans les pays industrialisés, les émissions par habitant passeront de 3,1 tonnes de carbone par habitant en 1985 à 4,7 en 2025. Les chiffres correspondants pour les pays en développement sont 0,4 pour 1985 et 0,8 pour 2025.

2.2.4 Le scénario de référence nous donne une idée de l'importance des réductions des émissions mondiales totales qui pourraient se révéler nécessaires pour stabiliser les émissions de CO₂ ou les faire baisser. Ainsi, pour stabiliser les émissions mondiales aux niveaux de 1985, il faudrait les réduire de 29 % d'ici l'an 2000 et de 59 % avant 2025. Pour les ramener à une valeur inférieure de 20 % aux valeurs de 1985, il faudrait opérer des réductions de 44 % d'ici l'an 2000 et de 67 % avant 2025.

2.2.5 Les chiffres correspondant à l'intensité des émissions de carbone donnent, pour chaque région, la quantité de carbone émise par unité d'énergie brûlée. La contribution de la consommation régionale d'énergie au réchauffement global dépend largement de la quantité de carbone émise, de la consommation totale de combustibles et du rendement de la combustion de combustibles fossiles. Pour les pays industrialisés par exemple, la quantité de carbone émise passerait de 16,3 tonnes de carbone par gigajoule (TC-GJ) en 1985, à 15,5 en 2025. Pour les pays en développement les chiffres correspondants sont 14,2 et 15,6 TC-GJ.

3. Stratégies de parade à l'évolution du climat mondial

3.0.1 Comme les changements climatiques annoncés pourraient avoir des conséquences très importantes, pour l'environnement de la planète et pour les activités humaines, il est souhaitable d'examiner dès maintenant ce que nous

Tableau 2 : Émissions brutes de CO₂ imputables au secteur de l'énergie*
(Scénario de référence)

Émissions de CO ₂ (Gt C/an) prévues dans le scénario de référence						
	1985	%	2000	%	2025	%
Valeurs mondiales totales	5,15	(100)	7,30	(100)	12,43	(100)
<i>Pays industrialisés</i>	3,83	(74)	4,95	(68)	6,95	(56)
Amérique du Nord	1,34	(26)	1,71	(23)	2,37	(19)
Europe de l'Ouest	0,85	(16)	0,98	(13)	1,19	(10)
Pays du Pacifique membres de l'OCDE	0,31	(6)	0,48	(7)	0,62	(5)
Pays européens à économie planifiée	1,33	(26)	1,78	(24)	2,77	(22)
<i>Pays en développement</i>	1,33	(26)	2,35	(32)	5,48	(44)
Afrique	0,17	(3)	0,28	(4)	0,80	(6)
Pays asiatiques à économie planifiée	0,54	(10)	0,88	(12)	1,80	(14)
Amérique latine	0,22	(4)	0,31	(4)	0,65	(5)
Moyen-Orient	0,13	(3)	0,31	(4)	0,67	(5)
Asie du Sud-Est	0,27	(5)	0,56	(8)	1,55	(12)
	1985		2000		2025	
	PC**	CI***	PC	CI	PC	CI
Valeurs totales globales	1,06	15,7	1,22	15,8	1,56	16,0
<i>Pays industrialisés</i>	3,12	16,3	3,65	16,1	4,65	16,0
Amérique du Nord	5,08	15,7	5,75	15,8	7,12	16,6
Europe occidentale	2,14	15,6	2,29	15,1	2,69	14,6
Pays du Pacifique membres de l'OCDE	2,14	16,1	3,01	16,1	3,68	14,8
Pays européens non membres de l'OCDE	3,19	17,5	3,78	16,9	5,02	16,4
<i>Pays en développement</i>	0,36	14,2	0,51	15,2	0,84	16,0
Afrique	0,29	12,3	0,32	13,2	0,54	15,2
Pays asiatiques à économie planifiée	0,47	17,3	0,68	18,8	1,15	19,6
Amérique latine	0,55	11,5	0,61	11,4	0,91	11,8
Moyen-Orient	1,20	16,7	1,79	16,1	2,41	15,5
Asie du Sud-Est	0,19	12,3	0,32	14,3	0,64	15,6

* Les chiffres cités correspondent uniquement aux émissions régionales de CO₂ et ne tiennent pas compte des émissions de CFC, de CH₄, de O₃ ni de N₂O, non plus que des puits d'absorption. L'évolution du climat sera fonction des émissions de tous les gaz à effet de serre, tous secteurs économiques confondus. *Les chiffres de ce tableau doivent donc être interprétés avec prudence.*

** PC – Émissions de carbone par habitant en tonnes de carbone.

*** CI – Intensité de l'émission de carbone mesurée en kilogrammes de carbone par gigajoule.

pourrions faire pour y parer. Le Groupe de travail I a calculé que, dans l'hypothèse de la poursuite des activités, la moyenne globale des températures pourrait s'élever de 0,3 °C par décennie; dans le cas du scénario D (qui prévoit une réglementation accélérée), on a estimé que des mesures de réductions d'une extrême rigueur permettraient de ramener cette hausse des températures à environ 0,1 °C par décennie. Le Groupe de travail III a défini toute une gamme

de solutions possibles qui devront être examinées dans un contexte international. Au nombre de ces solutions figurent des mesures visant à limiter les émissions nettes de gaz à effet de serre et à améliorer l'aptitude de la société et des écosystèmes aménagés à s'adapter à l'évolution du climat.

3.0.2 L'objectif visé ne pourra être atteint si les stratégies adoptées ne privilégient qu'un seul groupe de sources

d'émissions, - un seul type de mesure de réduction ou un seul gaz à effet de serre. Aussi, faudra-t-il peser soigneusement les orientations et politiques possibles en considérant les différents secteurs où des mesures de réduction pourraient être appliquées - énergie, activités industrielles, exploitation de la forêt et agriculture - ainsi que les solutions d'adaptation possibles et les autres objectifs de politique générale à prendre en compte, selon les cas, et ce à l'échelon tant national qu'international. Il faudra aussi s'efforcer de tenir compte de la situation des autres pays et du sort des générations à venir.

3.0.3 L'étude des stratégies de parade à adopter face à l'évolution du climat pose d'énormes difficultés aux décideurs. Tout d'abord, les éléments d'information et d'analyses dont ils disposent sont insuffisants. Cela tient à plusieurs raisons :

- a) les scientifiques n'ont aucune certitude quant à l'ampleur et à l'allure des changements climatiques possibles, ou aux incidences d'échelle régionale qui en résulteront;
- b) on ignore encore jusqu'à quel point les solutions ou ensembles de solutions qui s'offrent à nous nous permettront réellement de prévenir les changements climatiques potentiels; enfin,
- c) le coût réel de ces mesures ou ensemble de mesures, de même que leurs effets sur la croissance et sur l'économie et la société en général, ne nous sont pas encore connus.

3.0.4 Pourtant, les conséquences que l'évolution du climat pourrait avoir pour l'environnement de la planète sont suffisamment graves pour que l'on commence dès maintenant à appliquer des stratégies de parade qui se trouveront justifiées dans l'immédiat, même en regard des incertitudes que nous venons d'évoquer.

3.0.5 C'est dans ce contexte, que le Groupe de travail III s'est livré à une première évaluation d'un grand nombre de solutions possibles. Certaines d'entre elles paraissent suffisamment viables, du point de vue économique et social, pour pouvoir être appliquées assez rapidement, alors que d'autres, dont la viabilité technique ou économique est encore incertaine, conviendraient davantage pour le long terme. Le groupe a conclu que, dans l'ensemble, les mesures de parade les plus efficaces, surtout à court terme, seront celles qui :

se justifient elles-mêmes car elles auront des effets bénéfiques indépendamment de l'évolution du climat, par exemple : augmenter le rendement de l'énergie et recourir à des technologies produisant moins de gaz à effet de serre; améliorer l'aménagement forestier et mieux exploiter les autres ressources naturelles, réduire des émissions de CFC et d'autres substances qui appauvrissent la couche d'ozone et agissent sur le rayonnement;

- sont rentables et efficaces sur le plan économique, en particulier si elles font appel aux mécanismes du marché;
- peuvent servir plusieurs objectifs, tant sur le plan économique et social que du point de vue de l'environnement;
- se prêtent à une application souple et modulée, et qu'il sera facile de modifier au fur et à mesure que nous approfondirons notre connaissance des aspects scientifiques, techniques et économiques de l'évolution du climat;
- sont compatibles avec la croissance économique et avec la notion de développement durable;
- peuvent du point de vue administratif, assurer l'application, le suivi et l'imposition d'une façon viable et efficace.
- reflètent les obligations et engagements des pays industrialisés comme des pays en développement dans le domaine de l'évolution du climat, tout en prenant en compte les besoins particuliers de ces derniers, notamment du point de vue des ressources financières et du transfert de technologie.

3.0.6 La viabilité des différentes solutions possibles variera très largement d'un pays et d'une région à l'autre. Chaque pays devra donc replacer chacune d'entre elles dans le contexte social, environnemental et économique national. Seule une analyse approfondie de toutes les solutions possibles permettra de déterminer celles qui sont le mieux adaptées à la situation particulière d'une région ou d'un pays donné. Dans un premier temps, il faudra surtout s'attacher à revoir les politiques appliquées actuellement, afin de minimiser les risques de conflits avec les objectifs des stratégies de parade à l'évolution du climat. Des changements d'orientations seront nécessaires par la suite.

4. Mesures visant à limiter les émissions de gaz à effet de serre

4.0.1 Le Groupe III a passé en revue les diverses mesures qui permettraient d'atténuer l'évolution du climat en limitant les émissions nettes de gaz à effet de serre imputables aux différents secteurs : énergie, activités industrielles, transports, construction et bâtiment, exploitation de la forêt, agriculture, etc. Il faut distinguer, parmi ces mesures, celles qui visent à limiter les émissions des sources de gaz à effet de serre (production et consommation d'énergie), celles qui reposent sur une plus large utilisation des puits naturels d'absorption (forêts immatures et autres biomasses, par exemple) pour emprisonner les gaz à effet de serre, et, celles qui sont destinées à préserver les réservoirs existants, la forêt notamment. L'étude du rôle des océans ne faisait pas partie

des attributions du Groupe III, mais le Groupe I a noté que l'océan peut jouer un rôle très important comme puits d'absorption et réservoir de dioxyde de carbone. Les solutions, à court et à long terme, envisageables pour chaque grand secteur d'émission sont examinées ci-après.

4.0.2 Il faut aussi savoir que la croissance démographique annoncée - qui est énorme, puisque notre planète devrait compter 10 milliards d'habitants au cours du siècle prochain - entrera pour une large part dans l'augmentation prévue des émissions globales des gaz à effet de serre. Elle s'accompagnera en effet d'une augmentation de consommation d'énergie et d'aliments ainsi que des opérations de défrichage des terres et d'autres activités, ce qui aura pour conséquence d'accroître les émissions nettes de gaz à effet de serre. Aussi est-il indispensable que les politiques conçues pour parer efficacement aux incidences potentielles de l'évolution du climat comportent des stratégies et des mesures visant à ralentir le taux de croissance de la population mondiale.

4.1 Limitation des émissions nettes imputables au secteur de l'énergie

4.1.1 Le secteur de l'énergie joue un rôle vital dans le développement et le bien-être économique de toutes les nations. Mais, comme la production et la consommation d'énergie entrent pour environ de moitié dans le forçage radiatif résultant des activités humaines, les politiques énergétiques doivent être conçues de manière à assurer une croissance continue tout en préservant l'environnement global pour les générations à venir. Malheureusement, il n'existe pas de solution technique toute prête pour limiter les émissions de gaz à effet de serre imputables au secteur de l'énergie. Une stratégie globale s'impose, qui devra viser en priorité à améliorer le rendement de l'énergie (production et consommation), et privilégier la recherche technologique, ainsi que l'élaboration et l'application de techniques appropriées.

4.1.2 Le Groupe III est parfaitement conscient des grandes difficultés auxquelles les pays, en particulier les pays en développement dont l'économie est fortement tributaire de la production et/ou de l'exportation de combustibles fossiles, seront en butte du fait des mesures que prendront certains d'entre eux pour limiter ou réduire les émissions de gaz à effet de serre imputables au secteur de l'énergie. Ces difficultés devront être prises en compte dans l'élaboration des stratégies de portée internationale.

4.1.3 Plusieurs solutions possibles ont été recensées pour réduire les émissions de gaz à effet de serre imputables au secteur de l'énergie. Les plus appropriées peuvent se classer comme suit :

- amélioration du rendement énergétique et économies d'énergie dans la production, la conversion et l'utilisation finale de l'énergie;

- remplacement des combustibles par des sources d'énergie qui ne produisent pas ou guère de gaz à effet de serre;
- réduction des émissions de gaz à effet de serre par élimination, recyclage ou fixation;
- changement des modes de gestion et des comportements (par exemple, extension du télétravail à domicile) et modifications structurelles (dans le secteur des transports par exemple).

4.1.4 Si l'on analyse chacune des solutions proposées, on constate que certaines pourront être appliquées dès maintenant ou dans un proche avenir, tandis que d'autres demanderont à être perfectionnées, afin d'en abaisser le coût ou de les rendre plus acceptables sur le plan écologique.

4.1.5 Les tableaux 3 et 4 montrent quelques exemples des solutions techniques, applicables à court, moyen et long termes, appartenant à chacune des catégories définies ci-dessus. Si l'on a fait la distinction entre le court, le moyen et le long terme c'est pour mettre en évidence les recherches techniques à faire dans chacune de ces catégories et faciliter la formulation de stratégies correspondantes. Les solutions retenues pour le court terme sont celles qui sont, ou seront, apparemment techniquement et économiquement prêtes à être appliquées et/ou expérimentées avant 2025 et au-delà. Les solutions à moyen terme, si elles sont techniquement prêtes ne le sont pas sur le plan économique, et pourraient donc ne pas être mises en oeuvre avant 2005-2030. Quant aux solutions à long terme, elles ne sont pas encore au point et pourraient voir le jour après 2030, suite à un long travail de recherche développement. Ce calendrier pourrait se modifier sous l'effet de divers facteurs, par exemple le rythme de l'évolution des conditions économiques et du progrès technique.

4.1.6 Chaque solution technologique envisageable a un potentiel technique, économique et commercial différent selon le secteur où elle doit être mise en oeuvre. Le potentiel technique d'une technologie énergétique se mesure à la capacité de celle-ci de réduire les risques d'émission, quel que soit le coût en jeu, et est largement fonction de la faisabilité technique et des ressources disponibles. Le potentiel économique se mesure à la productivité et à la rentabilité de la technologie proposée - il peut être nettement inférieur au potentiel technique si les coûts sont importants. Le potentiel commercial, enfin, se mesure à la probabilité que le consommateur ou l'utilisateur adopte la technologie proposée - il peut être encore beaucoup moins grand que le potentiel économique, en raison des aléas du marché, des comportements face aux risques et de l'existence de coûts non monétaires.

4.1.7 On dispose, dans l'ensemble, d'une foule d'éléments d'information sur le potentiel technique de nombre des options technologiques proposées. Prenons quelques exemples :

Tableau 3 : Exemples de solutions à court terme

I. AMÉLIORATION DU RENDEMENT DANS LA PRODUCTION, LA CONVERSION ET L'UTILISATION DE L'ÉNERGIE

Production d'électricité	Secteur de l'industrie	Secteur des transports	Secteur du bâtiment
<ul style="list-style-type: none"> • Meilleur rendement dans la production d'électricité : <ul style="list-style-type: none"> - rééquipement des installations existantes avec des systèmes à haut rendement; - mise en service de systèmes de-gazéification intégrés à cycle combiné; - introduction de la combustion atmosphérique en lit fluidisé; - introduction de la combustion sous pression en lit fluidisé avec des systèmes de génération à cycle combiné; - amélioration du rendement des chaudières. • Système amélioré de production combinée d'électricité et de vapeur. • Amélioration de l'exploitation et de la maintenance. • Mise en service d'installations photovoltaïques, en particulier pour la production d'électricité sur le plan local. • Mise en service de cellules à combustible. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mesures visant à favoriser l'amélioration du rendement dans le processus de production. • Recyclage des matières (en particulier des matières à fort contenu énergétique). • Substitution de matières à contenu énergétique plus bas. • Amélioration des systèmes d'entraînement électromécaniques et des moteurs. • Optimisation des processus thermiques, y compris l'utilisation en cascade de l'énergie et la production combinée. • Amélioration de l'exploitation et de la maintenance. 	<ul style="list-style-type: none"> • Amélioration du rendement énergétique des véhicules routiers : <ul style="list-style-type: none"> - systèmes électroniques de gestion du moteur et de commande de la transmission; - conception perfectionnée des véhicules; réduction de la taille et du poids par l'utilisation de matériaux composites légers et de céramiques structurales; - amélioration des caractéristiques aérodynamiques, des composants des chambres de combustion, amélioration des lubrifiants et de la conception des pneus, etc.); - entretien régulier des véhicules; - capacité accrue des camions; - efficacité accrue de l'équipement de transport; - unités de régénération. • Développement de la technologie des transports collectifs : <ul style="list-style-type: none"> - évolution modale du transport urbain (par exemple abandon de la voiture au profit de l'autobus ou du métro); - système perfectionné de commande des convois pour accroître la densité du trafic du transport urbain sur rail; - trains intervilles à grande vitesse; - meilleure intégration des modes de transport. • Comportement des conducteurs, gestion de la circulation et entretien des véhicules. 	<ul style="list-style-type: none"> • Amélioration du matériel et des systèmes de chauffage et de refroidissement : <ul style="list-style-type: none"> - amélioration du rendement énergétique de la climatisation; mesures visant à favoriser le chauffage et le refroidissement collectifs, y compris l'utilisation de pompes à chaleur; - amélioration de l'efficacité des brûleurs; - utilisation de pompes à chaleur dans les bâtiments; - utilisation de systèmes électrothermiques perfectionnés pour la gestion et la commande en matière d'énergie. • Amélioration du rendement de la climatisation des locaux dans les habitations et autres bâtiments; - amélioration du rendement thermique par l'utilisation de matériaux isolants très efficaces; - meilleure conception des bâtiments (orientation, fenêtres, enveloppe du bâtiment, etc); - amélioration des échangeurs thermiques air-air. • Amélioration du rendement de l'éclairage. • Amélioration du rendement des appareils électriques. • Amélioration du fonctionnement et de l'entretien. • Amélioration des appareils de cuisson (dans les pays en développement).

Tableau 3 : Suite

II. SOURCES D'ÉNERGIE NON FOSSILES ET PRODUISANT PEU D'ÉMISSIONS

Production d'électricité	Autres secteurs
<ul style="list-style-type: none"> • Construction d'aménagements hydro-électriques à petite et grande échelle; • Développement des centrales électronucléaires classiques; • Construction de centrales électriques au gaz; • Conception standardisée des centrales nucléaires pour améliorer leurs caractéristiques économiques et leur sûreté; • Développement de l'exploitation de l'énergie géothermique; • Mise en service de turbines éoliennes; • Développement de la combustion de la biomasse dans la mesure compatible avec son renouvellement; • Remplacement des épurateurs (scrubbers) et d'autres appareils consommateurs d'énergie par des moyens ayant un meilleur rendement énergétique en vue de réduire les émissions. 	<ul style="list-style-type: none"> • Substitution du gaz naturel et de la biomasse au mazout et au charbon pour le chauffage; • Chauffage solaire. • Technologies de production et d'utilisation d'autres combustibles; <ul style="list-style-type: none"> - systèmes améliorés de stockage et de combustion du gaz naturel; - mise en service de véhicules polycarburants ou fonctionnant à l'alcool.
<h3>III. ÉLIMINATION, RECYCLAGE OU FIXATION</h3>	
Énergie/industrie	Décharges
<ul style="list-style-type: none"> • Recupération et utilisation du CH₄ dégagé accidentellement ou non par les réserves de combustible fossile ou les charbonnages; • Amélioration de la maintenance des systèmes de production et de distribution de produits pétroliers et de gaz naturel pour réduire les fuites de CH₄; • Meilleure lutte contre les émissions de CO, SO_x, NO_x et de composés organiques volatils pour protéger les puits de gaz à effet de serre. 	<ul style="list-style-type: none"> • Recyclage et incinération des déchets pour réduire les émissions de CH₄; • Utilisation ou brûlage à la torche des émissions de CH₄; • Meilleure maintenance des décharges pour réduire les émissions de CH₄.

Tableau 4 : Exemples de solutions à moyen et long terme

I. AMÉLIORATION DU RENDEMENT DANS LA PRODUCTION, LA CONVERSION ET L'UTILISATION DE L'ÉNERGIE

Production d'électricité	Secteur de l'industrie	Secteur des transports	Secteur du bâtiment
<ul style="list-style-type: none"> Technologies perfectionnées de stockage de l'énergie intermittente; Accumulateurs perfectionnés; Stockage d'énergie sous forme d'air comprimé; Stockage d'énergie par supra-conduction; 	<ul style="list-style-type: none"> Utilisation accrue de matières ayant un moindre contenu énergétique; Processus de production perfectionnés; Utilisation de phénomènes biologiques dans les processus industriels; Conversion localisée de l'énergie utilisée dans le processus de production; Utilisation de cellules à combustible pour la production combinée chaleur-force. 	<ul style="list-style-type: none"> Amélioration du rendement énergétique des véhicules routiers; Amélioration de la conception des avions et navires : <ul style="list-style-type: none"> conception de pointe en matière de propulsion; moteurs aéronautiques à double flux très poussé; propulsion des navires par contra-hélices. 	<ul style="list-style-type: none"> Systèmes améliorés de stockage de l'énergie : <ul style="list-style-type: none"> utilisation de la technologie de l'information pour prévoir et satisfaire les besoins en énergie; emploi de l'hydrogène pour stocker l'énergie destinée à l'utilisation dans les bâtiments. Amélioration des systèmes de construction. <ul style="list-style-type: none"> nouveaux matériaux de construction permettant une meilleure isolation à un coût réduit; fenêtres à opacité réglable pour maximiser le gain d'énergie solaire. Nouveaux systèmes de stockage des aliments éliminant la réfrigération.

Tableau 4 : Suite

II. SOURCES D'ÉNERGIE NON FOSSILES ET PRODUISANT PEU D'ÉMISSIONS

Production d'électricité

Autres secteurs

- Centrales électronucléaires :
 - caractéristiques de sûreté passive pour améliorer la fiabilité et l'acceptabilité.
- Technologies relatives à l'énergie solaire :
 - énergie solaire thermique;
 - énergie solaire photovoltaïque (en particulier pour la production d'électricité sur le plan local).
- Technologies perfectionnées en matière de cellules à combustible.

- Autres technologies de production et d'utilisation d'autres combustibles :
 - systèmes améliorés de stockage et de combustion de l'hydrogène;
 - maîtrise des gaz dégagés par les combustibles cryogéniques;
 - amélioration du rendement des hydrures métalliques;
 - procédés à haut rendement convertissant la biomasse ligno-cellulosique en carburants à base d'alcool;
 - mise en service de véhicules électriques et hybrides;
 - accumulateurs perfectionnés à durée de rechargement réduite.

III. ÉLIMINATION, REMISE EN CIRCULATION OU FIXATION

- Amélioration des conditions de combustion pour réduire les émissions de N₂O.
- Traitement des gaz d'échappement pour réduire les émissions de N₂O.
- Séparation du CO₂ et son élimination par voie géologique ou marine.

- Secteur des transports : les mesures visant à accroître le rendement énergétique ont un potentiel technique élevé (par exemple, 50 % d'amélioration au rendement d'un véhicule type en circulation dans certains pays)
- Production d'électricité : on pourrait augmenter le rendement de 10 à 20 % pour les centrales au charbon modernisées et jusqu'à 65 % pour celles de la nouvelle génération; l'emploi de combustibles de remplacement se traduirait par une réduction des émissions de CO₂ de 30 % si l'on substitue le gaz naturel au pétrole et de 40 % si on le substitue au charbon;
- Secteur du bâtiment : il devrait être possible de doubler le rendement énergétique dans les nouvelles constructions d'habitation et de l'augmenter de 75 % par rapport au rendement actuel dans les bâtiments à usage commercial; la modernisation et le réaménagement pourraient produire une augmentation de l'ordre de 25 % pour les constructions d'habitation et de 50 % environ pour les constructions à usage commercial;
- Activités industrielles : le potentiel technique, du point de vue de l'amélioration du rendement, se situe aux alentours de 15 % pour certaines branches de production et de plus de 40 % pour d'autres (obtenue par la meilleure technologie disponible par rapport à la moyenne de celles utilisées actuellement).

4.1.8 D'une manière générale, on peut définir comme suit les entraves à la réalisation du potentiel technique dans ces secteurs :

- nécessité d'un investissement initial pour l'emploi de technologies plus rentables du point de vue du coût de l'énergie;
- prix relatifs des combustibles (dans le cas de l'emploi de combustibles de remplacement)
- absence d'infrastructure;
- moins grande efficacité des technologies de substitution;
- taux de remplacement;
- difficulté à atteindre le grand nombre de décideurs en cause.

4.1.9 Chacun de ces obstacles peut revêtir plus ou moins d'importance selon le secteur considéré. Les changements d'attitude (meilleur comportement au volant, entretien plus régulier du véhicule, extinction de lumières inutiles, etc.) peuvent, quant à eux, beaucoup contribuer à réduire les émissions dans tous les secteurs. Mais, ce changement de comportement ne sera possible que si producteurs et consommateurs s'y emploient ensemble. De même, l'amélioration des modes d'exploitation, qu'elle soit décidée

par les pouvoirs publics ou par les entreprises (aménagement et modulation de la circulation, optimisation de l'exploitation des chaudières) peut avoir des effets très positifs, mais nécessitera une attention accrue. L'adoption de politiques rationnelles en matière de transport et de logement (par exemple : promotion des transports collectifs, isolation des logements, etc.) peut aussi se traduire par une réduction des émissions de gaz à effet de serre. On trouvera dans la section 7 du présent résumé une analyse plus complète des mesures à prendre pour surmonter les obstacles évoqués plus haut.

4.1.10 Le potentiel technique peut aussi être fortement entravé par des facteurs extérieurs au secteur de l'énergie. Par exemple, il peut s'avérer difficile de :

- remanier fondamentalement la structure d'une économie (mettre en place, par exemple, une nouvelle infrastructure pour les transports et le logement);
- modifier fondamentalement les comportements et les facteurs sociaux (amener, par exemple, les consommateurs à utiliser des véhicules plus petits et à plus haut rendement).

4.1.11 L'objectif que doivent viser les décideurs publics est d'ouvrir le marché aux solutions technologiques, de favoriser les changements de comportements et l'adoption de modes d'exploitation nouveaux et, aussi, de résoudre les problèmes extérieurs au secteur de l'énergie, afin de pouvoir mieux tirer parti du potentiel existant.

Options et stratégies

4.1.12 Les tableaux 3 et 4 contiennent, sous forme récapitulative, les éléments à prendre en compte - du point de vue technique, réglementaire et institutionnel - dans la formulation de stratégies visant à réduire et à réglementer les émissions de gaz à effet de serre.

4.1.13 On trouvera une description des diverses solutions recommandées par le sous-groupe EIS à cette fin. Chaque pays devrait évaluer les conséquences sociales, économiques et environnementales de chacune d'entre elles.

- prendre dès maintenant* des mesures pour tenter de limiter, de stabiliser ou de réduire les émissions de gaz à effet de serre imputables au secteur de l'énergie et pour améliorer l'efficacité des puits d'absorption et en prévenir la destruction. Dans ce contexte, les pouvoirs publics pourraient envisager de fixer des objectifs quantitatifs, tant pour le CO₂ que pour les autres gaz à effet de serre;

* Lors de la réunion du Groupe III, l'emploi de l'expression «dès maintenant» a soulevé quelque inquiétude en raison du caractère d'imminence qu'elle suppose, alors que la cadence à laquelle cette solution sera appliquée doit être fonction du degré de connaissance des différents pays et de leur situation particulière.

«dès
?
uelle
ssan

- adopter, pour l'application des mesures de parade à l'évolution du climat, une approche souple et progressive, fondée sur les meilleures connaissances scientifiques, économiques et techniques disponibles;
- définir des orientations précises et mettre en oeuvre de vastes programmes de grande portée, englobant tous les gaz à effet de serre que peut produire le secteur de l'énergie;
- commencer par appliquer des stratégies qui présentent des avantages multiples du point de vue social et économique ainsi que pour l'environnement, qui soient rentables et compatibles avec la notion de développement durable et qui utilisent au mieux les forces du marché;
- intensifier la coopération internationale, multilatérale et bilatérale pour l'adoption, dans le secteur de l'énergie, de stratégies visant à faire face à l'évolution du climat. Dans ce contexte, il serait bon que les pays industrialisés s'emploient à mettre au point des technologies propres et à haut rendement et à en assurer le transfert vers les autres pays;
- sensibiliser le public à la nécessité de prendre en compte les coûts externes pour l'environnement, pour autant qu'il soit possible de les déterminer, dans les décisions relatives aux prix et aux orientations de politiques générale et commerciale;
- faire prendre davantage conscience au public, par des campagnes d'éducation et d'information (étiquetage, par exemple) des avantages qu'offre l'emploi de technologies et de produits de remplacement et à haut rendement énergétique;
- renforcer les activités de recherche-développement et la collaboration internationale en matière de technologies énergétiques et pour la formulation de politiques commerciales et énergétiques qui tiennent compte de l'évolution du climat;
- encourager les entreprises, les populations et les organisations non gouvernementales à participer à l'élaboration et à l'application de stratégies visant à limiter les émissions de gaz à effet de serre imputables au secteur de l'énergie.
- accroître le rendement énergétique dans la production de biens de grande série - véhicules à moteur, appareils et équipements électriques, bâtiments, etc. (par exemple en appliquant de meilleures normes) ;
- élaborer, promouvoir et transférer des techniques permettant de limiter les émissions de gaz à effet de serre imputables au secteur de l'énergie;
- revoir les systèmes de prix et de barèmes douaniers, ainsi que les décisions de principe en matière de planification, afin de mieux tenir compte des coûts pour l'environnement.

Stratégies à long terme

4.1.15 À plus long terme, politiques et stratégies devront s'articuler autour du thème central que constitue le développement durable. Les approches spécifiquement conçues en fonction de cet objectif se développeront au fur et à mesure que nous approfondirons notre connaissance de l'évolution du climat et de ses conséquences.

4.1.16 Les stratégies à long terme qui s'offrent aux pays sont les suivantes :

- accélérer les recherches visant à améliorer le rendement potentiel à long terme dans la production et l'utilisation de l'énergie; encourager l'emploi plus ou moins privilégié de sources d'énergie et de technologies ne produisant pas, ou peu, d'émissions de gaz à effet de serre; renforcer les moyens naturels ou artificiels d'emprisonner les gaz à effet de serre;
- élaborer, affiner et appliquer des instruments de politique générale - campagnes d'information, normes, taxes et avantages fiscaux, permis négociables, évaluation des incidences pour l'environnement - qui inciteront producteurs et consommateurs à faire des choix viables en matière d'énergie, sans pour autant compromettre la sécurité énergétique ni freiner la croissance économique;
- mettre au point des méthodes permettant d'évaluer les avantages comparés des stratégies de limitation et d'adaptation et procéder aux modifications structurelles nécessaires (oléoducs, gazoducs, aqueducs, réseaux de distribution d'électricité, barrages, etc.) pour limiter les conséquences de l'évolution du climat ou s'y adapter.

Stratégies à court terme

4.1.14 Les stratégies à court terme qui s'offrent aux pays sont les suivantes :

- promouvoir l'application de techniques à haut rendement énergétique et de technologies de substitution, qui ont fait leurs preuves du point de vue technique et commercial;

4.2 Limitation des émissions nettes imputables aux activités industrielles

4.2.1 La source la plus importante d'émissions de gaz à effet de serre imputables aux activités industrielles ne faisant pas intervenir l'énergie est la production et l'utilisation de CFC et autres halocarbones. Les CFC sont une source majeure d'émissions de gaz à effet de serre et entrent pour

environ 24 % dans l'augmentation du forçage climatique observée durant les années 80. Le Groupe III n'a pas défini de stratégies de réglementation de l'emploi de ces gaz, puisque cette question relève du Protocole de Montréal relatif aux substances qui appauvrissent la couche d'ozone. Il a toutefois noté que la révision de ce protocole était en cours et devrait porter notamment sur la contribution possible de substituts potentiels des CFC au réchauffement climatique global.

4.2.2 Le Groupe de travail III a construit des scénarios concernant les émissions futures de CFC et de HCFC-22 (HCFC-22 désigne une combinaison possible de substituts de HCFC et de HFC). Les effets que pourraient exercer ces substituts sur le forçage radiatif ont été évalués par le Groupe de travail I. Pour un taux d'émission donné, les HCFC et les HFC ont un effet de serre moins puissant que les CFC, leur durée de vie étant plus courte. Les taux de croissance prévus dans les scénarios du GIEC produiront des concentrations de HFC et de HCFC dans l'atmosphère qui seront comparables à celles des CFC durant les quelques décennies écoulées, dans l'hypothèse où l'on continuerait d'utiliser les CFC au rythme actuel. Sur la base des hypothèses retenues par le GIEC pour les émissions de HFC et de HCFC, le Groupe de travail I a calculé que la part de ces gaz dans le forçage radiatif renforcé pourrait atteindre 10 % pendant la période 2000 à 2050.

4.3 Limitation des émissions nettes imputables au secteur de l'agriculture

4.3.1 Environ 9 % des émissions anthropiques de gaz à effet de serre peuvent être imputées au secteur agricole (élevage et culture du riz en particulier) et à l'emploi d'engrais azoté. Limiter les émissions provenant de ce secteur constitue une véritable gageure, dans la mesure où on connaît encore bien mal les processus de dégagements, dans l'agriculture, de gaz à effet de serre - en particulier le méthane et l'oxyde nitreux - propres à l'agriculture. Par ailleurs, il importe que toute stratégie de parade appliquée dans le secteur de l'agriculture tienne compte de la nécessité de maintenir les approvisionnements alimentaires. Il semblerait toutefois qu'il existe une série de solutions à court terme, dont certaines sont en elles-mêmes économiquement avantageuses, qui pourraient contribuer à limiter les émissions nettes imputables au secteur agricole. La suppression de certaines subventions, incitations ou réglementations qui ont pour effet de favoriser les émissions de gaz à effet de serre dans ce secteur serait, dans certains cas, profitable à la fois pour l'environnement et pour l'économie. Il existe en outre un certain nombre de techniques et de pratiques prometteuses qui, à plus long terme, pourraient réduire sensiblement les émissions.

Solutions à court terme :

4.3.2 *Élevage* : il pourrait être possible de réduire les

émissions de méthane en améliorant les systèmes d'évacuation des déchets animaux, en généralisant l'emploi d'aliments de substitution, et en ayant davantage recours à des agents de renforcement de la production et de la croissance qui présente des garanties pour la santé humaine.

4.3.3 *Fertilisation* : il serait possible de réduire les émissions d'oxyde nitreux en améliorant la composition des engrais, en utilisant judicieusement fumier et compost et en améliorant les méthodes d'application pratique.

4.3.4 *Terres marginales* : on pourrait convertir les terres qui ne conviennent guère pour les systèmes de culture annuelle aux cultures de couverture pérenne - fourrage, pâturage ou forêts - à condition que le sol s'y prête. Cela produirait divers avantages et favoriserait notamment l'absorption du carbone par la végétation et le sol.

4.3.5 *Pratiques agricoles viables* : chaque fois que cela sera possible, il conviendrait que les pays où la préparation du sol fait actuellement partie de la séquence de culture annuelle, adoptent des systèmes de culture impliquant un minimum ou pas du tout de préparation du sol, dont la teneur en matières organiques serait alors préservée ou pourrait même s'accroître.

Solutions à plus long terme :

4.3.6 *Culture du riz* : l'application d'une approche globale, comportant la gestion des régimes hydriques, l'amélioration des cultivars, l'utilisation efficace d'engrais et d'autres modes gestion, pourrait réduire de 10 à 30 % les émissions de méthane imputables à la culture du riz irrigué; des recherches approfondies seront toutefois nécessaires pour mettre au point et expérimenter ces techniques. On estime qu'il faudrait au moins 20 ans pour les appliquer. Par ailleurs, il serait bon d'étudier la possibilité de diversifier la base culturale des régions à vocation rizicole.

4.3.7 *Élevage* : il existe diverses techniques qui permettraient de réduire les émissions de méthane imputables à l'élevage de 25 à 75 % par unité de production, pour la production laitière et celle de viande; les incertitudes à cet égard sont toutefois très nombreuses.

4.3.8 *Fertilisation* : Il devrait être possible de réduire (bien que l'on ignore dans quelles proportions) les émissions d'oxyde nitreux imputables à l'épandage d'engrais en modifiant certaines pratiques - par exemple en utilisant des engrais à émission limitée de composés azotés, en améliorant le rendement de l'utilisation d'engrais et en adoptant, chaque fois que cela sera possible, des systèmes agricoles différents.

4.3.9 *Désertification* : Il conviendrait d'intensifier la recherche consacrée à la lutte contre la désertification.

4.4 Limitation des émissions nettes imputables à l'exploitation de la forêt et aux activités apparentées

4.4.1 Ce secteur ne doit pas être considéré isolément et la recherche de solutions doit se faire sur la base d'une approche intégrée qui prenne en compte les relations existant entre les stratégies applicables au secteur forestier et d'autres types de stratégies - celles qui ont trait à la pauvreté et aux ressources, par exemple - approche qui devrait bénéficier d'un fort appui institutionnel pour améliorer l'aménagement forestier dans son ensemble. En effet, la crise qui prévaut actuellement dans ce secteur a ses racines dans celui de l'agriculture et la nécessité d'assurer à la population emplois et revenus ne lui est certes pas étrangère. Le déboisement ne cessera que lorsque les populations qui vivent dans les forêts naturelles et aux alentours y trouveront des avantages économiques plus grands que ne leur en offrirait l'utilisation de ces terres boisées à d'autres fins.

4.4.2 L'exploitation de la forêt et différentes activités liées à l'utilisation des terres - combustion de la biomasse, remblayage, décharges, etc. - entrent pour environ 18 % dans les émissions anthropiques de gaz à effet de serre. Le Groupe de travail III a défini un certain nombre de solutions à court et plus long terme pour limiter les émissions nettes imputables à ce secteur.

Solutions à court terme :

4.4.3 Améliorer l'aménagement forestier, ralentir le déboisement et freiner la dégradation des forêts en prenant notamment les mesures suivantes :

- réduire la pollution de l'air qui contribue à la dégradation des forêts;
- supprimer, selon les cas, certaines incitations économiques et subventions qui favorisent la disparition des forêts;
- tenir compte, dans la planification du développement et le choix des orientations, de la nécessité de préserver les forêts et de la notion de développement viable et durable, tout en ménageant les intérêts des communautés locales;
- exécuter des programmes coordonnés de télédétection, de collecte et d'analyse de données, afin d'obtenir tous les éléments d'information nécessaires;
- organiser une rencontre entre les pays intéressés - industrialisés et en développement - et les organisations internationales compétentes en vue de définir les éléments clés et les modalités de mise en oeuvre d'un protocole de conservation de la forêt à l'échelle de la planète dans le cadre de la négociation d'une convention sur le climat qui prenne aussi en compte les questions relatives à la production et à la

consommation d'énergie. Cette rencontre devrait aussi servir à concevoir un cadre et une méthodologie pour analyser la faisabilité de la tâche confiée au GIEC lors de la conférence de Noordwijk, y compris en ce qui concerne la fixation d'objectifs quantitatifs et l'analyse des coûts et avantages y afférant;

- consolider le plan d'action pour la forêt tropicale (PAFT) et, compte tenu des résultats de l'analyse qui est faite par ailleurs, renforcer l'Organisation internationale des bois tropicaux (OIBT) et les autres organisations internationales qui ont pour objectif d'aider les pays en développement à protéger les forêts et à en assurer l'exploitation et l'aménagement dans des conditions viables et durables;
- évaluer l'utilité d'incitations et de désincitations pour l'aménagement viable de la forêt (possibilité d'étiquetage, par exemple)
- adopter des modes d'exploitation et d'aménagement viables;
- mettre au point des méthodes de régénération artificielle plus efficaces;
- élaborer et appliquer, chaque fois que cela sera possible des plans nationaux (de grande portée) de reboisement et de protection de la forêt.

4.4.4 Étendre les zones boisées partout où cela sera possible en pratiquant le reboisement et l'agroforesterie sur des terres agricoles, urbaines et marginales disponibles.

4.4.5 Renforcer et améliorer l'utilisation du bois et des produits forestiers chaque fois que faire se pourra, en prenant diverses mesures, à savoir : remplacer en partie les sources d'énergie fossiles par le bois ou d'autres types de biomasse; substituer partiellement le bois aux matériaux à forte consommation d'énergie; intensifier le recyclage des produits forestiers; accroître le rendement de l'utilisation de bois de chauffage.

4.4.6 Mettre au point des systèmes de récupération du méthane dans les décharges et les installations de traitement des eaux usées et en généraliser l'emploi, en particulier dans les pays industrialisés.

Solutions à plus long terme :

4.4.7 Préserver la santé des forêts et en assurer la survie en tant que grands réservoirs naturels de carbone, en particulier en appliquant :

- des stratégies d'adaptation sylviculturales et de lutte contre l'appauvrissement de la forêt;
- des stratégies expressément destinées à préserver la forêt (conçues en fonction des scénarios de l'évolution du climat);

- des modes de traitement des tourbières qui respectent l'environnement;
- et en normalisant les méthodes d'inventaire et de biosurveillance pour faciliter l'aménagement et l'exploitation des forêts du monde.

4.4.8 Augmenter la biomasse forestière, en particulier celle des forêts des régions tempérées dont l'exploitation est intensive, en appliquant des mesures de sylviculture et d'amélioration génétique des espèces d'arbres.

4.4.9 Dans le cadre de l'élimination des déchets, pratiquer la collecte et le brûlage des gaz pour réduire les dégagements de méthane provenant des décharges et construire des usines de biogaz pour réduire les émissions de méthane provenant du traitement des eaux usées. Des programmes d'expérimentation, de démonstration, de formation et de transfert de technologie devront être mis en oeuvre pour concrétiser tous les avantages potentiels de ces mesures, ce qui pourrait se traduire par une réduction de 30 à 90 % des émissions dans le cas des décharges et jusqu'à 100 % dans celui du traitement des eaux usées.

5. Fixation d'objectifs pour la limitation des émissions de gaz à effet de serre

5.0.1 La fixation d'objectifs quantitatifs pour les émissions des gaz à effet de serre, et en particulier pour le plus abondant d'entre eux, le CO₂, a fait l'objet d'interminables discussions sur la scène internationale. Dans leur déclaration finale, les participants à la Conférence de Noorwijk sur la pollution de l'atmosphère et l'évolution du climat (novembre 1989) ont encouragé le GIEC à inclure dans son premier Rapport d'évaluation une analyse des objectifs quantitatifs à fixer pour la limitation ou la réduction des émissions de CO₂. Ils ont demandé à tous les pays industrialisés d'étudier les mesures à prendre pour atteindre ces objectifs, notamment celui qui prévoit une réduction de 20 % des émissions de CO₂ avant 2005. Ils ont également demandé que l'on étudie la possibilité technique d'augmenter la croissance nette des forêts de la planète à raison de 12 millions d'hectares par an. À sa troisième session, le GIEC a accepté cette mission.

5.0.2 Aux termes de son mandat initial, le Groupe de travail III devait, par l'intermédiaire de son sous-groupe pour l'énergie et les activités industrielles (EIS), examiner la question des objectifs quantitatifs à fixer pour les émissions des gaz à effet de serre. Il a toutefois conclu qu'il s'agissait là de tâches bien particulières dont la réalisation demanderait plus de temps, plus de données et plus d'analyses. Aussi a-t-il décidé de ne pas inclure dans son rapport les résultats des délibérations du sous-groupe, mais d'en donner simplement une première idée. Un rapport d'activité sera présenté au GIEC à sa quatrième session qui aura lieu après un atelier international qui doit se tenir au

Royaume-Uni, en juin 1990. Pour ce qui est de la question de la croissance des forêts dont les participants à la Conférence de Noorwijk lui ont confié l'étude, le Groupe de travail III a noté, compte tenu de l'examen auquel s'est livré son sous-groupe pour l'agriculture, l'exploitation de la forêt et les autres activités humaines (AFOS), qu'il conviendrait de concevoir un cadre et une méthodologie pour l'étude de la viabilité d'un tel projet.

5.0.3 Si le potentiel technique d'un certain nombre des solutions proposées a pu être démontré, il n'en va pas de même de leur viabilité sur le plan économique et social. On manque aussi cruellement d'éléments d'information sur les avantages de chaque solution, exprimés en termes de modifications évitées de certaines variables climatiques. Il est donc impératif de poursuivre l'étude des coûts et des avantages de chaque stratégie de parade proposée. C'est là une des principales tâches qui attendent le Groupe III, les organisations internationales intéressées et les pays en général.

5.0.4 Les éléments d'information mis à la disposition du sous-groupe EIS démontrent à l'évidence que les pays industrialisés auront une part importante dans les émissions mondiales globales qui se produiront à court terme. Ils montrent aussi que les possibilités techniques de réduction de ces émissions sont grandes, mais varient largement d'une région et d'un pays à l'autre. On peut en conclure que, à court terme tout au moins, aucun progrès important ne pourra être fait dans la limitation des émissions globales sans l'intervention des pays industrialisés. Certains d'entre eux ont d'ailleurs déjà décidé de stabiliser ou même de réduire leurs émissions.

6. Mesures d'adaptation à l'évolution du climat global

6.0.1 Outre les mesures de limitation décrites ci-dessus, le Groupe III a recensé un certain nombre des mesures d'adaptation aux conséquences potentielles de l'évolution du climat. L'étude des possibilités d'adaptation est essentielle pour plusieurs raisons. La première est que, comme l'on pense qu'il y aura un certain décalage entre les émissions et les changements climatiques qui en résulteront, ce changement climatique peut déjà s'être amorcé jusqu'à un certain point. L'application de mesures d'adaptation pourra donc être nécessaire indépendamment de toute mesure de limitation qui serait prise. Une autre raison est que la variabilité naturelle du climat nécessite en soi une certaine adaptation.

6.0.2 Par ailleurs, s'il devait se produire des changements climatiques aux conséquences néfastes, il faudrait alors envisager l'application de stratégies de limitation et d'adaptation dans le cadre d'un programme intégré dans lequel les mesures de limitation complèteraient les mesures d'adaptation de façon à réduire les coûts au minimum. Toutes ces mesures devront donc être conçues

et analysées en fonction du rapport entre leur coût et le temps nécessaire pour qu'elles portent leurs fruits. Par exemple, plus la réduction des émissions nettes sera forte et aura pour effet de retarder les changements climatiques potentiels et plus l'adaptation sera facile. Une approche véritablement globale devrait admettre que la réglementation des différents gaz pourrait produire des effets différents sur la capacité d'adaptation des ressources naturelles.

6.0.3 Les mesures d'adaptation étudiées par le Groupe III peuvent se ranger dans deux grandes catégories :

- *Aménagement du littoral* : il s'agit d'accroître au maximum la capacité d'adaptation des régions côtières à l'élévation prévue du niveau de la mer et à réduire leur sensibilité aux tempêtes.
- *Utilisation et gestion des ressources* : il s'agit de mesures visant à modifier les incidences potentielles de l'évolution du climat mondial sur la sécurité alimentaire, les approvisionnements en eau, les écosystèmes naturels et aménagés, les terres et la diversité biologique.

6.1 Aménagement du littoral

6.1.1 Le scénario du doublement de l'équivalent en gaz carbonique vers l'horizon 2030 (hypothèse haute pour les émissions) prévoit que l'évolution du climat global provoquera une élévation du niveau moyen de la mer de 65 cm (avec une marge d'incertitude de 30 cm à 1 m) d'ici l'an 2100. Si cette élévation atteint 1 mètre, des centaines de milliers de kilomètres carrés de terres humides côtières et autres terres basses pourraient être submergées au cours du siècle prochain, tandis que les rivages pourraient reculer de quelques centaines de mètres du fait de l'érosion. L'inondation du littoral mettrait en péril les populations humaines, l'agriculture, le bétail et les ouvrages côtiers, tandis que l'eau salée pénétrerait plus avant dans les terres, les aquifères, les estuaires et les sols, ce qui compromettrait les approvisionnements en eau et l'agriculture dans certaines régions. La disparition d'écosystèmes côtiers constituerait aussi une menace pour les pêcheries.

6.1.2 Plusieurs pays seraient plus particulièrement exposés aux changements annoncés. Chacun des delta non protégés du Bangladesh, de l'Égypte et du Viet Nam abrite 8 à 10 millions de personnes vivant dans une zone dont l'altitude n'excède pas de plus de un mètre la hauteur maximale des fortes marées. Cinq cent mille personnes vivent sur des atolls de corail dont la quasi totalité se trouve à une altitude qui n'est pas supérieure de plus de trois mètres au niveau de la mer, par exemple les Maldives, les îles Marshall, Tuvalu, Kiribati et Tokelau. D'autres États dont le littoral est étendu, des archipels et des nations insulaires du Pacifique, de l'océan Indien et de la mer des Caraïbes pourraient voir disparaître une bonne partie de leurs rivages et de vastes étendus de terres arables, ce qui désorganiserait l'économie et provoquerait des tensions sociales.

6.1.3 Les mesures de parade à l'élévation du niveau de la mer peuvent se classer en trois catégories à savoir :

- *Retraite* : dans ce cas, aucune mesure ne serait prise pour défendre le littoral contre les eaux - il s'agirait au contraire de permettre aux populations et aux écosystèmes de se retirer vers l'intérieur des terres dans des conditions optimales. Ce choix pourrait être dicté par le coût excessif des mesures de protection ou par le désir de préserver les écosystèmes.
- *Réaménagement* : dans ce cas, rien ne serait fait pour défendre les terres, mais on s'efforcera de leur conserver leur fonction d'habitat. Au nombre des mesures spécifiques à prendre, on peut citer : la construction d'abris contre les inondations et de maisons sur pilotis, l'abandon de l'agriculture pour la pisciculture ou culture d'espèces résistantes à l'eau ou au sel.
- *Défense* : il s'agirait d'utiliser végétation, dunes, murets et digues pour défendre la terre contre la mer, de façon à pouvoir maintenir les modes actuels d'occupation et d'utilisation des sols.

6.1.4 Chacune des solutions proposées comporte un certain nombre d'incidences écologiques, économiques, sociales, culturelles, juridiques, institutionnelles et techniques. Ainsi, la solution de retrait entraînerait la perte de biens, nécessiterait des programmes de réinstallation coûteux et, dans des cas extrêmes, transformerait les habitants des zones touchées en réfugiés. La solution du réaménagement pourrait avoir pour effet d'abaisser la valeur foncière et nécessiterait des modifications structurelles coûteuses. Enfin, protéger les zones aménagées contre les conséquences d'une élévation d'un mètre du niveau de la mer exigerait la construction, au cours du siècle prochain, de quelque 360 000 kilomètres d'ouvrages de défense côtière pour un coût total de 500 milliards de dollars É.-U. Le coût annuel de cette solution représente en moyenne 0,04 % du produit national brut (PNB) total, ce pourcentage pouvant varier de zéro à 20 % selon les pays. Cette estimation est loin d'être exagérée et ne tient pas compte des exigences actuelles en matière de défense côtière, ni des incidences des intrusions d'eau salée ou de l'inondation de terres non protégées. En outre, la construction d'ouvrages de défense pourrait avoir des conséquences négatives pour les pêcheries, la faune sauvage et les loisirs. La disparition d'environnements traditionnels risquerait de désorganiser la vie familiale et le tissu social.

Mesures à prendre en prévision d'une élévation possible du niveau de la mer

6.1.5 Plusieurs solutions s'offrent aux nations côtières qui, outre qu'elles augmenteraient l'aptitude de ces pays à s'adapter aux conséquences de l'élévation du niveau de la mer, seraient bénéfiques en soi. Leur efficacité sera d'autant plus grande qu'elles seront appliquées rapidement, non

qu'une catastrophe soit imminente, mais parce que nous avons une chance d'éviter certaines conséquences néfastes en agissant dès maintenant alors qu'en temporisant, nous pourrions bien compromettre l'efficacité de notre démarche. Les solutions proposées sont les suivantes :

Aménagement du littoral - planification nationale :

- Élaboration et mise en oeuvre, à relativement même échéance, de plans nationaux d'aménagement du littoral qui devront a) tenir compte de l'élévation du niveau de la mer comme des autres conséquences probables de l'évolution du climat mondial et b) minimiser les risques pour les populations sans négliger la nécessité de protéger les écosystèmes côtiers importants et d'en assurer la survie.
- Recensement des zones côtières à risque. Il faudra s'efforcer, et ce à l'échelon national, de a) recenser les activités et les ressources qui pâtiraient d'une élévation d'un mètre du niveau de la mer et b) évaluer les conséquences des mesures d'adaptation pour ces activités et ces ressources.
- Précautions à prendre pour que l'exploitation du littoral ne l'expose pas davantage aux effets néfastes d'une élévation du niveau de la mer. La construction de digues et de barrages, l'utilisation des mangroves et autres terres humides pour l'agriculture et l'habitat humain, la récolte du corail et l'occupation des zones basses sont des activités qu'il sera particulièrement important de revoir de ce point de vue. Par ailleurs, si l'application de mesures structurelles en prévision de l'élévation du niveau de la mer ne s'impose pas encore, il conviendrait, pour la conception et l'implantation de l'infrastructure côtière et d'ouvrages de défense du littoral, de tenir compte d'une élévation possible du niveau de la mer et des autres incidences potentielles de l'évolution du climat sur les zones côtières. Il peut être parfois moins coûteux de prendre ces facteurs dès aujourd'hui en compte au stade initial de la conception d'un ouvrage, plutôt que de devoir reconstruire ce dernier plus tard.
- Examen et renforcement des mesures à prendre en cas d'urgence et des moyens de défense du littoral. Des efforts devront être faits pour établir des programmes de mesures d'urgence visant à réduire la gravité des conséquences des tempêtes côtières, qui devront notamment prévoir des plans d'évacuation mieux conçus, et mettre en oeuvre des moyens pour défendre les côtes contre les incidences d'une élévation du niveau de la mer.

Coopération internationale :

- Maintien des conséquences de l'élévation du niveau de la mer au centre des préoccupations internationales.

Les organisations internationales devraient se doter de moyens nouveaux pour sensibiliser les nations du monde entier aux risques associés aux fluctuations du niveau de la mer et les encourager à mettre en place des mesures de parade appropriées.

- Coopération avec les pays en développement et fourniture d'une assistance technique. Les organismes de financement devraient tenir compte de la nécessité de coopérer avec les pays en développement et de leur dispenser une assistance technique pour élaborer leurs plans d'aménagement du littoral, évaluer les ressources côtières à risque et les aider - par des programmes d'éducation et de formation et par un transfert de technologie - à affronter les conséquences d'une élévation du niveau de la mer.
- Appui des organisations internationales aux efforts nationaux déployés pour limiter la croissance démographique dans les zones côtières. La croissance démographique rapide est, en dernière analyse, le problème fondamental dont dépendront au premier chef aussi bien l'efficacité des mesures d'aménagement du littoral que le succès des mesures d'adaptation possibles.

Recherche, données et information :

- Renforcement des activités de recherche consacrées au rôle de l'évolution du climat mondial dans l'élévation du niveau de la mer. Il faudra mettre sur pied des programmes internationaux et nationaux de recherche sur le climat pour tenter de mieux comprendre et de prévoir les modifications du niveau de la mer, des conditions extrêmes et des précipitations induites par l'évolution du climat mondial, ainsi que d'autres conséquences de cette évolution sur les régions côtières.
- Conception et mise en oeuvre d'un réseau mondial d'observation des océans. La COI, l'OMM et le PNUE pourraient, par exemple, unir leurs efforts pour mettre en place un réseau international coordonné d'observation de l'océan qui permette de surveiller en permanence et d'évaluer avec précision ces modifications qui affecteront les océans et les zones côtières, en particulier du fait des fluctuations du niveau de la mer et de l'érosion du littoral.
- Diffusion de données et d'information sur les fluctuations du niveau de la mer et les mesures d'adaptation possibles. On pourrait mettre en place, avec la participation de toutes les parties intéressées, un mécanisme international, pour la collecte et l'échange de données et d'informations concernant l'évolution du climat, les incidences de cette évolution sur le niveau de la mer et le littoral, ainsi que les diverses mesures d'adaptation possibles. Le partage de cette information avec les pays en développement

revêt une importance primordiale pour l'élaboration des plans d'aménagement du littoral.

6.1.6 On pourrait entreprendre dès maintenant un programme qui permettrait aux pays en développement d'être en mesure, d'ici l'an 2000, de mettre en oeuvre des plans d'aménagement du littoral. Ce programme comporterait la formation d'experts, la collecte et la fourniture de données, une assistance et une coopération techniques. Le montant estimatif des dépenses à engager à cet effet au cours des cinq prochaines années s'établit à 10 millions de dollars É.-U. Il serait souhaitable que des organisations internationales comme le PNUE et l'OMM envisagent de coordonner ce programme en consultation avec tous les pays intéressés.

6.2 Utilisation et gestion des ressources

6.2.1 Les rapports des Groupes I et II font état d'incidences notables et inévitables, à la fois positives et négatives, sur les ressources qui sont à la base même de la survie des espèces, l'espèce humaine notamment par exemple : l'eau, l'agriculture, l'élevage, les pêcheries, la terre, la forêt et la faune sauvage. Le Groupe de travail III a abordé ce problème de ressources dans le contexte des mesures qui pourraient être prises pour : assurer la sécurité alimentaire, préserver la diversité biologique, maintenir les approvisionnements en eau, utiliser les terres de façon rationnelle, tant pour les écosystèmes aménagés que pour ceux qui sont inexploités.

6.2.2 Les conséquences potentielles de l'évolution du climat pour les ressources naturelles et les activités humaines sont encore très mal connues. D'abord, nous n'avons aucune estimation fiable des modifications d'échelle régionale qui pourraient affecter certains paramètres climatiques fondamentaux tels que la température, l'humidité du sol, la variabilité annuelle et saisonnière, la fréquence des sécheresses, crues, inondations et tempêtes. Pour bon nombre de ces facteurs fondamentaux, même la direction que prendra l'évolution est incertaine. Ensuite, il n'existe pour ainsi dire pas de méthode permettant de mesurer les changements potentiels en termes de leurs incidences sur l'abondance et la qualité des ressources. Si nous avons la certitude que l'évolution du climat aura pour les ressources des conséquences à la fois négatives et positives, nous sommes pour le moment incapables de les quantifier. Cela ne doit toutefois pas nous empêcher d'agir, surtout si notre action se justifie pour d'autres raisons. Nous sommes cependant en mesure de conclure que :

- a) les ressources exploitées et gérées par l'homme (agriculture, forêts, etc.) se prêtent mieux à une adaptation réussie que les écosystèmes non exploités;
- b) plus rapide sera le changement, plus grandes seront les conséquences. À ce propos, il est capital de bien comprendre que certaines espèces ne seront pas capables de survivre à des changements climatiques rapides.

6.2.3 Sociétés et organismes vivants ont développé au fil des millénaires une capacité d'adaptation à la variabilité naturelle du climat et aux conditions extrêmes. Notre planète est partagée entre plusieurs zones climatiques et l'exploitation et la gestion des ressources constituent dans chacune d'elles une gageure permanente. Notre société pourrait puiser dans ce vaste réservoir d'expériences et de savoir pour formuler des politiques qui lui permettrait de s'adapter à de possibles changements climatiques. On peut aussi escompter que les futurs progrès économiques et technologiques nous donneront les moyens financiers et techniques de réaliser cette adaptation dans de meilleures conditions. Il n'en reste pas moins que celle-ci sera coûteuse et nécessitera des ajustements juridiques, institutionnels et culturels importants.

6.2.4 Eu égard aux incertitudes qui planent encore sur les conséquences de l'évolution du climat pour l'utilisation et la gestion des ressources, on a défini trois grandes catégories de solutions possibles, plus générales que spécifiques. L'adéquation de ces solutions pourrait, bien entendu, varier selon le contexte social, environnemental et économique de chaque pays.

Solutions à court terme - recherche

6.2.5 Il existe un certain nombre d'initiatives qui devraient consolider la base de connaissance dont nous avons besoin pour parvenir à un jugement réfléchi quant aux stratégies de parade à adopter, à savoir :

- Constituer des bases de données, mettre en place des systèmes de surveillance et répertorier l'état présent des ressources et les modes actuels d'utilisation et de gestion de ces ressources.
- Approfondir notre connaissance, et améliorer nos moyens de prévision, des facteurs climatiques clés, de leurs incidences sur les ressources naturelles et des conséquences socio-économiques qui pourraient en résulter.
- Procéder à diverses études qui nous permettront de mesurer le degré de sensibilité des ressources à l'évolution du climat, ainsi que leur capacité de résistance et d'adaptation.
- Encourager secteur public et secteur privé à s'engager dans un programme de recherche-développement axé sur une utilisation plus efficace des ressources et sur l'innovation biotechnique (assortie de garanties suffisantes sur le plan de la santé, de la sécurité et de l'environnement), et qui permettent notamment aux observateurs de tirer profit de leurs travaux.
- Poursuivre l'amélioration de méthodes qui permettront d'affronter avec succès les pires conséquences qui pourraient résulter de l'évolution du climat. On pourrait, par exemple, mettre au point des cultivars plus résistants

à la sécheresse ou la salinité, ou encore recourir aux méthodes zootechniques, classiques et modernes, afin de pouvoir innover dans le domaine de l'élevage et de l'exploitation de la forêt et conduire des recherches en météorologie et en climatologie agricoles.

- Intensifier les recherches visant à préserver les ressources biologiques in situ et ex situ, qui portent, notamment sur l'emplacement et l'étendue des zones naturelles et des couloirs protégés.

Solutions à court terme - orientations

6.2.6 Il existe un certain nombre de mesures de parade dont la conjoncture justifie l'application et qui pourraient être prises avec profit pour rationaliser la gestion des ressources, même en l'absence de tout changement climatique. D'une manière générale, ces mesures ont pour but d'accroître le rendement des ressources naturelles, de mieux en utiliser la part «exploitée» et de limiter les gaspillages. Parmi celles qui pourraient être prises assez rapidement, on peut citer :

- L'élaboration et l'application de technologies susceptibles d'accroître la productivité ou le rendement (par unité de terre ou d'eau) des cultures, des forêts, du bétail, des pêcheries et des établissements humains, tout en respectant le principe d'un développement viable et durable. Cela permettrait de réduire la demande de terre pour les activités humaines et pourrait aussi contribuer à réduire les émissions de gaz à effet de serre. On pourrait ainsi augmenter le rendement de la production de lait et de viande, améliorer le stockage et la distribution des aliments et mieux gérer les ressources en eau.
- Les mesures propres à promouvoir et à intensifier la conservation et l'utilisation rationnelle des ressources - en particulier dans les zones à haut risque. On pourrait, dans ce contexte, étudier la possibilité de protéger les ressources les plus «exposées» et les plus précieuses, par exemple en renforçant les mesures de conservation, en modulant l'exploitation de celles qui sont le plus vulnérables et en encourageant le boisement et le reboisement.
- Mesures propres à accélérer la croissance économique des pays en développement. Comme l'économie de ces pays est très souvent largement fondée sur l'utilisation de ressources, des mesures visant à améliorer l'agriculture et l'utilisation des ressources naturelles seraient particulièrement bienvenues. Il faudrait aussi encourager la formation de capitaux, ce qui faciliterait dans l'ensemble, l'adaptation et l'évolution du climat et la réalisation d'un développement viable et durable.
- Faire le nécessaire pour intéresser concrètement et matériellement les populations locales et exploitants

aux programmes de conservation et d'utilisation rationnelle des ressources, par exemple en octroyant des droits de propriété indiscutables et des baux de longue durée et en autorisant les transferts volontaires d'eau, ou autres mécanismes commerciaux.

- Décentraliser, autant que faire se pourra, les processus de décisions en matière d'exploitation et de gestion des ressources.

Solutions à long terme

6.2.7 Il existe aussi toute une série de solutions possibles, mais dont l'application serait coûteuse ou qu'il conviendrait, pour une raison ou pour une autre, de réserver pour un horizon plus lointain, lorsque les incertitudes relatives aux incidences de l'évolution du climat se seront partiellement dissipées. On pourrait par exemple :

- Investir dans la construction d'ouvrages importants (barrages par exemple) qui permettraient d'accroître les approvisionnements en eau et autres ressources.
- Renforcer et élargir les zones naturelles protégées et envisager la possibilité de créer des couloirs protégés afin d'accroître les chances d'adaptation des écosystèmes non exploités.
- Selon les cas, revoir ou supprimer les subventions directes et indirectes et les incitations favorisant une exploitation peu efficace des ressources et supprimer tous les obstacles institutionnels à une exploitation rentable.

7. Mécanismes de mise en oeuvre des stratégies de parade

7.0.1 Le Groupe de travail III a aussi examiné plusieurs domaines prioritaires où il y a lieu d'agir pour mettre en oeuvre comme il convient des mesures de limitation ou d'adaptation. Ces «mécanismes de mise en oeuvre» représentent les principaux moyens qui permettent d'exercer une action en matière de climat sur les plans national, régional et international. Les mécanismes de mise en oeuvre envisagés étaient les suivants :

- information et éducation du public;
- développement et transfert de technologies;
- mécanismes économiques (de marché)
- mécanismes financiers;
- mécanismes juridiques et institutionnels, y compris les éléments éventuels d'une convention cadre sur le changement climatique.

7.0.2 Les résultats des délibérations du Groupe de travail III sur ces points sont indiqués ci-après.

7.1 Information et éducation du public

7.1.1 Il est indispensable que la population mondiale soit bien informée pour que nous puissions prendre en compte un problème aussi complexe que celui du changement climatique et y faire face. Etant donné que le changement climatique affecterait, directement ou indirectement, presque tous les secteurs de la société, il sera plus facile d'adopter et mettre en oeuvre les mesures de parade qui paraîtront nécessaires et appropriées si la population mondiale est dans l'ensemble consciente de la nature du problème. La diffusion d'informations est en outre un instrument économique puissant pour inciter les marchés à bien prendre en compte les conséquences éventuelles d'une évolution du climat et les occasions que celle-ci pourrait leur offrir.

7.1.2 Les objectifs de base des programmes d'éducation et d'information du public sont les suivants :

- favoriser la prise de conscience et les connaissances au sujet des problèmes touchant le changement climatique;
- recommander des pratiques positives en vue de limiter le changement climatique ou à s'y adapter;
- encourager une large participation de toutes les couches de la population de l'ensemble des pays, qu'ils soient développés ou en développement, à la prise en compte des problèmes liés au changement climatique et à l'élaboration de mesures de parade appropriées;
- viser en particulier des groupes cibles essentiels, tels que les enfants et les jeunes, ainsi que les personnes au niveau des familles, les décideurs et les responsables, les médias, les établissements d'enseignement, les scientifiques, le milieu des affaires et le secteur agricole.

7.1.3 Vu l'importance qu'il y a à ce que la population soit bien informée, le Groupe de travail III a établi des suggestions et des méthodes en vue de susciter une meilleure prise de conscience sur le plan international des causes et des incidences que peut avoir l'évolution du climat. À cet égard, il a été constaté que, si une large compréhension du problème est indispensable, aucun mécanisme ne peut à lui seul s'appliquer à tous les groupes ou à toutes les cultures et à tous les pays. La diversité sociale, économique et culturelle des nations exigera probablement des méthodes d'éducation et d'information adaptées aux besoins et aux ressources propres à tel ou tel lieu, pays ou région. On ne saurait trop insister sur l'importance de l'éducation et de l'information dans les pays en développement.

7.1.4 Il y a lieu d'entreprendre un certain nombre d'actions nationales et internationales pour assurer une large diffusion de l'information sur le changement climatique. Ce sont les suivantes :

- création sur le plan national de comités ou centres d'information chargés de rassembler, élaborer et diffuser des données objectives sur les problèmes liés au changement climatique. Cela contribuerait à assurer la coordination des informations touchant des questions telles que le rendement énergétique, les économies d'énergie, la sylviculture, l'agriculture, etc.
- utilisation par les organisations internationales (Unesco, PNUE, OMM, etc.) et les organisations non gouvernementales des rapports du GIEC ainsi que d'autres rapports pertinents pour développer et dispenser à tous les pays les connaissances voulues en vue des actions à entreprendre.
- utilisation d'une institution internationale existante, ou création d'une nouvelle institution le cas échéant, en tant que centre d'échange de matériel d'information et d'éducation.
- à l'achèvement des rapports du GIEC, ou antérieurement à celui-ci, organisation d'une série de brefs séminaires ayant pour objet d'informer les décideurs hautement prioritaires, les dirigeants mondiaux ainsi que d'autres personnes encore sur les causes et effets du changement climatique.

7.2 Développement et transfert de technologies

7.2.1 Le développement et le transfert de technologies est un élément indispensable de tout effort visant le changement climatique à l'échelle planétaire. La mise au point de nouvelles technologies peut fournir aux sociétés les moyens de répondre à leurs besoins énergétiques, alimentaires et autres dans le contexte d'une évolution du climat mondial, tout en réduisant au minimum les émissions de gaz à effet de serre. Un transfert rapide des technologies, en particulier aux pays en développement, est aussi un aspect important de toute action visant à limiter le changement climatique ou à s'y adapter.

Recherche et développement technologiques

7.2.2 Le développement technologique, y compris l'amélioration et la réévaluation des technologies existantes, est nécessaire pour limiter ou réduire les émissions anthropiques des gaz à effet de serre; absorber ces gaz en protégeant et augmentant leurs puits; adapter les activités humaines et l'utilisation et la gestion des ressources aux incidences du changement climatique, déceler, surveiller et prévoir l'évolution du climat et ses répercussions. Le développement technologique peut s'appliquer à une large gamme d'activités tels que les secteurs de l'énergie, de l'industrie, de l'agriculture, des transports, de l'approvisionnement en eau, de la protection des côtes, de la gestion des ressources naturelles et du bâtiment et des travaux publics.

7.2.3 Le développement et le transfert des technologies exigent des ressources humaines adéquates et dûment formées et les actions en matière technologique, fondées sur une base scientifique rationnelle, doivent être compatibles avec la notion de développement durable.

7.2.4 Les critères de sélection des technologies comprennent des facteurs tels que l'existence d'avantages économiques et sociaux en plus des avantages touchant à l'environnement, le rendement économique tenant compte de tous les coûts externes, l'adaptation aux besoins locaux, la facilité de gestion, les besoins en matière d'information, l'acceptabilité pour le public.

7.2.5 Une politique appropriée en matière de prix le cas échéant, l'échange d'informations sur l'état de développement des technologies, et le soutien des pouvoirs publics sont des mesures importantes pour favoriser le développement technologique. Ont également de l'importance les efforts de collaboration internationale, surtout entre pays industrialisés et pays en développement dans un contexte bilatéral et multilatéral.

Transfert de technologie

7.2.6 Il est nécessaire de transférer rapidement aux pays en développement, sur une base préférentielle, les technologies appliquées au changement climatique. Les pays en développement estiment que le transfert de technologies sur une base non commerciale est indispensable et qu'il y a lieu de prendre des arrangements bilatéraux et multilatéraux visant expressément à favoriser ce transfert. D'autres pays où les technologies n'appartiennent pas à la puissance publique estiment que le transfert de technologies doit relever de négociations commerciales. Le problème des droits en matière de propriété intellectuelle constitue aussi un point sur lequel les opinions diffèrent sur le plan international.

7.2.7 Certains obstacles entravent aussi un transfert efficace des technologies aux pays en développement. On peut mentionner le manque de ressources financières, d'institutions appropriées et de ressources humaines dûment formées. Les institutions existantes pourraient être renforcées, ou de nouveaux mécanismes être créés, le cas échéant, pour financer les transferts de technologie, former les ressources humaines, et évaluer, mettre en place et exploiter les technologies, qu'elles soient existantes ou nouvelles. Les barrières de caractère juridique et les pratiques commerciales restrictives constituent également des entraves.

7.2.8 Il n'a pas été possible d'aplanir les différences d'opinion sur certaines des questions mentionnées ci-dessus. Il est d'une extrême importance de parvenir rapidement à un accord international sur ces problèmes afin de favoriser un flux efficace de technologies qui permettent de surveiller et limiter le changement climatique ou à s'y adapter. Une question sur laquelle un accord international pourrait être

réalisé est celle de promouvoir les substituts des CFC et de fournir aux pays en développement une assistance et une coopération qui leur permettent d'acquérir et de produire ces substituts.

7.2.9 Certains pays ont proposé d'examiner la question du transfert de technologie aux pays d'Europe orientale.

7.3 Mécanismes économiques

7.3.1 Il est important que toute mesure éventuelle tendant à limiter l'évolution du climat global ou à s'y adapter ait un rendement économique et un rapport coût-efficacité aussi élevés que possible, tout en prenant en compte les répercussions sociales importantes. D'une manière générale, on peut atteindre les objectifs en matière d'environnement soit, par une réglementation imposant l'utilisation d'une technologie donnée ou la réalisation de certains objectifs spécifiés, soit par des instruments économiques tels que des redevances sur les émissions, des subventions, des permis négociables, ou des sanctions.

7.3.2 Les instruments économiques, en encourageant une sélection souple des mesures de réduction des émissions, permettent souvent d'améliorer l'environnement à un coût moindre que les mécanismes réglementaires. À la différence de nombreux règlements, ils tendent à favoriser l'innovation et la mise au point de technologies et de pratiques améliorées pour réduire les émissions. Les mécanismes économiques peuvent aussi fournir les signaux voulus pour susciter un fonctionnement des marchés qui soit plus soucieux de l'environnement. Il est toutefois peu probable que les instruments économiques soient applicables dans toutes les circonstances.

7.3.3 On estime que trois facteurs peuvent faire obstacle au fonctionnement des marchés et/ou à la réalisation des objectifs environnementaux par le mécanisme des marchés. Ce sont : les problèmes d'information, qui ont souvent pour effet que les marchés produisent des résultats moins efficaces ou défavorables pour l'environnement; les mesures et institutions existantes, qui peuvent encourager un comportement défavorable pour l'environnement; et des objectifs antagonistes en concurrence (sur le plan social, environnemental ou économique). Une première stratégie de parade pourrait donc être de s'attaquer directement aux problèmes d'information et d'analyser les mesures existantes qui peuvent faire obstacle. Par exemple, avant d'adopter un système de redevances sur les émissions, les pays devraient examiner les subventions et incitations fiscales existantes concernant le secteur énergétique et d'autres secteurs qui produisent des gaz à effet de serre.

7.3.4 Un avantage général des instruments économiques fondés sur le marché est qu'ils favorisent la limitation ou la réduction des émissions par ceux qui peuvent les réaliser au moindre coût. Ils constituent aussi pour l'industrie et le consommateur une incitation permanente à appliquer les mesures de limitation/réduction les plus rentables, par

exemple par l'utilisation de technologies plus efficaces et plus propres. Une telle incitation peut ne pas exister dans le cas d'une réglementation.

7.3.5 La réglementation est le moyen habituellement utilisé par les pays pour limiter la pollution, qu'ils soient à économie de marché ou à économie planifiée. Un avantage de la réglementation est que, dans certaines circonstances, elle conduit de manière plus certaine aux résultats voulus, mais ses principaux inconvénients sont qu'elle peut décourager l'innovation, introduire des rigidités dans la réalisation des objectifs, d'étoffer d'une utilisation efficace des ressources et ne guère inciter à abaisser les émissions au-dessous d'un niveau donné.

7.3.6 Il est évident que la question de l'adoption de quelque instrument économique que ce soit, sur le plan intérieur ou au niveau international, soulève de nombreux problèmes complexes et difficiles. Une analyse sérieuse et fondée de toutes les incidences d'un tel instrument est nécessaire. Il a été estimé que les instruments économiques suivants mériteraient examen :

- *Un système de permis négociables en matière d'émissions:* Un système de permis en matière d'émissions repose sur la notion que l'on peut réduire au minimum le coût économique de la réalisation d'un objectif donné en matière d'environnement en permettant la négociation des droits en matière d'émissions. Une fois fixée une limite d'ensemble des émissions, des droits d'émissions dans le cadre de cette limite pourraient être délivrés aux sources d'émissions, qui seraient autorisées à négocier librement les droits en question. Cela aurait pour effet de réduire le coût de la réalisation d'un objectif donné en matière d'émissions du fait que : a) comme dans le cas du commerce, les avantages comparés des intervenants à la négociation seraient maximisés; et b) il serait créé des incitations économiques pour la mise au point de technologies améliorées en vue de limiter la production de gaz à effet de serre, d'accroître les puits d'absorption de ces derniers et d'améliorer le rendement de l'utilisation des ressources (économies d'énergie). Les préoccupations qu'inspire cette manière de procéder tiennent à l'expérience limitée dont on dispose au sujet d'un tel instrument, à la portée et à l'ampleur éventuelles des marchés de négociation et à la nécessité de mettre sur pied une structure administrative encore inexistante.
- *Un système de redevances sur les émissions :* Des redevances sont perçues sur certaines émissions en fonction du niveau de leur contribution au changement climatique. De telles redevances peuvent être un moyen d'encourager les émetteurs à limiter ou réduire leurs émissions et constituent une incitation pour diverses parties à mettre en oeuvre des moyens efficaces pour limiter ou réduire les émissions. Un autre avantage des redevances est qu'elles fournissent

des recettes qui peuvent servir à financer une réduction ultérieure de la pollution, la recherche et des frais administratifs, ou permettre de réduire d'autres prélèvements fiscaux. Les préoccupations qu'inspire cette manière de procéder tiennent à la difficulté qu'il y a à définir la base et fixer le montant de la redevance et le fait qu'il n'est pas certain que la redevance permette d'abaisser l'émission au niveau voulu.

- *Subventions :* Les subventions visent à favoriser des actions souhaitables du point de vue de l'environnement en abaissant leur coût. Les subventions peuvent servir, notamment, à encourager l'utilisation de matériel ayant un bon rendement énergétique et le recours à des sources d'énergie non fossiles ainsi que la mise au point et une utilisation plus large de technologies favorables à l'environnement. Les préoccupations concernant les subventions tiennent à l'ampleur éventuelle de l'engagement financier qu'elles exigent des pouvoirs publics, à la nécessité de bien les concevoir et d'en analyser les résultats, ainsi qu'aux incidences de telles mesures sur le commerce international.
- *Sanctions :* Un dernier genre d'instrument économique est l'utilisation de sanctions économiques pour assurer l'application d'accords internationaux. Il faudrait pour cela qu'une convention internationale institue un système de sanctions commerciales ou financières qui seraient appliquées aux pays qui ne se conforment pas à tel ou tel régime qui aurait été adopté. De nombreux participants ont exprimé de sérieuses réserves au sujet de l'application d'une telle méthode aux émissions de gaz à effet de serre en raison de la complexité de la situation. Les préoccupations à cet égard tiennent à ce que les sanctions pourraient sembler arbitraires, susciter la confusion et le ressentiment et servir de prétexte pour imposer de nouvelles entraves non tarifaires au commerce.

7.3.7 Il a été suggéré d'autre part que l'on pourrait favoriser la protection de l'environnement et minimiser le coût économique éventuel d'une limitation des gaz à effet de serre en traitant autant que possible globalement l'ensemble des sources et puits des gaz à effet de serre. Pour ce faire, on pourrait utiliser un «indice» relatif aux émissions nettes des divers gaz à effet de serre en perfectionnant l'indice formulé par le Groupe de travail I.

7.3.8 Cependant, chacune des méthodes esquissées ci-dessus soulève en ce qui concerne leur mise en oeuvre et leur acceptabilité des problèmes qui pourraient être considérables. Nous n'avons qu'une connaissance incomplète des incidences économiques et sociales de ces diverses méthodes. Il est évident que des travaux doivent être poursuivis dans tous les pays, ainsi qu'au sein du GIEC, pour évaluer pleinement la valeur pratique de ces mesures ainsi que les coûts et avantages correspondant aux différents mécanismes, en particulier lorsqu'ils sont appliqués sur le

plan international. Il a toutefois été souligné qu'un système international de permis négociables, ou encore un système international de redevances sur les émissions, pourrait servir d'instrument principal, avec un bon rapport coût-efficacité, pour atteindre un objectif déterminé en matière de réduction des émissions de gaz à effet de serre.

7.3.9 Enfin, il a été souligné que pour assurer une répartition équitable des charges économiques l'application de l'un quelconque des instruments économiques internationaux mentionnés ci-dessus devrait tenir compte du fait que la plupart des émissions qui affectent actuellement l'atmosphère proviennent des pays industrialisés où la possibilité d'opérer un changement est la plus grande et que, dans les conditions actuelles, les émissions des pays en développement sont en augmentation et pourraient devoir s'accroître pour répondre aux besoins de développement de ces pays et pourraient donc, avec le temps, constituer un pourcentage croissant des émissions à l'échelle du globe. Si chacun des instruments examinés a un rôle à jouer pour atteindre ces objectifs en matière d'émissions de gaz à effet de serre, l'opportunité qu'il y a à appliquer un instrument donné dépend des circonstances particulières, et au stade actuel aucune mesure ne peut être considérée comme étant universellement supérieure à tous les autres mécanismes dont on puisse disposer.

7.4 Mécanismes financiers

7.4.1 Les pays tant industrialisés qu'en développement estiment qu'il est important d'assurer des mécanismes financiers pour la mise en oeuvre de mesures adéquates visant à limiter le changement climatique ou à s'y adapter.

Principes directeurs

7.4.2 Les principes suivants devraient inspirer l'action sur le plan financier :

- a) Pays industrialisés et pays en développement doivent s'attaquer ensemble aux problèmes résultant de l'évolution du climat, et pour être efficace l'action doit se faire à l'échelle de la planète.
- b) Les pays industrialisés devraient prendre l'initiative et ils ont des responsabilités particulières à deux niveaux :
 - i) la majeure partie des émissions actuelles leur est imputable et c'est pour eux que les perspectives de changement sont les plus grandes. Ils devraient donc prendre des mesures à l'échelon national pour limiter l'évolution du climat en adaptant leur économie en fonction des futurs accords sur la limitation des émissions;
 - ii) les pays industrialisés doivent aussi collaborer avec les pays en développement dans l'action internationale engagée, mais sans faire obstacle à leur

développement; autrement dit, ils doivent leur procurer des ressources financières additionnelles, assurer un transfert de technologie approprié, coopérer étroitement avec eux sur le plan scientifique - programmes d'observation, d'analyse et de recherche - et, enfin, les faire bénéficier d'une coopération technique axée sur la prévention et la solution des problèmes liés à l'environnement.

- c) Les émissions des pays en développement sont en augmentation - ce qui est sans doute une nécessité compte tenu des exigences du développement - si bien qu'elles pourraient, à la longue, représenter une part toujours plus importante des émissions globales. Les pays en développement devront donc, autant que faire se pourra, prendre des mesures pour adapter leur économie en conséquence.

7.4.3 Les ressources financières allant aux pays en développement auront le maximum d'efficacité si elles sont orientées sur les activités qui contribuent à la fois à limiter les émissions de gaz à effet de serre et à promouvoir le développement économique. Les domaines de coopération et d'assistance pourraient être notamment les suivants:

- Utilisation efficace des ressources énergétiques et emploi accru de combustibles fossiles émettant peu de gaz à effet de serre ou de sources d'énergie non fossile.
- Pratiques rationnelles d'aménagement forestier et techniques agricoles tendant à réduire les émissions de gaz à effet de serre.
- Mesures propres à faciliter le transfert de technologie et le développement technologique.
- Mesures renforçant l'aptitude des pays en développement à élaborer des programmes concernant le changement climatique, y compris les activités de recherche et de développement, l'information et l'éducation du public.
- Participation des pays en développement aux instances internationales s'occupant de l'évolution du climat global, telles que le GIEC.

7.4.4 Il a été reconnu d'autre part que les mesures d'adaptation pourraient exiger une coopération et une assistance, et que dans le cas de certains pays et régions une action d'adaptation pourrait être plus importante que des activités de limitation.

7.4.5 On a envisagé un certain nombre de sources éventuelles de ressources financières : les recettes fiscales en général, les redevances frappant directement les émissions de gaz à effet de serre, et la négociation des droits d'émissions. En ce qui concerne la complexité et les répercussions considérables de telles redevances, le lecteur est renvoyé à la partie concernant les mesures économiques

(section 8.3). Parmi les suggestions intéressantes qui ont été formulées à cet égard on peut citer l'utilisation des ressources officielles qui n'ont pas été dépensées du fait des économies d'énergie réalisées par les pouvoirs publics et de la réduction des dépenses militaires, le prélèvement sur les billets de voyage d'un droit représentant un pourcentage donné de leur montant, et des redevances perçues sur les pays qui n'ont pu remplir leurs obligations. La question a aussi été soulevée de savoir si cette coopération et cette assistance financières ne devraient être réservées aux pays qui s'abstiennent d'activités productrices de gaz à effet de serre. Un environnement économique international favorable, comportant une réduction ultérieure des entraves au commerce, et la mise en oeuvre de pratiques commerciales plus équitables contribuerait à créer des ressources qui pourraient servir à satisfaire des besoins pressants.

7.4.6 En ce qui concerne les mécanismes institutionnels par lesquels la coopération et l'assistance financières seraient fournies aux pays en développement, une approche à deux branches a été envisagée :

- i) une branche serait fondée sur les travaux en cours ou prévus dans le cadre des institutions existantes. À cet égard, la Banque mondiale, un certain nombre de banques régionales, d'autres organisations multilatérales et des organismes bilatéraux ont entrepris d'inclure dans leurs programmes les problèmes touchant l'évolution du climat global. Les donateurs bilatéraux pourraient intégrer davantage et renforcer les éléments environnementaux de leurs programmes d'assistance et mettre au point des dispositions de cofinancement avec les institutions multilatérales tout en s'assurant que cela ne crée des conditions inopportunes sur le plan de l'environnement.
- ii) parallèlement à cette branche on a envisagé la possibilité de mécanismes et moyens nouveaux. Certains pays tant en développement qu'industrialisés ont émis l'avis qu'il fallait de nouveaux mécanismes se rattachant directement à une future convention assortie de protocoles sur le climat, par exemple un nouveau fonds international. Il a été indiqué qu'un tel instrument nouveau pourrait être créé auprès de la Banque mondiale (avec un nouveau règlement) ou encore ailleurs. Il a été relevé d'autre part que le Fonds pour la protection de l'environnement proposé par la Banque mondiale en collaboration avec le PNUE et le PNUD a été accueilli favorablement par les pays industrialisés et en développement lors de la réunion du Comité du développement de la Banque mondiale en mai 1990.

7.4.7 Il a été souligné que la question de la création de ressources financières était à distinguer de celle de l'attribution de ces ressources.

7.4.8 Parmi les domaines qui doivent encore faire l'objet de travaux il y a des études à réaliser pour les pays en développement, avec l'aide de donateurs, concernant le

niveau actuel et prévu de leurs émissions nettes ainsi que leurs besoins d'assistance et de coopération en vue de limiter ces émissions. Il faudra aussi étudier plus avant le rôle important que le secteur privé pourrait jouer, par le transfert de technologie, l'investissement direct à l'étranger et d'autres moyens propres à aider les pays en développement et coopérer avec eux en vue de faire face au changement climatique.

7.5 Mécanismes juridiques et institutionnels

7.5.1 Il existe un certain nombre d'institutions et de mécanismes juridiques internationaux que la question de l'évolution du climat intéresse, en particulier ceux qui s'occupent de l'environnement, de la science et de la technique, de l'énergie, des ressources naturelles et de l'assistance financière. L'un de ces mécanismes juridiques internationaux existants, la Convention de Vienne sur la protection de la couche d'ozone appuyée par le Protocole de Montréal sur les substances qui appauvrissent la couche d'ozone, vise expressément à réduire les émissions des principaux gaz à effet de serre qui ont aussi pour effet d'appauvrir la couche d'ozone. Toutefois, on s'est accordé à estimer que les instruments juridiques et institutions existants qui concernent le changement climatique doivent être pleinement utilisés et encore renforcés, mais qu'ils ne peuvent à eux seuls suffire pour faire face au problème.

7.5.2 Un consensus s'est établi à la quarante-quatrième session de l'Assemblée générale des Nations Unies quant à la nécessité d'élaborer de manière urgente une convention cadre sur le changement climatique, qui fixerait, en tant que minimum, des principes généraux et des obligations. De l'avis du Groupe de travail III, cette convention devrait être rédigée de manière à susciter l'adhésion la plus large de l'éventail le plus équilibré de pays, tout en permettant d'agir en temps voulu. Elle pourrait prévoir l'établissement d'annexes ou protocoles distincts concernant des obligations particulières. Dans le cadre de l'engagement que prendraient les parties d'agir sur les émissions de gaz à effet de serre et les incidences négatives de l'évolution du climat, la convention devrait prendre en compte aussi les besoins financiers et autres des pays en développement (en particulier ceux qui pâtiraient le plus d'une évolution du climat, notamment en matière d'agriculture, la question de l'accès à la technologie et du transfert de celle-ci, la nécessité de la recherche et de la surveillance et les besoins institutionnels.

7.5.3 Des décisions seront à prendre sur les problèmes clés suivants :

- la nécessité politique d'établir l'équilibre voulu a) entre les arguments qui militent en faveur d'une convention à grande portée, orientée vers l'action, et la nécessité d'adopter rapidement une convention afin de pouvoir s'attaquer au problème du changement climatique; b) entre le risque de l'inaction et le coût

de l'action joint aux incertitudes actuelles sur le plan scientifique;

- la mesure dans laquelle des obligations précises, concernant en particulier la réglementation des émissions de gaz à effet de serre, devraient figurer dans la convention elle-même, peut-être sous la forme d'annexes, ou faire l'objet d'un ou plusieurs protocoles distincts;
- le calendrier de la négociation du ou des protocoles par rapport aux négociations sur la convention elle-même;
- l'établissement, si besoin est, de bases scientifiques rationnelles pour la fixation d'objectifs en matière d'émissions (par exemple niveau total des émissions, émissions rapportées à la population, au PNB, à l'utilisation de l'énergie, aux conditions climatiques, aux valeurs antérieures, aux caractéristiques géographiques, aux ressources en combustibles fossiles, au contenu en carbone par unité d'énergie, à l'intensité énergétique rapportée au PNB, aux coûts et avantages socio-économiques ou autres considérations équitables) ;
- la mesure dans laquelle il y a lieu de prévoir des objectifs précis en ce qui concerne le niveau global des émissions ou de la concentration dans l'atmosphère des gaz à effet de serre;
- la question de savoir si les obligations devraient être équitablement différenciées selon les responsabilités respectives des pays pour ce qui est de causer et de combattre l'évolution du climat ainsi que selon leur niveau de développement;
- la nécessité de ressources supplémentaires pour les pays en développement et la manière dont ce problème devrait être traité, en particulier en ce qui concerne la nature, le volume et les conditions du financement, même si les dispositions détaillées font l'objet d'un protocole distinct;
- la base sur laquelle il y a lieu de promouvoir le développement et le transfert de technologies et la fourniture d'une assistance et une coopération techniques aux pays en développement, eu égard à des considérations telles que les conditions du transfert (préférentiel ou non préférentiel, commercial ou non commercial), l'accès assuré, les droits de propriété intellectuelle, la validité de la technologie du point de vue de l'environnement, et les incidences financières;
- la nature de toute nouvelle institution qui serait créée par la convention (telle qu'une conférence des parties, un organe exécutif, etc.), ainsi que ses fonctions, sa composition et ses pouvoirs de décision, par exemple le point de savoir si elle doit ou non exercer une supervision et un contrôle sur les obligations découlant de la convention.

7.5.4 La négociation internationale concernant une convention cadre devrait commencer aussitôt que possible après l'achèvement du rapport provisoire du GIEC. Une participation pleine et entière des pays en développement à ce processus est indispensable. De nombreux pays, surtout ceux qui sont en développement, ont souligné que la négociation doit être menée dans le cadre, de la manière et selon le calendrier que déciderait l'Assemblée générale des Nations Unies. Cela vaut également pour les protocoles qui s'y rapportent. De l'avis de nombreux pays et organisations internationales et non gouvernementales, ce processus doit être conduit de manière à se conclure au plus tard lors de la Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement de 1992.

7.5.5 Ce qui précède ne constitue pas nécessairement une liste exhaustive des questions qui se poseront lors des négociations. Toutefois, les participants devront être prêts à traiter de ces problèmes fondamentaux pour que les négociations puissent aboutir et que l'appui d'un éventail suffisamment large et représentatif de pays soit acquis.

7.5.6 L'exposé des mesures juridiques rédigé par le Groupe de travail est reproduit à l'annexe I.

ANNEXE

MÉCANISMES INSTITUTIONNELS ET JURIDIQUES - RAPPORT DES COORDONNATEURS POUR LES EXPOSÉS THÉMATIQUES (Canada, Malte et Royaume-Uni)

Résumé administratif

1. Le rapport des coordinateurs a pour premier objectif de compiler les éléments qui pourraient être inclus dans une future Convention cadre sur le changement climatique et d'examiner les questions qui surgiront probablement au cours de l'élaboration de ces éléments.

2. Les institutions et les instruments légaux existants en matière climatique doivent être utilisés au maximum et renforcés; cependant, d'après l'opinion générale, à eux seuls, il ne peuvent faire face au défi. Un très large consensus international a donc émergé au sein du GIEC, sensiblement corroboré à la quarante-quatrième session de l'assemblée générale des Nations Unies, sur la nécessité d'une Convention cadre sur le changement climatique. Une telle convention devrait généralement suivre le modèle de la Convention de Vienne sur la protection de la couche d'ozone, en établissant, comme minimum, des obligations et des principes généraux. De plus, elle devrait être structurée de manière à gagner l'adhésion du plus grand nombre possible de pays les plus représentatifs, et permettre en même temps de prendre les mesures nécessaires; elle devrait contenir des dispositions pour des annexes ou des protocoles distincts traitant d'obligations particulières. En vertu de l'engagement des parties à prendre les mesures de contrôle nécessaires pour les émissions de gaz à effet de serre et les conséquences négatives du réchauffement global, la Convention traitera également des besoins financiers particuliers des pays en développement, de la question de l'accès à la technologie et de son transfert, de même que des exigences institutionnelles.

3. Ce document met en évidence plusieurs questions à régler dans la négociation d'une convention. Les voici en résumé :

- L'impératif politique de trouver un juste équilibre entre d'une part les arguments en faveur d'une convention axée sur l'action à long terme et la nécessité d'adopter d'urgence une telle convention afin de s'attaquer au problème du changement climatique, et d'autre part, les coûts de l'inaction et le manque de certitude scientifique.
- Dans quelle mesure des obligations précises, particulièrement en matière de réglementation des émissions de CO₂ et d'autres gaz à effet de serre, devraient être comprises dans la convention même ou faire l'objet d'un ou plusieurs protocoles séparés.

- L'échéancier des négociations de ce(s) protocole(s) par rapport aux négociations de la convention.

4. La Convention devra considérer particulièrement les points suivants :

- a) *Les besoins financiers des pays en développement* : Le besoin de ressources additionnelles pour les pays en développement et la manière d'y pourvoir, particulièrement en ce qui concerne la nature, l'importance et les conditions du financement, devront être étudiés par les parties contractantes, même si des dispositions détaillées font l'objet d'un protocole distinct.
- b) *Le développement et le transfert de la technologie* : La promotion du développement et du transfert de la technologie et de l'assistance technique aux pays en développement devra se faire en fonction de facteurs tels que les conditions de transfert, l'accès assuré, les droits de propriété intellectuelle et la sûreté de cette technologie pour l'environnement.
- c) *Les institutions* : Les options divergent sensiblement en ce qui concerne le rôle et les pouvoirs des institutions créées par la convention, surtout dans la surveillance et le contrôle des obligations contractées.

5. L'inclusion d'un élément précis dans le document n'implique pas l'unanimité sur ce point, ni l'accord d'aucun gouvernement en particulier pour l'inclure dans la Convention.

6. Les coordinateurs n'ont pas cherché à porter un jugement de valeur en énumérant dans le document ci-joint les suggestions d'éléments à inclure dans une convention cadre : leur texte vise simplement à aider les futurs négociateurs dans leur tâche. Cependant, ils notent qu'il faudra montrer une volonté de régler les problèmes fondamentaux susmentionnés de manière réaliste pour assurer le succès des négociations et obtenir l'appui d'un groupe assez vaste et représentatif de nations.

Suggestions d'éléments à inclure dans une convention cadre sur le changement climatique

Préambule

Conformément aux pratiques habituelles en matière de traités, y compris le modèle de la Convention de Vienne, la Convention sur le changement climatique devrait comporter un préambule qui pourrait chercher à aborder quelques-uns ou l'ensemble des points suivants :

- une description du problème et des raisons d'agir (nécessité de résultats rapides et efficaces sans attendre une certitude scientifique absolue);
- des références aux déclarations (telles que la résolution 43/53 de l'UNGA et le principe 21 de la Déclaration de Stockholm sur l'environnement) et aux instruments légaux internationaux pertinents (tels que la Convention de Vienne et le Protocole de Montréal);
- une reconnaissance que le changement climatique concerne tout le genre humain, qu'il touche l'humanité dans son ensemble et devrait être considéré dans un cadre mondial, sans atteinte à la souveraineté des États sur l'espace aérien au-dessus de leur territoire, telle qu'elle est reconnue par les lois internationales;
- une reconnaissance de la nécessité d'une qualité d'environnement permettant une vie de dignité et de bien-être pour les générations présentes et à venir;
- une référence à l'équilibre entre le droit souverain des États à exploiter leurs richesses naturelles et le devoir qui en découle de protéger et de préserver le climat pour le bien de l'humanité, sans diminuer ni l'un ni l'autre;
- l'adhésion au concept de développement durable et son application;
- une reconnaissance du besoin d'approfondir le savoir scientifique (entre autres par l'observation systématique) et d'étudier les répercussions sociales et économiques du changement climatique, en respectant la souveraineté nationale;
- une reconnaissance de l'importance du développement et du transfert de la technologie, de même que de la conjoncture et des besoins, surtout financiers, des pays en développement, du besoin de règlements, de mesures de soutien et d'ajustement afin de tenir compte des divers niveaux de développement et, par le fait même, des besoins différents des pays;
- une reconnaissance de la responsabilité qu'ont tous les pays de faire des efforts aux niveaux national, régional

et mondial afin de limiter ou de réduire les émissions de gaz à effet de serre et d'empêcher les activités qui pourraient avoir des conséquences négatives sur le climat, sans oublier que :

- la plupart des émissions qui touchent l'atmosphère à l'heure actuelle proviennent des pays industrialisés, où la portée des changements est la plus grande;
 - l'application des mesures pourrait se faire selon des échéanciers distincts pour les différentes catégories de pays et être déterminée d'après les moyens et les capacités scientifiques et techniques de chacun;
 - les émissions des pays en développement augmentent et devront peut-être s'accroître afin de permettre à ces derniers d'atteindre leurs buts de développement, de telle sorte que, à long terme, ils compteront vraisemblablement pour une part grandissante des émissions totales;
 - une reconnaissance du besoin de développer des stratégies pour absorber les gaz à effet de serre, c'est-à-dire de protéger et d'accroître les puits de gaz à effet de serre, de limiter ou de réduire les émissions anthropiques de gaz à effet de serre et d'adapter les activités humaines aux conséquences du changement climatique.
- D'autres aspects importants devront être abordés pendant l'élaboration du préambule, notamment :
 - est-ce que les préoccupations de l'humanité pour la qualité de l'environnement devraient être considérées comme un droit fondamental?
 - est-ce un droit que de ne pas être soumis, directement ou indirectement, aux répercussions négatives du changement climatique?
 - devrait-on mentionner le principe préventif?
 - vu l'interdépendance entre tous les gaz à effet de serre, leurs sources et leurs puits, devraient-ils être considérés collectivement?
 - devrait-on permettre aux pays d'atteindre leurs objectifs climatiques collectifs par des accords de collaboration?
 - devrait-on mentionner si les ententes de modification, telles que la convention ENMOD, sont des instruments légaux pertinents?
 - y a-t-il un intérêt commun de l'humanité quant au développement et à l'utilisation de nouvelles technologies qui protègent et préservent le climat?

- est-ce que le concept de développement durable comprend l'établissement de nouvelles conditions dans l'allocation d'une aide financière aux pays en développement, et implique-t-il un lien entre la protection et la conservation de l'environnement, notamment le changement climatique, et le développement économique de telle sorte que les deux soient assurés de manière cohérente et compatible?
- est-ce que le préambule devrait mentionner les problèmes particuliers des pays dont l'agriculture est vulnérable au changement climatique et qui ont un accès limité au capital et aux technologies, reconnaissant le lien avec le développement durable?
- y a-t-il un niveau de vie minimal préalable à l'adoption de stratégies d'adaptation en matière de changement climatique?

Définitions

Selon la coutume, des définitions devront être élaborées et faire l'objet d'un article distinct. Les termes à définir dépendront de l'objet de la convention et, ainsi, du langage utilisé par les parties contractantes.

Obligations générales

Conformément au modèle de traités tels que la Convention de Vienne, la Convention devrait comprendre un article indiquant les obligations générales consenties par les parties. De telles obligations pourraient englober notamment :

- l'adoption de mesures de protection appropriées contre les répercussions préjudiciables du changement climatique, des mesures d'adaptation à ce changement, de sa limitation, de sa réduction et, autant que possible, de sa prévention, selon les moyens et le savoir scientifique et technique de chaque pays, sans créer d'autres problèmes environnementaux;
- la protection, la stabilisation et l'amélioration de la composition de l'atmosphère afin de conserver le climat pour le bien des générations présentes et futures;
- des actions qui ont pour effet de limiter le changement climatique, mais qui sont déjà justifiées en d'autres circonstances;
- l'utilisation du climat à des fins pacifiques uniquement, dans un esprit de bon voisinage;
- la coopération par la recherche, l'observation systématique et l'échange d'information afin de mieux comprendre et d'évaluer les conséquences des activités humaines sur le climat, de même que les répercussions environnementales et socio-économiques négatives potentielles d'un changement climatique, en respectant la souveraineté nationale;

- l'encouragement du développement et du transfert des technologies appropriées, de même que la prestation d'une aide technique et financière, compte tenu des besoins particuliers des pays en développement, de manière à les rendre capables de tenir leurs engagements;
- la coopération dans la formulation et l'harmonisation des politiques et des stratégies d'adaptation au changement climatique, de sa limitation, de sa réduction et, autant que possible, de sa prévention;
- la coopération dans l'adoption des mesures légales ou administratives appropriées en matière de changement climatique;
- des dispositions pour des ententes bilatérales, multilatérales et régionales ou des accords compatibles avec la Convention et les annexes ou les protocoles, notamment la possibilité pour des groupes de pays de satisfaire aux exigences sur une base régionale ou sous-régionale;
- la coopération efficace avec les organismes internationaux compétents afin d'atteindre les objectifs de la Convention;
- l'encouragement et le soutien de la promotion de l'éducation et de la sensibilisation du public en matière de répercussions environnementales et socio-économiques des émissions de gaz à effet de serre et du changement climatique;
- le renforcement ou la modification, au besoin, des instruments légaux ou institutionnels déjà existants et des ententes en rapport avec le changement climatique;
- des dispositions pour les mécanismes de financement.

D'autres points clés devront être abordés dans le processus d'élaboration de cet article, notamment :

- devrait-il y avoir une clause qui détermine des buts précis en ce qui a trait aux taux d'émissions (mondiaux ou nationaux) ou aux concentrations atmosphériques de gaz à effet de serre tout en assurant un développement stable de l'économie mondiale, surtout la stabilisation par les pays industrialisés, et ensuite une réduction des émissions de CO₂ et d'autres gaz à effet de serre non régis par le Protocole de Montréal? Ces dispositions n'empêcheraient pas l'application d'objectifs nationaux ou régionaux plus stricts que ceux de la Convention ou de ses annexes ou ses protocoles.
- à la lumière du préambule, devrait-il y avoir une disposition reconnaissant que l'application des mesures pourrait suivre des échéanciers distincts selon les différentes catégories de pays ou selon les moyens et les capacités scientifiques et techniques de chacun?

- faut-il s'engager à formuler les mesures appropriées, telles que les annexes, les protocoles ou les autres instruments légaux et, dans l'affirmative, ces formulations devraient-elles s'appuyer sur des faits scientifiques prouvés ou sur les meilleures connaissances scientifiques disponibles?
- quelles devraient être les modalités des transferts de la technologie, particulièrement en ce qui concerne les pays en développement (commerciaux ou non-commerciaux, préférentiels ou non-préférentiels, le rapport entre les transferts et la protection des droits de propriété intellectuelle)?
- les mécanismes de financement devraient-ils se limiter à la pleine utilisation des mécanismes déjà existants ou faut-il aussi en créer de nouveaux?
- faut-il prévoir une disposition pour les études d'impact environnemental d'activités planifiées susceptibles de causer un changement climatique notable ainsi qu'une disposition exigeant un avis préalable?
- quelle devrait-être la base de la réduction des émissions, par exemple, le total des taux d'émission, les émissions par habitant, les émissions selon le PNB, les émissions selon la consommation d'énergie, les conditions climatiques, les performances antérieures, les caractéristiques géographiques, les ressources en combustibles fossiles, la quantité de carbone par unité d'énergie, l'importance de l'énergie dans le PNB, les coûts et les avantages socio-économiques ou d'autres considérations équitables?
- le problème de l'élévation du niveau de la mer devrait-il être abordé séparément?
- existe-t-il un lien entre les sites de déchets nucléaires et le changement climatique?
- les institutions de la convention (par ex. la Conférence des parties ou l'organe exécutif) devraient-elles avoir le pouvoir de prendre des décisions, entre autres, sur les stratégies d'adaptation ou les fonctions en matière de surveillance, de vérification et de conformité, qui engageraient toutes les parties et, si tel est le cas, cette institution devrait-elle représenter toutes les parties ou être composée d'un nombre limité de parties, basé, par exemple, sur une représentation géographique équitable?
- quel devrait être le rôle du secrétariat?
- quelles devraient être les procédures de prise de décision, notamment les formalités de vote (par ex., unanimité ou majorité)?
- si la convention crée un fonds de fiducie ou un autre mécanisme de financement, de quelle façon devrait-il être administré?
- devrait-on établir des corps scientifiques ou autres de manière permanente ou temporaire afin de conseiller la Conférence des parties et de faire des recommandations en ce qui a trait aux activités de recherche et les mesures à appliquer pour faire face au changement climatique?
- la composition de tels corps devrait-elle refléter une représentation climatique ou géographique équitable?
- devrait-on prévoir des groupes de travail, par ex. sur des sujets scientifiques de même que sur les répercussions socio-économiques et les stratégies d'adaptation?
- vu la nature de la question du changement climatique, faut-il adopter des approches innovatrices en matière de mécanismes institutionnels?
- quel devrait-être le rôle des organisations non gouvernementales?

Institutions

La création de divers mécanismes institutionnels est une pratique courante dans le cadre des accords environnementaux internationaux. Par conséquent, les parties contractantes à une Convention sur le changement climatique pourraient souhaiter établir une Conférence des parties, un organe exécutif et un secrétariat.

La Conférence des parties pourrait, entre autres, superviser en permanence l'application des mesures de la Convention et prendre les décisions appropriées à cette fin; examiner les dernières informations scientifiques et promouvoir l'harmonisation des politiques et des stratégies d'adaptation au changement climatique, de sa limitation, de sa réduction et, autant que possible, de sa prévention.

L'élaboration des dispositions pour la création des mécanismes institutionnels appropriés soulèvera certaines questions, notamment :

Recherche, observations systématiques et analyse

Il semble être de pratique courante d'inclure une clause de coopération dans la recherche et la surveillance systématique. En ce qui concerne la recherche, chaque partie pourrait être appelée à mener, à lancer des recherches ou des analyses ou à coopérer, directement ou par l'entremise d'organismes internationaux, dans les domaines suivants :

- les processus physiques ou chimiques susceptibles d'influer sur le climat;
- les substances, les pratiques, les processus et les activités capables de modifier le climat;

- les techniques de surveillance et de mesure des taux d'émission de gaz à effet de serre et de leur absorption par les puits;
- les modèles climatiques améliorés, surtout pour les climats régionaux;
- les conséquences environnementales, sociales et économiques qui pourraient résulter de modifications du climat;
- les substances, les technologies et les pratiques de substitution;
- les effets environnementaux, sociaux et économiques des stratégies d'adaptation;
- les activités humaines ayant des répercussions sur le climat;
- les régions côtières, et particulièrement l'élévation du niveau de la mer;
- les ressources en eau;
- le rendement énergétique.

Les parties pourraient aussi être appelées à coopérer pour établir et améliorer, directement ou par le biais d'organismes internationaux compétents, en tenant compte des règlements nationaux et des activités nationales, régionales et internationales pertinentes en cours, des programmes conjoints ou complémentaires pour la surveillance systématique et l'analyse du climat, peut-être, notamment, grâce à un système mondial, et à coopérer pour assurer la collecte, la validation et la transmission des données de recherche et d'observation et leur analyse par l'entremise des centres de données appropriés.

D'autres questions surviendront dans l'élaboration de cette clause, notamment :

- devrait-on penser à établir des commissions d'experts ou un conseil scientifique indépendant, responsables de la coordination de la collecte des données provenant des domaines de recherche et d'analyse mentionnés ci-dessus et de l'évaluation périodique des données?
- devrait-on prévoir des inspections sur les lieux?
- faut-il prévoir une disposition pour l'accès libre et non discriminatoire aux données météorologiques de tous les pays?
- devrait-on établir un fonds de recherche distinct?

Échange et enregistrement de l'information

Les précédents en matière de traités suggèrent d'inclure une disposition pour que le secrétariat transmette à la Conférence des parties de l'information sur les mesures adoptées par ces dernières dans l'application de la Convention et des protocoles auxquels elles ont souscrit. Une annexe de la Convention de Vienne spécifie le genre d'information échangée, notamment l'information scientifique, technique, socio-économique, commerciale et juridique.

Dans l'élaboration de cette clause, les parties devront notamment considérer les points suivants :

- faut-il élaborer un programme global de recherche internationale pour faciliter la coopération dans l'échange d'information scientifique, technologique et autre sur le changement climatique?
- devrait-on obliger les parties à communiquer les mesures adoptées pour l'application de la Convention, avec la possibilité d'inclure des rapports réguliers sur une base comparable concernant leurs émissions de gaz à effet de serre?
- est-ce que chaque partie devrait également être appelée à préparer un inventaire national des émissions, des stratégies et des technologies disponibles en ce qui concerne le changement climatique? Dans l'affirmative, la Convention pourrait aussi demander d'échanger de l'information sur ces inventaires, ces stratégies et ces technologies.

Développement et transfert de la technologie

Bien que la question technologique ait été abordée à la section «Obligations générales», il serait peut-être souhaitable d'inclure des clauses distinctes sur le transfert de la technologie et la coopération technique. Ces dispositions pourraient appeler les parties à promouvoir le développement et le transfert de la technologie et la coopération technique, compte tenu, surtout, des besoins des pays en développement, afin de permettre à ces derniers de prendre des mesures de protection contre les répercussions négatives du changement climatique, de limiter, de réduire et, autant que possible, de prévenir ce changement, ou de s'y adapter.

Par ailleurs, les transferts de la technologie liée au climat devraient-ils avoir lieu selon des conditions spéciales (par exemple une base préférentielle ou non commerciale, un accès garanti à la technologie sans danger pour l'environnement et son transfert selon des conditions favorables aux pays en développement), compte tenu de la protection des droits de propriété intellectuelle?

Règlement des litiges

Il serait conforme aux pratiques internationales d'inclure une disposition sur le règlement des litiges qui pourraient survenir dans l'interprétation ou l'application de la Convention ou des annexes ou des protocoles. Des dispositions semblables à celles de la Convention de Vienne sur la protection de la couche d'ozone pourraient être utilisées, soit le recours volontaire à l'arbitrage ou à la Cour internationale de Justice (avec une décision sans appel) ou, si cette alternative est rejetée, le recours obligatoire à la conciliation (avec des recommandations).

Autres dispositions

Il serait conforme aux pratiques internationales d'inclure des dispositions concernant les points suivants :

- l'amendement de la Convention;
- le statut, l'adoption et l'amendement des annexes;
- l'adoption, l'entrée en vigueur et l'amendement des protocoles;
- la signature;
- la ratification;
- l'adhésion;
- le droit de vote;
- le rapport entre la Convention et les protocoles;
- l'entrée en vigueur;
- les réserves;
- le retrait;
- le séquestre;
- les textes authentiques.

Annexes et protocoles

Les parties contractantes souhaiteront peut-être prévoir des dispositions dans la Convention en vue d'annexes ou de protocoles. Les annexes pourraient faire partie intégrante de la Convention, tandis que les protocoles pourraient être inclus subséquentement (comme c'est le cas du Protocole de Montréal pour la Convention de Vienne sur la protection de la couche d'ozone). La Convention devra avoir une portée globale; cependant, les parties contractantes devront décider si les gaz à effet de serre, leurs sources et leurs puits, doivent être considérés isolément, par groupes ou globalement, à l'intérieur d'annexes ou de protocoles. D'autres questions

pourraient aussi faire l'objet d'annexes ou de protocoles de la Convention, notamment :

- les pratiques agricoles;
- la gestion des forêts;
- les mécanismes de financement;
- la recherche et l'observation systématique;
- les économies d'énergie et les sources énergétiques de substitution;
- la responsabilité et l'indemnisation;
- les échanges internationaux d'émissions;
- le système de taxation internationale;
- le développement et le transfert des technologies liées au changement climatique.

Certaines questions surgiront en rapport avec l'élaboration des annexes et des protocoles, notamment :

- l'échéancier : les parties contractantes en faveur d'une Convention axée sur l'action pourraient chercher à inclure des obligations particulières dans les annexes plutôt que dans des protocoles subséquents ou négocier un ou plusieurs protocoles parallèlement aux négociations de la Convention;
- l'ordre : s'il doit y avoir une série de protocoles, dans quel ordre devraient-ils être adoptés?

Résumé destiné aux décideurs établi par le Comité spécial du GIEC pour la participation des pays en développement

Résumé directif

1. Le Comité spécial pour la participation des pays en développement a été créé par le Groupe d'experts intergouvernemental pour l'étude du changement climatique (GIEC) afin de promouvoir, aussi rapidement que possible, une pleine participation des pays en développement aux travaux du Groupe. Des mesures ont été prises, des fonds ont été réunis et la participation des pays en développement a été renforcée.

2. Une participation pleine et entière suppose la mise en place de moyens nationaux pour traiter de toutes les questions en jeu, à savoir l'évaluation des fondements scientifiques de l'évolution du climat, celle des incidences d'une telle évolution sur la société et celle des stratégies de parade à appliquer à l'échelon national et régional.

3. Il existe un lien étroit entre les questions dont l'étude a été confiée aux Groupes de travail du GIEC, telles que l'accès à la technologie et aux ressources financières et la participation des pays en développement. Le Comité ayant un calendrier serré et des ressources limitées, a dû travailler en même temps que le Groupe de travail III. Il devra se réunir périodiquement pour veiller à ce que les préoccupations des pays en développement et ses propres conclusions à ce sujet soient prises en compte comme il se doit dans les travaux des groupes de travail, notamment du Groupe de travail III, et pour coordonner la mise en oeuvre de ses recommandations.

4. Les pays industrialisés sont aujourd'hui à l'origine de 75 % environ des émissions de gaz à effet de serre dans le monde entier. La petite fraction restante est à mettre au compte des pays en développement, dont les émissions augmentent d'ailleurs, alors que 75 % de la population du globe est concentrée dans ces pays. Il faudra tenir compte des préoccupations légitimes des pays en développement qui, alors qu'ils n'ont qu'une part minimale de responsabilité dans l'évolution du climat, craignent que celle-ci ait pour eux des conséquences très graves.

5. Tout changement climatique significatif aura des conséquences sur tous les secteurs d'activité. Cela signifie qu'un seul pays ou même un groupe de pays ne peut espérer apporter seul une solution satisfaisante. Il faudrait que toutes les nations unissent leurs efforts pour arriver à cette fin, en tenant compte non seulement de la responsabilité qui a été et qui est celle des pays industrialisés dans l'accumulation des gaz à effet de serre, mais encore de la situation économique et financière dans laquelle se trouvent les pays en développement.

6. Si l'environnement de la planète revêt désormais une plus grande importance pour les pays industrialisés,

l'élimination de la pauvreté demeure néanmoins l'objectif prioritaire des pays en développement. Ils préfèrent garder leurs ressources financières et techniques pour régler les problèmes économiques immédiats plutôt que d'investir dans une action visant à prévenir un problème qui pourrait ne se poser que dans deux générations, d'autant que leur responsabilité à cet égard est sensiblement moins grande que celle des pays industrialisés.

7. Les pays en développement considèrent que l'absence de garanties suffisantes concernant la fourniture des fonds supplémentaires nécessaires, notamment pour la définition, le transfert, l'adaptation et la mise en oeuvre de technologies de substitution plus sûres dans des conditions préférentielles, non commerciales et à titre gracieux, contribue dans une large mesure à les empêcher de prendre une part active aux activités du GIEC. Ils estiment que les conditions de leur participation seraient meilleures, si l'on définissait des principes directeurs applicables aux mécanismes de financement du transfert, de l'adaptation et de la mise en oeuvre de «technologies propres», plutôt que de prendre des mesures juridiques et économiques.

8. Ces considérations ont conduit le Comité spécial à axer ses efforts sur les cinq facteurs ci-après qui entravent la pleine participation des pays en développement aux activités du GIEC :

- manque d'informations
 - communication déficiente
 - ressources humaines limitées
 - problèmes institutionnels
 - ressources financières limitées
- i) *Manque d'informations* : de nombreux pays en développement n'ont pas suffisamment d'informations sur la question des changements climatiques éventuels pour comprendre les préoccupations qu'elle suscite dans le reste de la planète. L'information laisse souvent à désirer, qu'il s'agisse des éléments scientifiques en jeu, des incidences physiques et socio-économiques potentielles de l'évolution du climat, ou des stratégies de parade. Ceci vaut non seulement pour les milieux scientifiques, mais encore pour les décideurs et l'opinion publique.
- ii) *Communication déficiente* : même si la situation s'améliorait sur le plan de l'information, il faudrait encore améliorer les moyens de communication interne et externe afin que l'information relative à l'évolution du climat soit diffusée comme il se doit.

- iii) *Ressources humaines limitées* : la pénurie de personnel qualifié dans presque tous les domaines, qu'il s'agisse de la théorie et de la science ou de l'application des connaissances à la production alimentaire et à la production d'énergie, à la gestion des ressources en eau, au problème des établissements humains, à la croissance commerciale et économique et à toute une série d'autres secteurs apparentés, est un problème commun à de nombreux pays en développement. La plupart d'entre eux, sinon tous, ne disposent que d'un petit nombre d'experts et de fonctionnaires qualifiés et bien informés et encore dans quelques-uns de ces domaines seulement.
- iv) *Problèmes institutionnels* : le caractère pluridisciplinaire et interdépendant des questions en jeu exige une coordination relativement importante entre les différents départements ou ministères.
- v) *Ressources financières limitées* : la survie est la préoccupation majeure. Pour le reste, l'ordre de priorité doit être établi en fonction des ressources financières limitées, et partant, de la pénurie générale de moyens technologiques. Le plus souvent, les pays n'ont pas de quoi faire face aux coûts marginaux afférents à la protection de l'environnement. En outre, des préoccupations immédiates d'intérêt local concernant l'environnement retiennent généralement plus l'attention des responsables que des problèmes planétaires auxquels il est difficile de s'identifier.

9. Le Comité n'a pas examiné en détail des questions telles que l'aide financière, les incitations/désincitations économiques, l'élaboration d'instruments juridiques et la mise au point de technologies peu nuisibles pour l'environnement et énergétiquement rentables ainsi que l'accès à ces technologies. Ces questions sont traitées par le Groupe de travail III et devraient en principe faire l'objet des négociations futures entre gouvernements. Toutefois, le Comité a estimé que les mesures destinées à promouvoir la pleine participation des pays en développement aux activités concernant l'évolution du climat ne devaient pas attendre l'issue de ces négociations.

10. Il est des mesures qui découleront des négociations et de la conclusion d'accords, et il faudra mettre en place des mécanismes pour les appliquer. Mais il en est d'autres qui doivent être prises dès maintenant, ce qui peut se faire dans le cadre des arrangements existants; la plupart d'entre elles devraient être prévues pour plusieurs années.

11. Les incidences de l'évolution du climat varieront d'une région et d'un pays à l'autre. Même si les stratégies de parade dans les pays en développement doivent toutes s'appuyer sur des ressources financières suffisantes et des technologies plus sûres, elles devront être adaptées à chaque nation et/ou région. Par exemple, les mesures à prendre pourront être très différentes selon qu'il s'agit d'un petit Etat insulaire ou d'un grand pays en développement qui

commence à s'industrialiser. Pour que les mesures recommandées aboutissent, il faudra, dans de nombreux cas, non seulement prendre des initiatives à l'échelon national mais encore renforcer la coopération régionale ou sous-régionale.

Mesures recommandées

12. Les pays en développement devraient bénéficier en permanence d'une aide financière pour leur permettre de se faire représenter aux sessions du GIEC et de participer aux activités de suivi. Le Comité tient à attirer l'attention du Groupe d'experts sur la nécessité de poursuivre cet effort et, pour les pays donateurs, de maintenir et d'augmenter leurs contributions au-delà de la quatrième session du GIEC.

13. Il faudra envisager sérieusement de financer la participation de plus d'un expert par pays en développement aux réunions qui traitent simultanément de plusieurs aspects du problème de l'évolution du climat. De leur côté, les pays en développement devraient tout faire pour faciliter le processus.

14. Les gouvernements et organisations des pays industrialisés devraient redoubler d'effort pour organiser des séminaires. Les pays en développement pourraient organiser, sous l'égide d'organisations internationales, ou de toute autre façon, des séminaires et des ateliers régionaux afin d'échanger des informations scientifiques et techniques. Il faudra élaborer à cet effet les programmes nécessaires et des listes d'experts. Dans le cadre de l'échange d'informations qui doit être un processus permanent, le Comité recommande au Groupe d'experts d'adresser le présent résumé à tous les intéressés, y compris à ceux qui doivent participer à la deuxième Conférence mondiale sur le climat. De leur côté, les pays en développement devront, chaque fois qu'ils le pourront et le plus rapidement possible, désigner les coordonnateurs à qui seront adressés rapports, documentation, données et information sur les séminaires et qui recevront des consignes pour la transmission interne de ce matériel à qui de droit pour suite à donner.

15. Chaque pays en développement devrait envisager de créer des mécanismes pour assurer la coordination nationale de toutes ses activités relatives au climat. Cela serait utile, notamment pour la diffusion de l'information, l'élaboration et la mise en oeuvre de programmes de recherche et de surveillance, ou encore, pour le choix des orientations et la formulation de stratégies. Les pays industrialisés devront envisager d'aider les pays en développement en leur facilitant l'accès à la technologie dont ils ont besoin.

16. L'acquisition, l'analyse et l'interprétation de données climatologiques et d'informations connexes devraient permettre aux pays en développement de mieux tenir compte de l'évolution du climat dans la formulation de leurs orientations nationales. Ces activités sont également nécessaires pour effectuer, à l'échelon régional, des études

d'incidences plus précises. Il faudrait s'efforcer de supprimer la disparité criante qui existe au niveau de l'acquisition et de l'utilisation de ces données entre l'hémisphère Nord et l'hémisphère Sud. Le Comité recommande en outre que les pays en développement commencent dès à présent à recenser leurs besoins particuliers afin de déterminer les incidences financières de ces activités. Il faudrait mobiliser des ressources financières suffisantes afin d'élaborer un programme viable et créer des centres régionaux pour mettre en place des réseaux d'informations sur l'évolution du climat.

17. Dans bien des pays en développement, le Service météorologique et/ou hydrologique national est le principal, et souvent le seul, à rassembler et à enregistrer des données climatologiques. Si les systèmes météorologiques sur lesquels portent ces données devaient se modifier, comme certains le pensent, du fait de l'évolution du climat, les moyens dont disposent les Services nationaux devront être renforcés pour leur permettre de mieux contribuer à un développement national durable et viable.

18. L'évolution du climat doit être prise en compte dans les plans de développement. Les études nationales consacrées à l'environnement devraient aussi prendre en compte les changements climatiques prévus dans la perspective d'un développement durable. Les pays en développement estiment que pour pouvoir atteindre ces objectifs, ils devront obligatoirement – et bon nombre de pays industrialisés partagent cet avis – disposer de ressources financières additionnelles pour faire face aux coûts marginaux afférents à la prévention de l'évolution du climat.

19. Le Comité recommande en outre qu'il soit tenu dûment compte de ses conclusions dans tous les domaines d'études qui sont du ressort du GIEC. Il faudrait élaborer et mettre en oeuvre des programmes d'action (et définir, si besoin est, les concepts sur lesquels ils reposeront) sans plus attendre, pour que les pays en développement puissent participer pleinement aux activités futures entreprises dans le domaine de l'évolution du climat, pour autant que les moyens nécessaires soient mis à leur disposition. Le PNUE et l'OMM devraient prendre l'initiative et conduire les consultations nécessaires. Il faudrait aussi s'assurer le concours d'autres organisations multilatérales ou bilatérales pour l'élaboration et la mise en oeuvre de ces programmes d'action.

20. Il est aussi recommandé au GIEC d'envisager sérieusement la possibilité que le Comité spécial bénéficie d'une interprétation simultanée dans les langues habituelles des Nations Unies, de même que de services de documentation dans ces mêmes langues, vu la nature complexe du sujet dont il a à traiter et étant donné les difficultés particulières auxquelles les pays en développement sont confrontés.

21. Le Comité spécial est prêt à superviser l'élaboration et la mise en oeuvre des programmes d'action susmentionnés ou autres programmes pertinents.

1 Introduction

1.1 Création du Comité spécial

1.1.1 Quand le GIEC a commencé ses travaux en novembre 1988, seuls quelques pays en développement étaient présents. Il ne faut pas voir là de l'indifférence pour la question de l'évolution du climat. Ce problème les intéresse et les préoccupe, mais la communauté internationale venait à peine d'inscrire à son ordre du jour cette question complexe par excellence et qui fait intervenir de nombreux secteurs. Peu de pays en développement ont les bases de données et les moyens de recherche nécessaires pour s'attaquer directement à ce problème. Pour la plupart d'entre eux, les actions prioritaires nationales destinées à favoriser une croissance économique rapide font qu'il est exclu d'utiliser les ressources déjà maigres pour financer les frais de voyage de leurs représentants aux réunions du GIEC.

1.1.2 Le GIEC a créé (en juin 1989) le Comité spécial pour la participation des pays en développement afin de promouvoir aussi rapidement que possible une participation active des pays en développement à ses travaux. Cette mesure a été prise à la suite du rapport du sous-groupe spécial que le Bureau du GIEC a créé en février 1989 pour étudier les moyens de renforcer cette participation. Ce sous-groupe, présidé par M. A. Al-Gain, qui est aussi le vice-président du GIEC, se composait de représentants de l'Arabie saoudite, du Brésil, du Sénégal et du Zimbabwe.

1.1.3 Le rapport du sous-groupe a servi de base aux délibérations du Comité spécial. Celui-ci se compose de représentants des pays suivants : France (présidence), Algérie, Brésil, États-Unis d'Amérique, Inde, Indonésie, Japon, Kenya, Norvège et URSS. M. Al-Gain est membre coopté. (Le Comité a tenu une session à participation non limitée (Genève, 31 mai et 1^{er} juin 1990), conformément à une décision prise par le GIEC à sa troisième session, tenue à Washington D.C., du 5 au 7 février 1990). Le mandat du Comité est reproduit à l'annexe I au présent résumé.

1.1.4 Il existe un lien étroit entre les questions dont l'étude a été confiée aux groupes de travail du GIEC, telles que l'accès à la technologie et aux ressources financières et la participation des pays en développement. Le Comité, les sous-groupes qui s'occupent de ces questions et les groupes de travail chargés de définir les mesures à prendre qui relèvent tous du Groupe de travail III ont travaillé parallèlement. Cela était nécessaire, le Comité ayant un calendrier serré et des ressources limitées. Le Comité spécial souligne qu'il est important que le Groupe de travail III tienne compte autant que possible des conclusions énoncées dans le présent résumé lorsqu'il établira son rapport. En outre, le Comité devra se réunir périodiquement pour veiller à ce que les préoccupations des pays en développement soient prises en compte comme il se doit dans les travaux du Groupe III et pour coordonner la mise en oeuvre de ses recommandations.

1.2 Association entre pays industrialisés et pays en développement

1.2.1 Le réchauffement climatique global qui préoccupe le monde entier est dû aux émissions de ce que l'on appelle les gaz à effet de serre dans l'atmosphère. Si un grand nombre de ces gaz sont naturellement présents dans l'atmosphère, les concentrations accrues observées récemment résultent d'activités qui ont largement contribué à la survie et au bien-être de l'humanité, telles que l'industrialisation, la production alimentaire et le développement économique en général.

1.2.2 Les pays industrialisés sont aujourd'hui à l'origine de 75 % environ des émissions de gaz à effet de serre dans le monde entier. La petite fraction restante est à mettre au compte des pays en développement, dont les émissions augmentent d'ailleurs, alors que 75 % de la population du globe est concentrée dans ces pays. Il faut savoir que les émissions provenant d'un seul pays provoqueront un réchauffement qui atteindra la planète toute entière. Tout changement climatique significatif aura des conséquences sur tous les secteurs d'activité. Cela signifie qu'un seul pays ou même un groupe de pays ne peut espérer apporter seul une solution satisfaisante. Il faudrait que toutes les nations unissent leurs efforts pour arriver à cette fin. Autrement dit, pays industrialisés et pays en développement doivent se donner la main en tenant compte, non seulement de la responsabilité qui a été et qui est celle des pays industrialisés dans l'accumulation des gaz à effet de serre, mais encore de la situation économique et financière dans laquelle se trouvent les pays en développement. C'est là une nécessité impérieuse.

1.2.3 Si la gestion de l'évolution du climat doit être fondée sur une action décidée d'un commun accord à l'échelon mondial, ce sont des considérations nationales et régionales qui dicteront les arguments décisifs. Les incidences du réchauffement prévu seront inégales, parfois bénéfiques, parfois néfastes pour plusieurs secteurs de l'économie, et varieront d'un pays et d'une région à l'autre. Aussi les nations et les groupes de nations devront-elles être bien au fait de la situation avant d'engager ce processus d'accord. Cette nécessité se fait encore plus sentir dans le cas des pays en développement. Il faudra aider ceux-ci à obtenir les informations scientifiques et autres ainsi que les ressources nécessaires si l'on veut qu'ils prennent part et contribuent à la recherche d'une solution. Il faudra tenir compte des préoccupations légitimes des pays en développement qui, alors qu'ils n'ont qu'une part minimale de responsabilité dans l'évolution du climat, craignent que celle-ci ait pour eux des conséquences très graves. Il ne faudra pas non plus oublier qu'ils sont à des stades de développement différents et, partant, que leurs besoins d'adaptation aux changements climatiques sont spécifiques.

1.2.4 Les pays en développement se heurtent à des problèmes bien particuliers. Il est vital pour eux d'accroître

les investissements afin d'accélérer le développement économique et de mieux satisfaire les besoins fondamentaux de la population qu'il s'agisse de l'alimentation, du logement ou des revenus. Par ailleurs, l'habitabilité de la planète ne saurait être compromise. Les pays en développement devront donc participer pleinement, volontairement et en toute connaissance de cause à la prise de décisions au niveau mondial et aux mesures de suivi dans le domaine de l'évolution du climat.

1.2.5 Une participation pleine et entière suppose la mise en place de moyens nationaux pour traiter de questions telles que l'évaluation des fondements scientifiques de l'évolution du climat, celle des incidences d'une telle évolution et celle des stratégies de parade à appliquer à l'échelon national. Tout cela est indissociable du processus général d'un développement continu et durable.

1.3 Structure du résumé destiné aux décideurs

1.3.1 Les sections qui suivent sont consacrées aux obstacles à une pleine participation des pays en développement (section 2), aux domaines où il est possible d'agir (section 3) et aux conclusions et recommandations du Comité (section 4).

2. Pleine participation des pays en développement

2.1 Objectifs

2.1.1 Le Comité a reconnu que la pleine participation des pays en développement aux activités du GIEC constituait un but nécessaire mais difficile à atteindre, car il suppose la réalisation de plusieurs objectifs connexes, tant quantitatifs que qualitatifs. S'agissant des premiers, le Comité a reconnu qu'il fallait :

- i) faire en sorte que les pays en développement soient plus nombreux à prendre part aux réunions du GIEC et aux décisions qui en découleront - séminaires, réunions des groupes de travail et de leurs sous-groupes, etc.;
- ii) augmenter l'aide financière pour permettre à chaque pays en développement de se faire représenter par plusieurs experts aux réunions consacrées à l'évolution du climat et aux questions apparentées, afin que leur participation soit valable, surtout lorsqu'il s'agit de réunions qui traitent en même temps de questions différentes mais connexes;
- iii) offrir aux pays en développement davantage d'occasions d'approfondir leur connaissance scientifique de l'évolution du climat et des éléments qui interviennent dans la prise de décisions (politique énergétique), des incidences probables de cette

évolution et des stratégies adaptées à leur situation pour faire face à l'évolution du climat;

- iv) offrir aux pays en développement davantage d'occasions de former des spécialistes de la recherche sur le climat et son évolution ou de perfectionner leurs connaissances.

2.1.2 En ce qui concerne les objectifs qualitatifs, le Comité a reconnu qu'il fallait :

- i) assurer une participation continue des pays en développement aux travaux du GIEC afin de renforcer le rôle qu'ils y jouent;
- ii) encourager la diffusion dans les pays en développement de l'information et des données sur les questions relatives au climat afin de les sensibiliser davantage à ces problèmes et d'accroître leurs connaissances dans ce domaine;
- iii) veiller à ce que les questions climatiques soient prises en compte de façon rationnelle dans les grandes orientations nationales pour ce qui est de la science, de l'économie et de l'environnement, et assurer ainsi un développement durable;
- iv) promouvoir une coopération véritable dans les pays en développement entre des responsables des différents aspects des questions relatives au climat, afin de favoriser une prise de décision qui tienne compte de tous les éléments en jeu.

2.2 Obstacles à une pleine participation

2.2.1 Le Comité spécial a recensé plusieurs facteurs qui entravent la participation active des pays en développement aux activités du GIEC; ces obstacles peuvent se classer dans les catégories suivantes :

- i) manque d'informations;
- ii) communication déficiente;
- iii) ressources humaines limitées;
- iv) problèmes institutionnels;
- v) ressources financières limitées.

2.2.2 Ces facteurs sont expliqués en détail dans les paragraphes ci-après. Sans vouloir généraliser, le Comité a aussi noté que la plupart des pays en développement étaient placés devant un dilemme : accorder la priorité à l'environnement ou au développement économique. Si l'environnement de la planète revêt désormais une plus grande importance pour les pays industrialisés, l'élimination de la pauvreté demeure néanmoins l'objectif prioritaire des pays en développement. Ils préfèrent garder leurs ressources

financières et techniques pour régler les problèmes économiques immédiats plutôt que d'investir dans une action visant à prévenir un problème mondial qui pourrait ne se poser que dans deux générations, d'autant que leur responsabilité à cet égard est sensiblement moins grande que celle des pays industrialisés.

2.2.3 Le Comité a reconnu que ce dilemme constituait un obstacle de taille au renforcement de la participation des pays en développement aux travaux du GIEC. Il a en outre fait valoir que, quand bien même le processus de développement économique permettrait de mieux comprendre à la longue qu'il n'y a pas incompatibilité entre les objectifs en matière de développement et les préoccupations liées à l'environnement, il fallait permettre aux pays en développement de replacer le problème dans sa juste perspective, en les aidant à mieux comprendre les aspects scientifiques de l'évolution du climat, les incidences physiques et socio-économiques qui peuvent en résulter et les différentes stratégies qui s'offrent pour y faire face.

2.2.4 Les pays en développement considèrent que l'absence de garanties suffisantes concernant la fourniture des fonds supplémentaires nécessaires, notamment pour la définition, le transfert, l'adaptation et la mise en oeuvre de technologies de substitution plus sûres dans des conditions préférentielles, non commerciales et à titre gracieux, contribue dans une large mesure à les empêcher de prendre une part active aux travaux du GIEC. Ils estiment que les conditions de leur participation seraient meilleures, si l'on définissait des principes directeurs applicables aux mécanismes de financement du transfert, de l'adaptation et de la mise en oeuvre de «technologies propres» plutôt que de prendre des mesures juridiques et économiques.

2.3 Manque d'informations

2.3.1 Le Comité a noté que de nombreux pays en développement n'avaient pas suffisamment d'informations sur la question des changements climatiques éventuels pour comprendre les préoccupations qu'elle suscite dans le reste de la planète. L'information laisse souvent à désirer, qu'il s'agisse des éléments scientifiques en jeu, des incidences physiques et socio-économiques potentielles de l'évolution du climat, ou des stratégies de parade (voir aussi le par. 2.2.3). Ceci vaut non seulement pour les milieux scientifiques, mais encore pour les décideurs et l'opinion publique.

2.3.2 Les pays en développement ont un accès limité aux données scientifiques. Un grand nombre d'entre eux ne sont pas en mesure de participer aux programmes régionaux de surveillance, lorsque de tels programmes existent, ni de surveiller les conditions météorologiques et climatiques de façon continue sur le territoire national et conformément aux exigences internationales.

2.3.3 Comme il est indiqué ci-dessus, les informations dont disposent les pays en développement sur les incidences

que l'évolution du climat pourrait avoir pour eux sont limitées. Le Groupe de travail I du GIEC a constaté que les modèles scientifiques actuels ne permettaient pas de prévoir quelles seront les distributions régionales précises des changements climatiques, mais le problème est beaucoup plus fondamental dans les pays en développement. Nombre d'entre eux ne peuvent pas, par exemple, prévoir comment l'élévation, d'amplitudes variables, du niveau de la mer pourrait les affecter, et partant quelles mesures prendre pour y faire face. De même, de nombreux pays en développement n'en savent pas encore assez pour juger de la manière la plus efficace de parvenir à un rendement énergétique satisfaisant, ni pour en évaluer les incidences sur les coûts, la sécurité et le commerce. Un autre domaine dans lequel les renseignements laissent à désirer est celui des technologies et des produits les moins dangereux pour l'environnement. S'agissant plus particulièrement des technologies à appliquer pour la conservation de l'eau, le reboisement et la protection des sols, le manque d'informations est flagrant.

2.3.4 S'ils disposaient d'informations suffisantes, les pays en développement pourraient mieux tenir compte de l'évolution du climat dans la formulation de leurs orientations nationales. Ils seraient aussi plus à même de comprendre que les délibérations sur l'évolution du climat ont des incidences de grande portée sur leurs stratégies dans le domaine économique et celui du développement, et de recenser leurs besoins spécifiques en vue de déterminer lesquels peuvent être satisfaits à l'aide des ressources existantes et lesquels exigeront des ressources supplémentaires.

2.4 Communication déficiente

2.4.1 Le Comité a noté que même si les pays en développement recevaient l'information requise sur l'évolution du climat et les activités s'y rapportant, il faudrait encore améliorer les moyens de communication interne et externe pour que les renseignements parviennent bien à leurs destinataires - économistes, scientifiques et dirigeants, par exemple. La communication interne est importante car elle permet d'avoir tous les éléments nécessaires pour aborder les questions de politique nationale; de même, une meilleure communication externe facilite l'échange d'informations avec le monde extérieur.

2.4.2 Il faudra aussi renforcer et simplifier les mécanismes mis en place dans les pays en développement pour coordonner, recevoir, stocker et diffuser l'information émise dans le pays et/ou provenant de l'extérieur. C'est parce que lesdits mécanismes sont insuffisants ou font défaut que les pays n'ont pas toujours bien compris la nécessité de participer aux débats internationaux relatifs à l'évolution du climat.

2.4.3 De même, les arrangements internationaux pour la transmission des informations sur l'évolution du climat et les activités qui sont lui associées laissent encore à désirer dans les pays en développement.

2.5 Ressources humaines limitées

2.5.1 Le Comité a relevé que les pays en développement ne disposaient pas de suffisamment de personnel informé pour recevoir, communiquer et diffuser l'information sur l'évolution du climat et les activités qui s'y rapportent. La pleine participation de ces pays est parfois entravée par les compétences techniques limitées dont ils sont dotés. Les rares spécialistes qu'ils possèdent assument de lourdes responsabilités et sont extrêmement sollicités alors qu'ils assument des fonctions importantes au niveau national et que leur temps est très précieux.

2.5.2 Dans certains cas, les pays en développement résolvent le problème en demandant au personnel d'ambassade de les représenter aux réunions du GIEC qui sont organisées dans diverses capitales. Même cette solution est difficile pour les petits pays en développement qui sont diplomatiquement peu représentés. Une autre formule, mais peu utilisée à l'heure actuelle, consiste à charger des experts régionaux de représenter un groupe de pays. L'une et l'autre solutions comportent néanmoins des inconvénients. Les services d'ambassade ne disposent pas toujours de l'information de base nécessaire pour participer activement aux réunions, notamment lorsque les sujets traités exigent des connaissances spécialisées dans le domaine des sciences, de l'évaluation des incidences, de l'analyse des aspects politiques et juridiques, des problèmes concernant les établissements humains dans les zones côtières et les régions basses, des sciences du comportement, des études de coût et des analyses économiques. En outre, comme les réunions du GIEC se tiennent un peu partout dans le monde, il est difficile d'assurer une continuité dans la représentation en recourant au personnel des ambassades. Par ailleurs, désigner des experts régionaux pour représenter un groupe de pays exige inévitablement une coopération très étroite entre les pays concernés et des consultations relativement longues, sauf si les experts sont désignés pour une longue période.

2.6 Problèmes institutionnels

2.6.1 Le Comité a noté que dans de nombreux pays en développement, les personnes chargées de coordonner la réception, la transmission, la diffusion et l'utilisation efficace de l'information relative à l'évolution du climat et aux activités connexes ne pouvaient pas s'appuyer sur une infrastructure organique suffisante.

2.6.2 Si certains pays en développement ont réussi à mettre en place une infrastructure nationale, on ne peut pas dire que c'est là une règle générale. L'on ne sait pas toujours de quel ministère ou quelle institution relève telle ou telle question ou décision concernant le climat. En outre, les mécanismes de coordination entre ministères et institutions dans de nombreux pays en développement ne sont pas suffisamment bien établis ni aussi rodés qu'il le faudrait.

2.7 Ressources financières limitées

2.7.1 Pour les raisons exposées ailleurs dans le présent résumé, le Comité n'a pas examiné en détail des questions telles que l'aide financière, les incitations/désincitations économiques, l'élaboration d'instruments juridiques et la mise au point de technologies peu nuisibles pour l'environnement et énergétiquement rentables, ainsi que l'accès à ces technologies. Ces questions sont traitées par le Groupe de travail III et devraient en principe faire l'objet des négociations futures entre gouvernements. Toutefois, le Comité a estimé que les mesures destinées à promouvoir la pleine participation des pays en développement aux activités concernant l'évolution du climat ne devaient pas attendre l'issue de ces négociations. Certaines d'entre elles peuvent être prises dès maintenant.

2.7.2 Le manque de ressources financières est indissociable du problème général de l'accès aux techniques nouvelles et plus modernes. De plus, les problèmes de survie sont prioritaires. Le plus souvent les pays n'ont pas de quoi faire face aux coûts marginaux afférents à la protection de l'environnement. En outre, des préoccupations immédiates d'intérêt local concernant l'environnement retiennent généralement plus l'attention des responsables que des problèmes planétaires, impalpables, plus ou moins éloignés, auxquels il est difficile de s'identifier.

2.7.3 Certes, les causes profondes du problème des ressources financières sont lointaines et peuvent être attribuées aux structures traditionnelles du développement économique, mais il est des besoins plus simples et néanmoins très importants qu'il faut satisfaire immédiatement, par exemple le financement des frais de voyage de spécialistes qui pourront tenir leur pays au courant des activités qui se déroulent ailleurs dans le monde, dans le domaine de l'évolution du climat et dans des domaines connexes.

2.7.4 Les pays en développement ont besoin d'aide pour permettre à leurs experts de participer aux réunions du GIEC. D'autres activités que les voyages d'experts doivent être financées en priorité. Sans aide financière, de nombreux pays en développement ne pourraient tout simplement pas se faire représenter. Pour d'autres, cette représentation serait moins complète et moins efficace qu'il le faudrait. Là encore, ce n'est pas tellement d'une pénurie totale de ressources financières qu'il s'agit, mais de la nécessité absolue d'attribuer un ordre de priorité aux réunions et conférences internationales de plus en plus nombreuses qui sont consacrées à l'environnement ou à d'autres sujets. Ce problème est particulièrement aigu pour les pays les moins avancés, de même que pour les petits pays en développement, notamment ceux de l'hémisphère Sud, la majorité des réunions se tenant dans l'hémisphère Nord.

2.7.5 Le Comité a noté que la participation des pays en développement aux réunions du GIEC n'avait cessé de s'améliorer (voir le par. 2.8). Paradoxalement, ce fait même

posera un problème de plus en plus complexe si l'aide destinée à financer cette participation n'augmente pas dans les mêmes proportions. À ce jour, le GIEC n'a fixé ni priorités, ni critères précis pour l'examen des demandes d'assistance présentées par les pays en développement au titre des frais de voyage.

2.7.6 En outre, bien que les contributions annoncées à ce titre au fonds d'affectation spéciale du GIEC aient été généreuses et de plus en plus nombreuses, cela s'est fait au coup par coup, et les fonds n'ont pas été envoyés à temps, de sorte qu'il n'a pas été possible d'éviter de sérieux déficits périodiques.

2.8 Progrès des travaux du GIEC

2.8.1 Malgré les obstacles à une pleine participation des pays en développement, obstacles que nous venons d'examiner, on peut dire que le GIEC a beaucoup fait pendant sa brève existence.

2.8.2 Ainsi, 11 pays en développement étaient représentés à la première session du Groupe d'experts en novembre 1988; ils étaient 17 à la deuxième session (juin 1989) et 33 à la troisième (février 1990). À cette dernière session, les pays en développement étaient plus nombreux que les pays industrialisés (27).

2.8.3 En outre, le Groupe d'experts avait alloué, dans son budget prévisionnel pour 1989, 222 510 FS pour les frais de voyage des pays en développement. Le montant qui a été effectivement dépensé s'élevait à 383 904 FS environ (voir l'annexe II pour la liste des contributions). Ce montant a permis de financer 85 voyages pour 80 experts qui ont ainsi pu participer aux réunions du Groupe d'experts, du Bureau, des groupes de travail et de leurs sous-groupes ainsi que du Comité spécial en 1989. Le montant prévu à cet effet dans le budget de 1990 est de 794 000 FS, soit la moitié du budget du GIEC pour cette même année. Ce montant, qui est déjà dépassé, vient s'ajouter à l'aide financière fournie dans le cadre d'accords bilatéraux.

2.8.4 Par ailleurs, plusieurs gouvernements (des pays industrialisés comme des pays en développement) et organisations intergouvernementales régionales vont organiser, en 1990 et 1991, à l'intention des pays en développement, des échanges d'information et des séminaires expressément consacrés à l'évolution du climat. Ces activités ont pour objet de sensibiliser ces pays à cette question et de les aider à comprendre les relations complexes qui existent entre les différents aspects considérés.

2.8.5 L'existence du GIEC a permis de mieux faire connaître aux pays industrialisés et aux pays en développement le problème de l'évolution du climat. À cet égard, s'il reste encore beaucoup à faire pour accroître la participation de ces derniers, le GIEC a néanmoins rempli partiellement une fonction essentielle. La situation s'améliore mais ne peut encore en aucun cas être qualifiée

de satisfaisante puisque la pleine participation des pays en développement est une condition sine qua non à l'aboutissement des travaux du Groupe, notamment à l'adoption d'une convention sur le climat.

2.8.6 Grâce à l'initiative et aux efforts conjugués de quelques gouvernements, de grandes institutions financières ont décidé d'allouer de nouveaux fonds à l'étude de l'évolution du climat. Plus précisément, pour la Banque mondiale, l'évolution du climat fait partie des quatre questions d'intérêt planétaire qui peuvent bénéficier de fonds supplémentaires à des conditions de faveur.

3. Domaine d'action

3.0.1 Comme nous l'avons déjà vu, les incidences de l'évolution du climat varieront d'une région et d'un pays à l'autre. Même si les stratégies de parade dans les pays en développement doivent toutes s'appuyer sur des ressources financières suffisantes et des technologies plus sûres, elles devront être adaptées à chaque nation et/ou région. Par exemple, les mesures à prendre pourront être très différentes selon qu'il s'agit d'un petit État insulaire ou d'un grand pays en développement qui commence à s'industrialiser. Néanmoins, les arguments développés dans cette section valent en général pour tous les pays en développement (et en fait pour toutes les nations) et le Comité spécial devra attacher dorénavant plus d'attention aux besoins propres aux uns et aux autres.

3.0.2 Pour que les mesures recommandées (voir la section 4) aboutissent, il faudra dans de nombreux cas, non seulement prendre des initiatives à l'échelon national mais encore renforcer la coopération régionale ou sous-régionale. La coopération entre les pays d'une même région, entre les pays et les institutions régionales ou sous-régionales et entre les institutions elles-mêmes permettra de réaliser des économies et de rendre les actions plus efficaces. Cette coopération est particulièrement indispensable pour les petits pays, notamment les nations insulaires.

3.0.3 Si les avantages de la coopération régionale sautent aux yeux pour les activités de recherche, ils sont aussi réels pour de nombreux autres secteurs. Par exemple, en ce qui concerne les économies d'énergie, les pays pourraient tirer profit du savoir-faire des «centres techniques» régionaux qui encouragent la recherche. Ensemble, ils pourraient mettre au point des techniques adaptées à leur situation particulière en mettant en commun les équipements et les infrastructures dont ils disposent. Ainsi, la mise en place ou le renforcement de «départements» régionaux de l'énergie et de l'environnement faciliterait la mobilisation d'une aide et la coordination des activités de recherche et autres activités communes à de nombreux pays.

3.0.4 Il est des mesures qui découleront des négociations et de la conclusion d'accords, et il faudra mettre en place des mécanismes pour les appliquer. Mais il en est d'autres qui doivent être prises dès maintenant, ce qui peut se faire dans

le cadre des arrangements existants; la plupart d'entre elles devraient être prévues pour plusieurs années.

3.0.5 Le Comité a établi une liste des domaines d'action possibles. Celle-ci ne doit pas être considérée comme exhaustive. Il s'agit d'une liste préliminaire qui devra être revue périodiquement et modifiée ou complétée selon les besoins. Les recommandations du Comité concernant telle ou telle action précise figurent dans la section 4.

3.1 Développement de l'information

3.1.1 Si l'insuffisance de l'information n'est pas typique des pays en développement, il est probable que la recherche d'une solution aux problèmes qui y sont associés prendra plus de temps dans leur cas.

3.1.2 On a constaté des insuffisances dans les domaines suivants :

- données scientifiques, prévisions et interprétation fiables;
- techniques de conception de modèles (informatiques) numériques;
- moyens analytiques d'analyse des incidences;
- incidences financières et autres;
- état des connaissances dans le domaine de la production d'énergie;
- possibilité d'action.

3.1.3 Il peut être possible de combler partiellement ces lacunes en :

- organisant des séminaires pour l'échange d'informations;
- organisant des séminaires pour améliorer les compétences;
- créant des centres d'information.

3.1.4 Les séminaires pour l'échange d'informations devraient être organisés aux niveaux mondial, régional et national. Quelques gouvernements et organisations internationales en ont déjà prévus. Ils devraient être périodiques ou cycliques de manière à assurer un degré de rétention maximal et une diffusion aussi large que possible de l'information. Ils devraient s'adresser aux hauts fonctionnaires, aux organes d'information et au grand public. La Journée météorologique mondiale, la Journée mondiale de la santé, la Journée de la Terre et la Journée mondiale de l'environnement offriront de bonnes occasions. On pourrait innover en demandant notamment à des planificateurs de donner des conférences à ces

séminaires. Ainsi, un séminaire organisé par le PNUE à Paris a pour double objectif de sensibiliser les décideurs et ceux qui font l'opinion à la question de l'évolution du climat et de les initier en même temps aux mesures à prendre dans ce domaine.

3.1.5 Les séminaires pour l'amélioration des compétences sont à rapprocher des stages de formation. C'est le cadre régional qui se prête le mieux à ce type d'activité. Plusieurs organisations bilatérales, multilatérales et internationales mettent en oeuvre de tels programmes, qui gagneraient peut-être à être coordonnés.

3.1.6 Comme le Groupe de travail III l'a souligné dans la section pertinente de son rapport, une initiative importante consisterait à introduire à tous les niveaux d'enseignement et à titre permanent des programmes d'études pertinents destinés aux citoyens et décideurs de demain. Il est aussi important d'élargir les programmes d'information afin d'inciter les gouvernements à agir.

3.2 Développement de la communication

3.2.1 Un bon moyen d'assurer une circulation rapide de l'information serait de constituer, à l'échelon national, régional et international, des réseaux de scientifiques et de spécialistes de l'évolution du climat et des questions qui s'y rapportent. De même, l'organisation, dans les pays en développement, de conférences nationales, régionales et internationales offrirait d'excellentes occasions de faire circuler l'information. Les plans établis par des organisations internationales telles que le PNUE et l'OMM pourraient jouer dans ce contexte un rôle de catalyse fort utile.

3.2.2 L'une des difficultés que pose la transmission en temps voulu de documents, lettres/demandes d'information, directives, etc., entre, par exemple, le Secrétariat du GIEC et les gouvernements, tient à ce que quelques pays seulement ont désigné des coordonnateurs ou des agents de liaison pour cet office. Le fait que le coordonnateur ou agent de liaison ne sache pas toujours où et à qui adresser un document, aux fins d'analyse par exemple, pose un autre problème. Il est indispensable que les gouvernements renforcent et améliorent les mécanismes nationaux de communication de façon que les documents parviennent en temps voulu aux responsables et autorités concernés. La création de comités climatologiques nationaux réunissant toutes les compétences spécialisées nécessaires serait une bonne solution (voir aussi la section 2 et le par 3.4).

3.2.3 Les ambassades sont généralement l'intermédiaire privilégié des gouvernements pour ce type de communication et il pourrait être utile d'y recourir dans certains cas. Les gouvernements pourraient aussi désigner, parmi le personnel des ambassades des personnes présentant les qualités requises, pour les représenter aux sessions du GIEC, ce qui serait particulièrement utile lorsque l'expert initialement désigné se trouve, pour l'une ou l'autre raison, empêché d'assister à une réunion.

3.3 Création de ressources humaines

3.3.1 Pour qu'un pays en développement puisse contribuer pleinement et efficacement à l'action engagée pour parer à l'évolution du climat, il doit absolument disposer d'un personnel bien informé. Tout programme mis en oeuvre pour atteindre cet objectif devrait aborder simultanément trois éléments interdépendants : enseignement, formation et assistance technique (c'est-à-dire libre accès aux moyens, techniques et méthodes d'analyse, etc.).

3.3.2 Il faudra mettre sur pied des programmes visant à former des spécialistes dans ce domaine relativement nouveau qu'est l'évolution du climat. La spécialisation devra porter sur différents domaines : construction et utilisation de modèles numériques (par exemple, modèles de prévision du climat, modèles biosphériques et économétriques), observations, enquêtes et études (par exemple : observation de l'atmosphère pour obtenir des données sur le climat et des données connexes, réalisation d'enquêtes socio-économiques, etc.), études techniques et méthodes de laboratoire; établissements humains dans les zones côtières et autres régions basses, analyse et interprétation de données pour la définition de principes directeurs. Des programmes expressément conçus en fonction de critères d'intérêt régional seraient utiles pour aborder un certain nombre de préoccupations communes, s'agissant du choix des orientations, par exemple.

3.3.3 Il serait souhaitable d'organiser un programme permanent d'échange de spécialistes de l'évolution du climat et des questions apparentées entre pays industrialisés et pays en développement. On pourrait inciter les universitaires des pays industrialisés à passer leurs congés sabbatiques dans les pays en développement au titre de bourses spéciales. Il faudrait aussi encourager les échanges entre universités et établissements analogues. Il faudra tenir compte, dans ce contexte, des difficultés qui pourront surgir dans les pays en développement dont l'infrastructure éducative est peu développée et les moyens de faire face à de nouvelles demandes en matière d'enseignement limités.

3.3.4 Il faudra s'assurer (et encourager) la participation de compétences locales pour l'exécution d'études portant sur des zones géographiques données, et mettre à profit les occasions de formation que ces études offriront.

3.3.5 Il faudra mettre sur pied des programmes permettant d'avoir directement accès aux méthodes les plus modernes et aux techniques et moyens d'investigation et d'action (par exemple ordinateurs d'une puissance suffisante pouvant être exploités par tous les pays d'une même région, méthodes et moyens d'information et de communication, etc.).

3.3.6 Dans ce contexte, le Comité estime qu'une assistance devrait être fournie, à l'échelle des régions, par le Programme des Nations Unies pour le développement et par des institutions spécialisées telles que l'OMM ou le PNUE.

Cette assistance devrait notamment permettre le développement de compétences spécialisées dans différents domaines : modélisation du climat, construction de scénarios destinés aux décideurs, programmes relatifs aux établissements humains, transfert de techniques modernes et adaptables. Les centres régionaux qui s'occupent de ces questions devraient être renforcés.

3.4 Fonctionnement des institutions

3.4.1 Les difficultés que posera l'instauration d'une coordination nationale dans la plupart des pays en développement sautent aux yeux. S'agissant des travaux du GIEC, par exemple, rares sont les pays qui ont désigné des coordonnateurs nationaux (voir aussi le par 3.2). Cela n'entrave pas seulement la bonne circulation de l'information et la participation continue des pays en développement, mais aussi les actions de suivi qui doivent être prises à l'échelon national:

3.4.2 Il faudra donc redoubler d'efforts pour assurer la coordination de toutes les activités consacrées aux différents aspects de l'évolution du climat. Cela est impératif aussi bien pour la circulation de l'information, l'organisation et la réalisation de programmes de collecte et d'analyse de données, les études de coûts, l'examen des aspects juridiques et commerciaux (traités) et le choix des orientations, que pour établir des mécanismes nationaux d'analyse et de mise en oeuvre. Instaurer une coopération véritable entre les nombreux organismes nationaux qui s'occupent d'une façon ou de l'autre de l'évolution du climat est une entreprise de longue haleine qui exigera de nombreuses démarches. Toute temporisation dans sa réalisation retardera d'autant le moment où l'on pourra réagir efficacement à l'évolution du climat et assurer un développement viable. Les pays devraient échanger des informations sur les arrangements institutionnels à conclure.

3.4.3 Les centres nationaux devraient tout naturellement servir de pivot pour la circulation efficace et rapide de l'information tant interne qu'externe. Cela est important dans la mesure où des initiatives concertées, régionales et internationales, pourront venir s'ajouter aux actions purement nationales. Les centres faciliteraient la communication entre spécialistes de différentes disciplines; on ne saurait trop insister sur l'importance et la nécessité de cette communication dans le contexte de l'évolution du climat qui est par essence une question pluridisciplinaire.

3.4.4 De nombreuses organisations internationales, comme le CIUS, le PNUE, l'OMM, l'OMS, la FAO et la Banque mondiale, s'occupent à des titres divers de l'évolution du climat. Si leur rôle dans ce domaine est obligatoirement spécifique, conforme à la mission que leur ont confiée leurs directions respectives, leur action est parfaitement complémentaire et ne peut que bénéficier d'une certaine coordination. À cet égard, il serait très utile que toutes les délégations chargées de représenter une nation aux diverses réunions des différentes organisations

internationales reçoivent les mêmes consignes s'agissant de l'évolution du climat. Cela permettrait aux organes directeurs de chaque organisation de se tenir pleinement au courant de la situation et de prendre leurs décisions dans une plus large perspective. Cela permettrait aussi d'éviter des chevauchements involontaires d'activité et de mieux repérer les questions qui pourraient passer inaperçues, car leur caractère interdisciplinaire et pluridisciplinaire nous échappe encore. La coordination nationale ne pourra qu'en bénéficier. Les bureaux des représentants et coordonnateurs résidents du PNUD pourraient aider les gouvernements des pays intéressés dans leur effort pour assurer cette coordination nationale.

3.5 Mobilisation de ressources financières

3.5.1 Les plans de développement économique des pays en développement doivent être respectés, de même que leurs stratégies de mise en oeuvre. L'aide au développement devra, en règle générale, être renforcée et accélérée.

3.5.2 La question de l'accès aux méthodes et techniques modernes utiles pour réaliser les études nécessaires et leur donner suite s'inscrit obligatoirement dans le contexte d'une pénurie générale de ressources financières. Une assistance technique, bilatérale et multilatérale sera absolument nécessaire pour mettre en place et/ou moderniser les installations et les moyens qui permettront d'affronter les conséquences de l'évolution du climat. (C'est le Groupe de travail III, nous l'avons vu, qui traite de l'élaboration de techniques, du transfert de technologie et de l'aide financière.)

3.5.3 Le Comité souhaiterait toutefois faire valoir que les pays en développement auront besoin d'une aide financière pour faire face aux coûts marginaux liés à la prise en compte de l'évolution du climat dans leurs plans de développement. Celle dont ils bénéficient déjà devra donc être accrue. Chaque fois qu'ils pourront le faire sans que cela entraîne des frais additionnels, les pays en développement devront aussi tenir compte des questions relatives à l'évolution du climat dans leurs plans d'action. C'est au Groupe de travail III qu'il appartient de réfléchir aux modalités de financement. Le Comité a noté les conclusions du Groupe III quant aux mesures financières à prendre, en particulier la nécessité d'approfondir la proposition visant à mettre en place un mécanisme nouveau pour la négociation d'une future convention sur le climat et de ses protocoles. Un rang de priorité élevé devrait être accordé à cette question.

3.5.4 Compte tenu de la nécessité d'incorporer dans les plans de développement des mesures de parade et d'adaptation à l'évolution du climat, tous les pays en développement qui sont en mesure de conduire différentes activités - surveillance du climat, analyse des incidences du climat et de son évolution, étude des différentes possibilités d'adaptation - devraient être encouragés à le faire et engager des recherches, moyennant une aide financière essentiellement destinée aux fins suivantes :

- acquisition et échange de données;
- archivage, restitution et analyse des données;
- études de corrélations (par exemple : précipitations et végétation, production d'énergie et facteurs climatiques, indicateurs de santé et désertification, orientations nouvelles et incidences sur les coûts)
- enseignement et formation, notamment bourses d'études;
- élaboration de techniques.

3.5.5 Les pays en développement doivent bénéficier en permanence d'une aide pour financer les voyages de leurs représentants aux sessions du GIEC. Cette assistance devrait être élargie à la participation aux activités de suivi et à d'autres réunions consacrées au climat et à son évolution (par exemple, la deuxième Conférence mondiale sur le climat qui doit avoir lieu à Genève, du 29 octobre au 7 novembre 1990). Comme cela a déjà été dit, une pleine participation suppose bien plus qu'une simple présence aux réunions.

4. Conclusions et recommandations

4.1 Rappel des faits et des mesures à prendre

4.1.1 Le GIEC a créé le Comité spécial pour la participation des pays en développement dans le but de donner, aussi rapidement que possible, à ces pays les moyens de participer à ses activités. Les efforts faits dans ce sens par le Comité devront bien entendu être poursuivis.

4.1.2 Le Comité espère que ses vues et ses recommandations seront utiles pour conduire à terme la rédaction et la négociation d'une convention internationale sur l'évolution du climat et des protocoles y afférents.

4.1.3 Le Comité saisit cette occasion d'exprimer sa gratitude aux pays qui ont généreusement contribué au fonds d'affectation spéciale du GIEC, afin d'aider les pays en développement à participer aux réunions de celui-ci. Les contributeurs devraient maintenir et accroître leur contribution.

4.1.4 Il faudra élaborer des programmes d'action bien précis visant à faciliter la participation des pays en développement aux travaux du GIEC et aux actions qui en découleront. Ces programmes devraient préciser autant que possible, mesures à prendre, échéances à respecter, ressources et institutions nécessaires, actions de mise en oeuvre et procédures de suivi. Le Comité accordera la priorité aux programmes ainsi conçus.

4.1.5 Il conviendrait de donner suite aux recommandations du Comité le plus rapidement possible.

Des mesures ont d'ailleurs déjà été engagées sur certains points, qu'il faudra poursuivre. Il est probable que le GIEC restera en fonction après sa quatrième session, c'est-à-dire après avoir remis son premier rapport d'évaluation. Les actions recommandées devront se poursuivre aussi longtemps que le GIEC existera. Par essence, certaines relèvent de diverses organisations internationales (OMM, PNUD, PNUE, CIUS, OMS, etc.).

4.1.6 Il faut bien savoir que vu le caractère planétaire de l'évolution du climat et la nécessité que tous les États participent à l'action engagée si l'on veut atteindre les objectifs fixés, le programme tout entier se maintiendra ou s'écroulera selon que les pays qui en ont besoin recevront ou non l'aide financière nécessaire.

4.2 Recommandations spécifiques

4.2.1 Il est de fait que plusieurs questions justifient de par leur nature même que l'on agisse dès maintenant, ce qui permettra d'aborder plus facilement celles qui se présenteront plus tard. Il est évident qu'aucun pays ne devrait s'en remettre uniquement à l'action internationale engagée pour préserver le climat dans l'espoir qu'elle suffira à régler tous les problèmes en jeu.

4.2.2 Les pays en développement devraient bénéficier en permanence d'une aide financière pour leur permettre de se faire représenter aux sessions du GIEC. Le Comité tient à attirer l'attention du Groupe d'experts sur la nécessité de poursuivre cet effort et, pour les pays donateurs, de maintenir et d'augmenter leurs contributions, au-delà de la quatrième session du GIEC.

4.2.3 Il faudra envisager sérieusement de financer la participation de plus d'un expert par pays en développement aux réunions qui traitent simultanément de plusieurs aspects du problème de l'évolution du climat. De leur côté, les pays en développement devraient :

- établir une liste d'experts nationaux et la remettre aux instances concernées pour pouvoir bénéficier d'une aide financière;
- contribuer à cet effort de financement pour les réunions qui se déroulent dans des pays desservis par leur compagnie aérienne nationale;
- se grouper pour désigner un expert ou un groupe d'experts qui représenterait leurs intérêts communs aux réunions qui s'y prêtent.

4.2.4 Les gouvernements et organisations des pays industrialisés devraient redoubler d'efforts pour organiser des séminaires. Les pays en développement pourraient organiser, sous l'égide d'organisations internationales ou de toute autre façon, des séminaires et des ateliers régionaux afin d'échanger des informations scientifiques et techniques. Il faudrait élaborer à cet effet les programmes nécessaires et

des listes d'experts. Dans le cadre de l'échange d'information qui doit être un processus permanent, le Comité recommande au Groupe d'experts d'adresser le présent résumé à tous les intéressés, y compris à ceux qui doivent participer à la deuxième Conférence mondiale sur le climat. De leur côté, les pays en développement devront, et ce le plus rapidement possible, désigner des coordonnateurs à qui seront adressés rapports, documentation, données et informations sur les séminaires et qui recevront des consignes pour la transmission interne de ce matériel à qui de droit pour suite à donner.

4.2.5 Chaque pays en développement devrait envisager de créer des mécanismes pour assurer la coordination nationale de toutes ses activités relatives au climat. Cela serait utile notamment pour la diffusion de l'information, l'élaboration et la mise en oeuvre de programmes de recherche et de surveillance ou, encore, pour le choix des orientations et la formulation de stratégies. Les pays industrialisés devront envisager d'aider les pays en développement en leur facilitant l'accès à la technologie dont ils ont besoin.

4.2.6 L'acquisition, l'analyse et l'interprétation de données climatologiques et d'informations connexes devraient permettre aux pays en développement de mieux tenir compte de l'évolution du climat dans la formulation de leurs orientations nationales. Ces activités sont également nécessaires pour effectuer, à l'échelon régional, des études d'incidences plus précises. Il faudrait s'efforcer de supprimer la disparité criante qui existe au niveau de l'acquisition et de l'utilisation de ces données entre l'hémisphère Nord et l'hémisphère Sud. Le Comité recommande en outre que les pays en développement commencent dès à présent à recenser leurs besoins particuliers afin de déterminer les incidences financières de ces activités. Il faudrait mobiliser des ressources financières suffisantes afin d'élaborer un programme viable et créer des centres régionaux pour mettre en place des réseaux d'informations sur l'évolution du climat.

4.2.7 Dans bien des pays en développement, le Service météorologique et/ou hydrologique national est le principal, et souvent le seul, à rassembler et à enregistrer des données climatologiques. Si les systèmes météorologiques sur lesquels portent ces données devaient se modifier, comme certains le pensent, du fait de l'évolution du climat, les moyens dont disposent les Services nationaux devront être renforcés pour leur permettre de mieux contribuer à un développement national, durable et viable.

4.2.8 La question de l'évolution du climat doit être prise en compte dans les plans de développement. Ceux-ci devraient privilégier les projets qui ont pour objectif de prévenir les conséquences préjudiciables de l'évolution du climat, de permettre à l'homme de s'y adapter, de sensibiliser les populations au problème et de les éduquer, et, enfin, de mettre au point les moyens voulus. Les études nationales consacrées à l'environnement devraient aussi

prendre en compte les changements climatiques prévus dans la perspective d'un développement durable. Les pays en développement estiment que pour pouvoir atteindre ces objectifs, ils devront obligatoirement - et bon nombre de pays industrialisés partagent cet avis - disposer de ressources financières additionnelles pour faire face aux coûts marginaux afférents à la prévention de l'évolution du climat.

4.2.9 Le Comité recommande en outre qu'il soit tenu dûment compte de ses conclusions dans tous les domaines d'études qui sont du ressort du GIEC. Il faudrait élaborer et mettre en oeuvre des programmes d'action (et définir, si besoin est, les concepts sur lesquels ils reposent) sans plus attendre, pour que les pays en développement puissent participer pleinement aux activités futures entreprises dans le domaine de l'évolution du climat, pour autant que les moyens nécessaires soient mis à leur disposition. Le PNUE et l'OMM devraient prendre l'initiative et conduire les consultations nécessaires. Il faudrait aussi s'assurer le concours d'autres organisations multilatérales ou bilatérales pour l'élaboration et la mise en oeuvre de ces programmes d'action, à savoir :

- i) Activités de recherche et de surveillance
 - Organisation des Nations Unies et institutions spécialisées
 - organisations intergouvernementales régionales, la Communauté européenne, par exemple
 - organisations non gouvernementales comme le Conseil international des unions scientifiques;
- ii) Séminaires et ateliers consacrés à la formation, aux négociations, aux aspects juridiques, etc.
 - Organisation des Nations Unies et institutions spécialisées, organisations intergouvernementales régionales et, aussi, organisations non gouvernementales;
- iii) Enseignement, formation et assistance technique
 - Organisation des Nations Unies et institutions spécialisées;
- iv) Financement
 - organismes multilatéraux de financement, par exemple la Banque mondiale, les banques régionales de développement, le Programme des Nations Unies pour le développement, etc.

4.2.10 Il est aussi recommandé au GIEC d'envisager sérieusement la possibilité que le Comité spécial bénéficie d'une interprétation simultanée dans les langues habituelles des Nations Unies, de même que de services de documentation avant la session, pendant la session et après

la session dans ces mêmes langues, vu la nature complexe du sujet dont il a à traiter et étant donné les difficultés particulières auxquelles les pays en développement sont confrontés.

4.2.11 Le GIEC devrait donner au Comité spécial mandat de suivre et de revoir l'élaboration et la mise en oeuvre des programmes d'action qui seront entrepris dans les domaines susmentionnés ou dans des domaines connexes.

4.2.12 Le Comité souhaiterait que le président fasse le nécessaire, dans la mesure des ressources financières disponibles, pour que l'on établisse un document de synthèse des recommandations et des mesures préconisées par les trois Groupes de travail du GIEC, document qui serait distribué, après avoir été revu par le Comité spécial, aux pays donateurs, aux autres pays, ainsi qu'aux organisations internationales et aux groupes régionaux intéressés.

ANNEXE 1

MANDAT DU COMITÉ SPÉCIAL DU GIEC POUR LA PARTICIPATION DES PAYS EN DÉVELOPPEMENT

1. Le Comité formulera, à l'intention du GIEC et de son Bureau des recommandations quant aux mesures à prendre pour promouvoir la participation des pays en développement à toutes les activités du GIEC.
2. Il devra notamment préciser, si besoin est, les arrangements institutionnels et les calendriers de mise en oeuvre.
3. Il devra mettre au point des plans d'action pour le suivi de ses recommandations.
4. Il devra recenser les ressources requises pour atteindre l'objectif défini à l'alinéa 1) ci-dessus, ainsi que les moyens de les réunir.
5. Il devra revoir périodiquement les progrès accomplis dans l'application de ses recommandations et apporter à celles-ci les modifications qu'il jugera nécessaires.
6. Il devra travailler en étroite collaboration avec les Groupes de travail du GIEC.
7. Le Comité spécial demeurera en fonction jusqu'à ce que le GIEC prononce sa dissolution.

ANNEXE 2

Tableau 1 : Contributions versées en 1989 au fonds d'affectation spéciale du GIEC (OMM/PNUE)

CONTRIBUANT	MONTANT (FS)	MONTANT DU VERSEMENT
Arabie saoudite	16 500,00	\$ 10 000,00
Australie	24 963,05	\$ 15 175,00
Canada	14 519,50	\$C 11 000,00
Chine	16 400,00	\$ 10 000,00
Danemark	7 550,00	\$ 5 000,00
États-Unis d'Amérique.	199 500,00	\$ 120 000,00
Finlande	7 950,00	\$ 5 000,00
France	25 303,00	FF 100 000,00
Japon	75 500,00	\$ 50 000,00
Pays-Bas	40 250,00	\$ 25 000,00
Norvège	25 050,00	\$ 15 000,00
OMM	125 000,00	FS 125 000,00
PNUE	125 000,00	FS 125 000,00
République fédérale d'Allemagne	43 750,00	FS 43 750,00
Royaume-Uni	90 578,85	£ 35 000,00
Suisse	55 000,00	FS 55 000,00
MONTANT TOTAL	892.814,40	

- a) Le budget du GIEC est établi en francs suisses (FS), qui est la monnaie de compte du budget de l'OMM. Le fonds d'affectation spéciale OMM/PNUE du GIEC est géré par le Secrétaire général de l'OMM, conformément aux dispositions du Règlement financier de l'Organisation.
- b) Le montant total des sommes versées exclusivement pour financer les frais de voyage des pays en développement, en 1989, s'établit à 182 000 FS. De nombreux contributeurs ont laissé au Secrétariat toute latitude pour dépenser les sommes versées, tout en exprimant le désir qu'une partie au moins de celles-ci serve à financer les frais de voyage des représentants des pays en développement aux réunions du GIEC.
- c) La moitié des dépenses encourues en 1989 au titre du fonds d'affectation spéciale du GIEC a servi à financer les frais de déplacement des représentants des pays en développement.
- d) Les comptes du fonds spécial du GIEC font apparaître pour 1989 un solde excédentaire qui a été reporté sur l'exercice 1990. Le fonds n'en a pas moins eu à faire face, tout au long de 1989, à un déficit important de trésorerie.
- e) Le Gouvernement norvégien a versé au Secrétariat du GIEC une somme de 700 000 couronnes norvégiennes en vue d'organiser, à l'intention des pays en développement, un séminaire pour un échange d'informations sur les questions relatives à l'évolution du climat. Cette somme ne figure pas dans les comptes du fonds d'affectation spéciale, puisqu'il s'agit d'une contribution versée au titre d'un Mémoire d'entente spécial.

On notera à ce propos que plusieurs pays envisagent d'organiser des séminaires régionaux du même type, à savoir :

- France : Séminaire sur le réchauffement dû à l'effet de serre, qui devrait être organisé fin 1990, début 1991 conjointement avec l'Office de l'énergie et de l'industrie du PNUE;
- Japon : Séminaire sur l'environnement et la consommation de combustibles fossiles dans la région du Pacifique (mi-décembre 1990) Séminaire pour un échange d'informations à l'intention des pays en développement d'Asie (fin janvier 1991)
- Espagne : Organisation d'un séminaire à l'intention des pays en développement hispanophones au cours du troisième trimestre de 1990;
- Australie : Possibilité d'organiser un séminaire conjointement avec la Commission économique et sociale pour l'Asie et le Pacifique (CESAP).

Tableau 2 : Fonds d'affectation spéciale du GIEC : contributions reçues pour 1990

MEMBRE	MONTANT ÉQUIVALENT EN FS
Australie	83 490*(4)
Canada	30 506*(7)
Danemark	153 000*(3)
États-Unis d'Amérique	298 970*(1)
Finlande	15 743
Fondation Rockefeller	68 000
France	48 573*(5)
Italie	83 500
Japon	75.500 payés en 1989
OMM	125 000
Pays-Bas	151 384
PNUE	329 000
Norvège	33 985*(6)
République fédérale d'Allemagne	70 494*(2)
Royaume-Uni	86 224*(10)
Suède	43 075*(8)
Suisse	30 000
URSS	\$85.000(9)
TOTAL	1 726 444

- (1) Sur le montant des contributions versées par les États-Unis d'Amérique, 100 000 dollars ont été affectés au financement des frais de voyage des représentants des pays en développement.
- (2) La contribution de la République fédérale d'Allemagne - 160 000 DM - est destinée à le GIEC (50 %) et à la deuxième Conférence mondiale sur le climat.
- (3) La contribution du Danemark est expressément destinée pour fournir une assistance, notamment au titre des voyages, aux pays en développement à faible revenu, en 1989 et 1990.
- (4) Sur le montant versé par l'Australie, 20 000 dollars australiens ont servi à financer les frais de voyage des représentants des pays du Pacifique Sud à la réunion du sous-groupe créé par le Groupe de travail III pour les questions relatives à l'aménagement du littoral (Perth, 19-23 février 1990).
- (5) La France a versé en outre une somme de 200 000 francs français pour étoffer l'effectif du Secrétariat du GIEC; le Secrétaire général de l'OMM a affecté au Secrétariat du GIEC un fonctionnaire scientifique détaché à temps complet par le Gouvernement français auprès de l'OMM.
- (6) La Norvège a versé en outre une somme de 700 000 couronnes norvégiennes au titre d'un Mémoire d'entente spécial pour organiser, à l'intention des pays en développement, un séminaire d'information sur l'évolution du climat.
- (7) Le montant total de la contribution canadienne s'établit à 100 000 dollars canadiens dont une partie doit servir à financer la traduction en français des rapports des trois Groupes de travail du GIEC.
- (8) Cette somme vient en supplément de la contribution déjà versée par la Suède pour la quatrième session du GIEC.
- (9) La contribution de l'URSS, versée en roubles, était destinée à financer les frais de voyage des représentants des pays en développement aux réunions du Groupe de travail II.
- (10) En outre, le Royaume-Uni versera peut être 100 000 livres sterling pour organiser une série de séminaires à l'intention des décideurs des pays en développement, au titre d'un Mémoire d'entente spécial, comme l'a fait la Norvège (voir note 6).



ORGANISATION
MÉTÉOROLOGIQUE
MONDIALE

GROUPE D'EXPERTS INTERGOUVERNEMENTAL SUR L'ÉVOLUTION DU CLIMAT



PROGRAMME DES
NATIONS UNIES
POUR
L'ENVIRONNEMENT

GIEC

PRÉSIDENT : SUÈDE VICE-PRÉSIDENT : ARABIE SAOUDITE
RAPPORTEUR : NIGÉRIA

BUREAU DU GIEC (16 MEMBRES)

ORGANE CHARGÉ DE LA COORDINATION ENTRE LES SESSIONS DU GIEC

GROUPE DE TRAVAIL I

ÉVALUATION
SCIENTIFIQUE

PRÉSIDENT :
ROYAUME-UNI

VICE-
PRÉSIDENT :

- BRÉSIL
- SENÉGAL

GROUPE DE TRAVAIL II

INCIDENCES

PRÉSIDENT :
FÉDÉRATION
DE RUSSIE

VICE-
PRÉSIDENT :

- AUSTRALIE
- JAPON

GROUPE DE TRAVAIL III

STRATÉGIES
DE PARADE

PRÉSIDENT :
ÉTATS-UNIS
D'AMÉRIQUE

VICE-
PRÉSIDENT :

- CANADA
- CHINE
- MALTE
- PAYS-BAS
- ZIMBABWE

COMITE SPÉCIAL POUR LA PARTICIPATION DES PAYS EN DÉVELOPPEMENT

PRÉSIDENT :
FRANCE

**SECRETARIAT MIXTE OMM/PNUE DU GIEC
(ÉTABLI AU SIÈGE DE L'OMM, GENÈVE)**



GROUPES D'EXPERTS INTERGOUVERNEMENTAL SUR L'ÉVOLUTION DU CLIMAT



PROGRAMME DES
NATIONS UNIES
POUR
L'ENVIRONNEMENT

GIEC

PRÉSIDENT : SUÈDE VICE-PRÉSIDENT : ARABIE SAOUDITE
RAPPORTEUR : NIGÉRIA

BUREAU DU GIEC

(20 MEMBRES)

ORGANE CHARGÉ DE LA COORDINATION ENTRE LES SESSIONS DU GIEC

GROUPES DE TRAVAIL I

ÉVALUATION
SCIENTIFIQUE

PRÉSIDENT :
ROYAUME-UNI

VICE-PRÉSIDENT :

- BRÉSIL
- ALLEMAGNE
- INDE
- SENÉGAL

GROUPES DE TRAVAIL II

INCIDENCES

PRÉSIDENT :
FÉDÉRATION DE
RUSSIE

VICE-PRÉSIDENT :

- ARGENTINE
- AUSTRALIE
- JAPON
- KENYA

GROUPES DE TRAVAIL III

STRATÉGIES
DE PARADE

PRÉSIDENT :
ÉTATS-UNIS
D'AMÉRIQUE

VICE-PRÉSIDENT :

- CANADA
- CHINE
- MALTE
- PAYS-BAS
- PÉROU
- ZIMBABWE

SECRETARIAT MIXTE OMM/PNUE DU GIEC
(ÉTABLI AU SIÈGE DE L'OMM, GENÈVE)

NOTE: Le Comité spécial pour la participation des pays en développement ne s'est pas réuni depuis la remise du premier Rapport d'évaluation du GIEC, en 1990

SIGLES ET SYMBOLES CHIMIQUES

AFOS	Sous-groupe pour l'agriculture et l'exploitation de la forêt
AIE	Agence internationale de l'énergie
CEE	Communauté économique européenne
CIUS	Conseil international des unions scientifiques
COI	Commission océanographique intergouvernementale
CZMS	Sous-groupe pour l'aménagement du littoral
EIS	Sous-groupe pour l'énergie et l'industrie
EJ	Exa-joule (10^{18} joules)
ENMOD	Modification de l'environnement
ENSO	Phénomène El Niño/Oscillation australe
FAO	Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture
FEG	Fonds pour l'environnement global
GEMS	Système mondial de surveillance continue de l'environnement
GEWEX	Expérience mondiale sur les cycles de l'énergie et de l'eau
Gg	Gigagramme (10^9 grammes)
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
Gt	Gigatonne (10^9)
IGAC	Programme international de la chimie de l'atmosphère du globe
IGBP	Programme international géosphère-biosphère
ISCCP	Projet international d'établissement d'une climatologie des nuages à l'aide de données satellitaires
JGOFS	Étude conjointe des flux des océans du globe
MAB	Programme sur l'homme et la biosphère
MCCG	Modèle couplé de circulation générale
MCG	Modèle de circulation générale
Mha	Millions d'hectares
MSU	Sondeur à hyperfréquences
Mt	Mégatonne (10^6)
OCDE	Organisation de coopération et de développement économiques
OIBT	Organisation internationale des bois tropicaux
OMM	Organisation météorologique mondiale
OMS	Organisation mondiale de la santé
ONU	Organisation des Nations Unies
PAFT	Plan d'action pour la forêt tropicale
PAGES	Changements climatiques mondiaux du passé
PIB	Produit intérieur brut
PMRC	Programme mondial de recherche sur le climat
PNB	Produit national brut
PNUD	Programme des Nations Unies pour le développement
PNUE	Programme des Nations Unies pour l'environnement
ppbv	parties par milliard en volume
ppmv	parties par million en volume
pptv	parties par billion en volume
PRG	Potentiel de réchauffement global
RUMS	Sous-groupe pour l'utilisation et la gestion des ressources
SMOC	Système mondial d'observation du climat
SMOO	Système mondial d'observation de l'océan
TBEP	Total des besoins en énergie primaire

tC	Tonne de carbone
Tg	Téragramme (10^{12})
TOGA	Programme d'étude des océans tropicaux et de l'atmosphère du globe
UNESCO	Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture
UNGA	Assemblée générale des Nations Unies
WOCE	Expérience mondiale concernant la circulation océanique
CCl ₄	Tétrachlorure de carbone
CFC	Chlorofluorocarbone
CH ₄	Méthane
C ₂ L ₆	Héxafluoroéthane
CO	Monoxyde de carbone
CO ₂	Dioxyde de carbone
HCFC	Hydrochlorofluorocarbone
HCNM	Hydrocarbure non méthanique
HFC	Hydrofluorocarbone
NO _x	Oxyde d'azote
N ₂ O	Oxyde nitreux
OH	Hydroxyle
O ₃	Ozone
SF ₆	Héxafluorure de soufre
SO _x	Oxyde de soufre