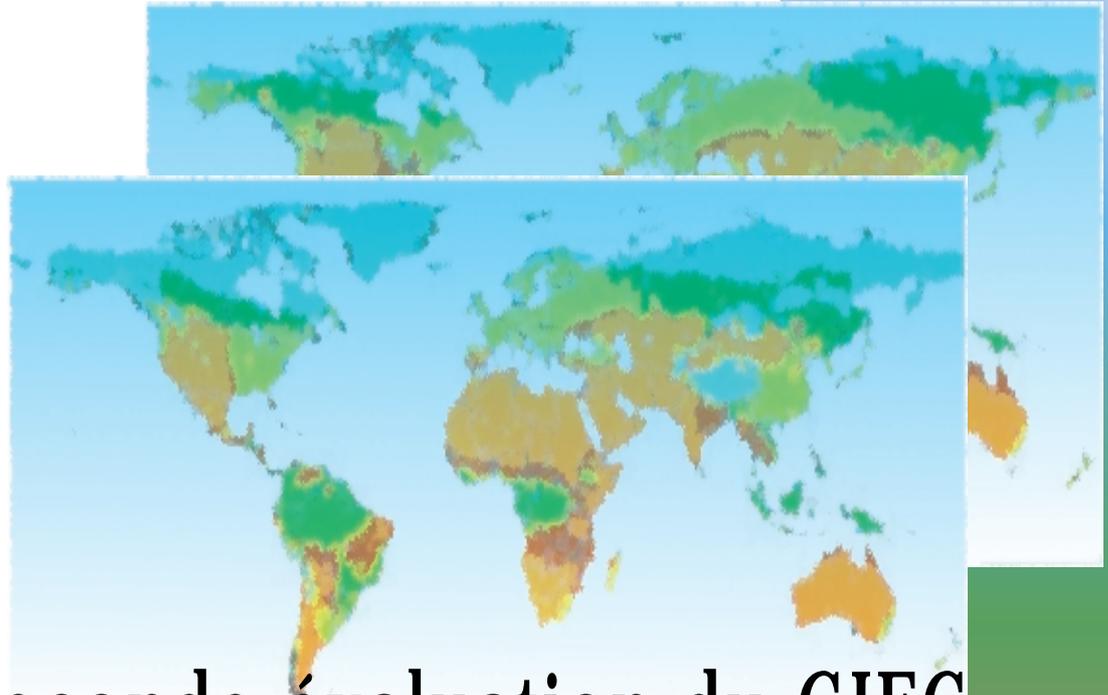




GROUPE D'EXPERTS INTERGOUVERNEMENTAL
SUR L'ÉVOLUTION DU CLIMAT



Seconde évaluation du GIEC Changement de climat 1995

RAPPORT DU GROUPE D'EXPERTS
INTERGOUVERNEMENTAL SUR L'ÉVOLUTION DU CLIMAT



GROUPE D'EXPERTS INTERGOUVERNEMENTAL
SUR L'ÉVOLUTION DU CLIMAT



Deuxième Rapport d'évaluation du GIEC **Changements climatiques 1995**

UN RAPPORT DU
GROUPE D'EXPERTS INTERGOUVERNEMENTAL
SUR L'ÉVOLUTION DU CLIMAT

TABLE DES MATIÈRES

	<i>Page</i>
PRÉFACE	v
AVANT-PROPOS	vii
DOCUMENT DE SYNTHÈSE DES INFORMATIONS SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES RELATIVES À L'INTERPRÉTATION DE L'ARTICLE 2 DE LA CONVENTION-CADRE DES NATIONS UNIES SUR LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES	3
1. L'article 2 de la Convention-cadre	4
2. Les perturbations anthropiques du système climatique	3
3. Sensibilité et adaptation des systèmes à l'évolution du climat	6
4. Approche analytique de la stabilisation de la concentration de gaz à effet de serre	8
5. Techniques et mesures d'atténuation envisageables	11
6. Équité et considérations d'ordre social	14
7. Pour un développement économique durable	15
8. Les perspectives d'avenir	17
RÉSUMÉ À L'INTENTION DES DÉCIDEURS : ASPECTS SCIENTIFIQUE DE L'ÉVOLUTION DU CLIMAT — GROUPE DE TRAVAIL I DU GIEC	19
1. La concentration de gaz à effet de serre continue d'augmenter	21
2. Les aérosols d'origine humaine ont tendance à produire un forçage radiatif négatif	21
3. Le climat a évolué depuis le siècle dernier	22
4. Un faisceau d'éléments suggère qu'il y a une influence perceptible de l'homme sur le climat global	22
5. On s'attend à ce que le climat continue d'évoluer	22
6. Les incertitudes restent nombreuses	24
RÉSUMÉ À L'ATTENTION DES DÉCIDEURS : ANALYSE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DES INCIDENCES DE L'ÉVOLUTION DU CLIMAT, MESURES D'ADAPTATION ET D'ATTÉNUATION — GROUPE DE TRAVAIL II DU GIEC	25
1. Objet de l'évaluation	27
2. Nature du problème	27
3. Vulnérabilité face à l'évolution du climat	28
3.1 Écosystèmes terrestres et aquatiques	29
3.2 Hydrologie et gestion des ressources en eau	32
3.3 Produits alimentaires et fibres	32
3.4 Infrastructure humaine	34
3.5 Santé	35
4. Mesures de réduction des émissions et d'accroissement des puits de gaz à effet de serre	36
4.1 Émissions imputables à l'énergie, aux processus industriels et aux habitats humains	36
4.1.1 Demande d'énergie	36
4.1.2 Réduction des émissions dues aux processus industriels et aux activités humaines	38
4.1.3 Approvisionnement énergétique	38
4.1.4 Intégration des mesures d'atténuation au niveau des infrastructures énergétiques	39
4.2 Agriculture, élevage et exploitation forestière	41
4.3 Questions intersectorielles	41
4.4 Mesures politiques	41
RÉSUMÉ À L'INTENTION DES DÉCIDEURS : ASPECTS SOCIO-ÉCONOMIQUES DE L'ÉVOLUTION DU CLIMAT — GROUPE DE TRAVAIL III DU GIEC	43
1. Introduction	45
2. Portée de l'évaluation	45
3. Cadre décisionnel pour faire face à l'évolution du climat	46
4. Équité et considérations d'ordre social	47
5. Équité entre générations et actualisation	48
6. Applicabilité de l'évaluation des coûts et des bénéfices	49
7. Coûts sociaux du changement climatique résultant des activités humaines : dommages imputables à l'augmentation des gaz à effet de serre	49
8. Évaluation générale des stratégies d'intervention	51

9.	Coût des diverses possibilités d'intervention	52
10.	Modèles d'évaluation intégrée	54
11.	Evaluation économique des instruments de lutte contre les gaz à effet de serre	54
APPENDICE : AUTEURS PRINCIPAUX, AUTEURS ET CONTRIBUTEURS		57
LISTE DES DOCUMENTS PUBLIÉS PAR LE GIEC		64

PRÉFACE

Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), créé conjointement par l'Organisation météorologique mondiale et par le Programme des Nations Unies pour l'environnement, en 1988, a pour fonction : i) d'évaluer les données scientifiques disponibles sur l'évolution du climat, ii) d'évaluer les incidences écologiques et socio-économiques de cette évolution et iii) de formuler des stratégies de parade. Le GIEC a publié son Premier Rapport d'évaluation en août 1990. Ce rapport a servi de base pour la négociation de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques. Le GIEC a également publié le Supplément 1992 de son Rapport d'évaluation, ainsi que le document *Climate Change 1994 - Radiative Forcing of Climate Change and an Evaluation of the IPCC IS92 Emission Scenarios* afin de faire progresser l'application de la Convention-cadre.

En 1992, le GIEC a réorganisé deux de ses groupes de travail, le Groupe de travail II afin qu'il évalue les incidences de l'évolution du climat et les possibilités d'intervention, et le Groupe de travail III afin qu'il évalue les aspects socio-économiques de cette évolution. Le Groupe d'experts s'est engagé à présenter en 1995 son Deuxième Rapport d'évaluation, où il devait non seulement mettre à jour les informations présentées dans le Premier Rapport, mais aussi aborder les questions techniques liées aux aspects socio-économiques de l'évolution du climat. Nous félicitons le GIEC, qui a publié ce Deuxième Rapport dans les délais prévus. Nous sommes convaincus que celui-ci, tout comme les rapports précédents du GIEC, va devenir un ouvrage de référence que vont largement consulter les décideurs, les scientifiques et d'autres experts.

Comme de coutume au sein du GIEC, la production de ce rapport a demandé une bonne dose d'enthousiasme et de coopération de la part de nombreux scientifiques et autres experts du monde entier. Nous rendons grâce ici aux efforts fournis par le GIEC pour s'assurer la participation à ses activités de scientifiques et d'autres experts des pays en voie de développement et de ceux dont l'économie est en transition, notamment pour la rédaction, la relecture et la révision de ses rapports. Les scientifiques et experts des pays développés, en voie de développement et dont l'économie est en transition ont accordé généreusement leur temps, allant souvent bien au-delà de ce qu'exigeait d'eux leur devoir; les gouvernements leur ont offert leur appui dans l'immense effort intellectuel et matériel nécessaire à cette tâche. Le GIEC s'en serait mal sorti faute d'un tel dévouement professionnel. Nous remercions sincèrement l'ensemble de ces scientifiques et de ces experts, ainsi que les gouvernements qui leur ont accordé leur soutien.

Nous exprimons notre gratitude en particulier aux personnes suivantes, qui ont permis à un nouveau rapport du GIEC de voir le jour :

- le professeur Bolin, président du GIEC, pour sa conduite éclairée et l'orientation qu'il a su donner au Groupe d'experts;
- le professeur Yu. A. Izrael (Fédération de Russie) et M. A. Al-Gain (Arabie saoudite), vice-présidents du GIEC;
- M. L.G. Meira Filho (Brésil) et sir John Houghton (Royaume-Uni), coprésidents du Groupe de travail I; MM. Ding Yihui (Chine), H. Grassl, suivi du professeur D. Ehhalt (Allemagne), et M. A.B. Diop (Sénégal), vice-présidents du Groupe de travail;
- MM. R.T. Watson (Etats-Unis d'Amérique) et M.C. Zinyowera (Zimbabwe), coprésidents du Groupe de travail II; MM. O. Canziani (Argentine), M. Petit (France), S.K. Sharma (Inde), H. Tsukamoto (Japon), le professeur P. Vellinga (Pays-Bas), MM. M. Beniston (Suisse), A. Hentati, suivi de M. J. Friaa (Tunisie), et Mme M. Perdomo (Venezuela), vice-présidents du Groupe de travail;
- MM. J.P. Bruce (Canada) et Hoesung Lee (République de Corée), coprésidents du Groupe de travail III; le professeur R. Odingo (Kenya) et M. T. Hanisch, suivi de M. L. Lorentsen (Norvège), vice-présidents du Groupe de travail;
- les représentants régionaux du Bureau du GIEC, MM. A. Adejokun (Nigéria, pour l'Afrique), H. Nasrallah (Koweït, pour l'Asie), F. Fajardo Moros (Cuba, pour l'Amérique du Nord, l'Amérique centrale et les Antilles), N. Sabogal, suivi de M. K. Robertson (Colombie, pour l'Amérique du Sud), MM. J. Zillman (Australie, pour le Sud-Ouest du Pacifique) et Bautista Perez (Espagne, pour l'Europe);
- M. B. Callander, chef du service d'appui technique du Groupe de travail I, et son personnel, Mmes K. Maskell, J.A. Lakeman et F. Mills, ainsi que ses autres collaborateurs, MM. N. Harris (Unité européenne de coordination de la recherche sur l'ozone, Cambridge, Royaume-Uni) et A. Kattenberg (Institut météorologique royal néerlandais);
- M. H. Moss, chef du service d'appui technique du Groupe de travail II, et son personnel, interne ou bénévole, MM. S. Agarwala, D.J. Dokken et S. Greco, ainsi que Mmes D. Hagag, S. MacCracken, F. Ormond, M. Taylor, A. Tenney et L. Van Wie;
- M. E. Haites, chef du service d'appui technique du Groupe de travail III, et son personnel, Mmes L. Lawson et V. Dreja;
- M. N. Sundararaman, secrétaire du GIEC, et le personnel du Secrétariat du GIEC, feu M. S. Tewungwa, Mmes R. Bourgeois, C. Etti et C. Tanikie.

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

Mme E. Dowdeswell
Directeur exécutif
Programme des Nations Unies pour l'environnement

AVANT-PROPOS

Le GIEC a achevé son Deuxième Rapport d'évaluation en décembre 1995. Ce rapport comprend quatre volets :

- le Deuxième Document de synthèse du GIEC, qui présente des informations scientifiques et techniques relatives à l'interprétation de l'article 2 de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques;
- le Rapport du Groupe de travail I du GIEC – Aspects scientifiques de l'évolution du climat, accompagné d'un Résumé à l'intention des décideurs;
- le Rapport du Groupe de travail II du GIEC – Analyse scientifique et technique des incidences de l'évolution du climat ainsi que des mesures d'adaptation et d'atténuation, accompagné d'un Résumé à l'intention des décideurs;
- le Rapport du Groupe de travail III du GIEC – Aspects socio-économiques de l'évolution du climat, également accompagné d'un Résumé à l'intention des décideurs.

Le Deuxième Document de synthèse et les résumés à l'intention des décideurs des trois groupes de travail constituent le Rapport du GIEC (1995). Ces documents, publiés dans le présent volume, sont disponibles dans les six langues de l'ONU : anglais, arabe, chinois, espagnol, français et russe. Le rapport de chaque groupe de travail et le résumé à l'intention des décideurs correspondant, disponibles uniquement en anglais, sont publiés dans le commerce.

En raison des informations erronées et des malentendus qui se sont fait jour à ce sujet, nous tenons à informer le lecteur de la façon dont le GIEC procède à ses évaluations.

1. A l'origine, le GIEC décide du contenu, divisé en chapitres, du rapport de chacun de ses groupes de travail. Une équipe de rédaction composée de trois à six experts (rarement plus) est réunie et chargée de rédiger la version préliminaire de chaque chapitre ainsi que d'y apporter ultérieurement les corrections nécessaires. Il est demandé à des organisations gouvernementales, intergouvernementales et non gouvernementales de désigner des personnes ayant la compétence voulue dont on proposera l'intégration aux équipes de rédaction. Il leur est également demandé de fournir la liste des publications et d'autres renseignements pertinents concernant les candidats. On dresse une liste de ces personnes, à partir de laquelle le Bureau du groupe de travail concerné (constitué des coprésidents et des vice-présidents du groupe de travail) choisit l'équipe de rédaction. Le GIEC demande à ce qu'un membre au moins de chacune de ces équipes représente un pays en voie de développement.

2. Chaque rapport doit être accompagné d'un résumé à l'intention des décideurs. Ce résumé, qui présente les toutes dernières informations concernant le sujet abordé, doit être rédigé de façon compréhensible pour des non-spécialistes. Les rapports et les résumés à l'intention des décideurs doivent présenter des vues divergentes mais fondées sur le plan scientifique ou technique si celles-ci ne peuvent être conciliées en cours d'évaluation.

3. Les équipes de rédaction rédigent les chapitres et les textes à inclure dans les résumés à l'intention des décideurs. Les versions préliminaires sont fondées sur des documents publiés dans des revues analysées par des homologues et sur les rapports d'organisations professionnelles telles que le Conseil international des unions scientifiques, l'Organisation météorologique mondiale, le Pro-

gramme des Nations Unies pour l'environnement, l'Organisation mondiale de la santé et l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. Le GIEC organise parfois des ateliers pour recueillir des renseignements qui ne seraient pas disponibles autrement, en particulier pour encourager la collecte de données sur et dans les pays en voie de développement.

4. La version préliminaire de chaque chapitre est soumise à l'analyse d'équipes d'experts du monde entier. Ces experts sont choisis eux aussi parmi des personnes désignées par des gouvernements et des organisations. Le délai prévu pour l'analyse est de six semaines. La version préliminaire, révisée à la lumière des observations formulées, est soumise à l'étude technique des gouvernements et des organisations. Le délai prévu pour cette étude est également de six semaines. Dans certains cas où le temps disponible ne permettrait pas de procéder successivement à l'analyse et à l'étude prévues, celles-ci sont menées simultanément.

5. La version préliminaire est révisée une deuxième fois à la lumière des observations formulées par les gouvernements et les organisations. Elle est ensuite présentée aux gouvernements et aux organisations un mois avant la session du groupe de travail qui va l'examiner. Le groupe de travail approuve ligne par ligne le résumé à l'intention des décideurs et ratifie les chapitres correspondants. Le résumé et ces chapitres constituent le rapport du groupe de travail. Il n'est pas pratique, pour un groupe de travail, d'approuver ce rapport, qui fait souvent deux cents pages ou davantage. La ratification consiste ici à assurer l'homogénéité du résumé à l'intention des décideurs et des chapitres correspondants.

6. L'approbation du résumé à l'intention des décideurs par le groupe de travail se fait en présence de membres sélectionnés des équipes de rédaction, qui représentent les pays développés et en voie de développement; le texte du résumé est révisé avec leur concours. Ainsi, en réalité, les rapports des groupes de travail sont rédigés et révisés par des experts puis analysés par d'autres experts.

7. Le rapport d'un groupe de travail (accompagné du résumé à l'intention des décideurs) est présenté aux gouvernements et aux organisations un mois avant la session du GIEC au cours de laquelle la ratification va en être proposée.

8. On notera que le GIEC est un organe strictement intergouvernemental à vocation scientifique et technique. Tous les Etats Membres de l'Organisation des Nations Unies et de l'Organisation météorologique mondiale font partie du GIEC et de ses groupes de travail. Ce sont donc les gouvernements qui approuvent les résumés à l'intention des décideurs et qui ratifient les chapitres correspondants, écrits et révisés par des experts, comme nous l'avons indiqué précédemment.

Le Deuxième Document de synthèse du GIEC a été rédigé par une équipe de rédaction conduite par le président du GIEC. Ce document a été soumis simultanément à l'analyse d'experts et de gouvernements, puis approuvé par le GIEC lors de sa onzième session (Rome, 11-15 décembre 1995).

Nous insistons sur le fait que les rapports du GIEC et de ses groupes de travail sont fondés sur les données concrètes relevées dans les documents spécialisés existants et soigneusement analysées par des experts et des gouvernements. Plus de deux mille experts de par le

monde participent à leur rédaction et à leur analyse. Des gouvernements représentant l'ensemble de la planète approuvent et ratifient ces documents du point de vue scientifique et technique. Le texte définitif est rédigé par des experts sélectionnés dans le monde entier et agréés par des gouvernements siégeant en session plénière.

Notons à cette occasion la perte douloureuse d'un membre éminent du Secrétariat du GIEC. M. Samuel Tewungwa, qui nous a quittés en janvier 1996, avait été détaché auprès du Secrétariat par le Programme des Nations Unies pour l'environnement. Nous gardons présents à l'esprit sa bonne humeur, son humour et sa conscience professionnelle.

N. Sundararaman
Secrétaire du GIEC

B. Bolin
Président du GIEC

**DOCUMENT DE SYNTHÈSE DES INFORMATIONS SCIENTIFIQUES
ET TECHNIQUES RELATIVES À L'INTERPRÉTATION DE L'ARTICLE 2
DE LA CONVENTION-CADRE DES NATIONS UNIES SUR LES
CHANGEMENTS CLIMATIQUES**

1.1 A la suite d'une résolution du Conseil exécutif de l'Organisation météorologique mondiale (juillet 1992), le Groupe intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) a décidé d'inclure dans son programme de travail l'étude de divers aspects de l'article 2 de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques. En octobre 1994, à l'invitation du gouvernement brésilien, le GIEC a organisé un atelier à ce sujet à Fortaleza, au Brésil. Par la suite, le président du GIEC a réuni sous sa présidence une équipe d'auteurs principaux (dont on trouvera la liste dans l'Appendice) chargée de rédiger le Document de synthèse. L'équipe a rédigé une version préliminaire de ce document, qui a été soumise à l'appréciation des experts et des gouvernements. La version définitive a été approuvée mot à mot par le GIEC lors de sa onzième session (Rome, 11-15 décembre 1995), à laquelle ont assisté des représentants de 116 gouvernements, de 13 organisations intergouvernementales et de 25 organisations non gouvernementales. On notera à titre indicatif que tous les Etats Membres de l'Organisation météorologique mondiale et de l'Organisation des Nations Unies font partie du GIEC et peuvent participer à ses réunions ainsi qu'à celles de ses groupes de travail. Le Document de synthèse, fondé sur le Deuxième Rapport d'évaluation du GIEC, présente des informations sur les questions scientifiques et techniques liées à l'interprétation de l'article 2 de la CCNUCC. Le Document de synthèse ne constituant pas un simple résumé du Deuxième Rapport d'évaluation du GIEC, il convient de consulter également les résumés à l'intention des décideurs rédigés par les trois groupes de travail du GIEC pour obtenir un aperçu complet de ce rapport.

1.2 Depuis quelques dizaines d'années, deux facteurs importants concernant les rapports entre l'homme et le climat de la Terre ont émergé. D'abord, les activités humaines – et notamment l'emploi de combustibles fossiles, la modification de l'occupation des sols et l'agriculture – entraînent une augmentation de la concentration atmosphérique de gaz à effet de serre (qui ont tendance à réchauffer l'atmosphère) et, dans certaines régions, d'aérosols (particules microscopiques en suspension dans l'air ayant tendance à refroidir l'atmosphère). On prévoit que les variations de la concentration de gaz à effet de serre et d'aérosols, dans leur ensemble, vont conduire, à l'échelle régionale et globale, à une évolution de paramètres climatiques ou liés au climat tels que la température, les précipitations, l'humidité du sol et le niveau de la mer. Ensuite, la vulnérabilité¹ de certaines collectivités humaines face à des dangers tels que tempêtes, inondations et sécheresses s'est accrue en raison de l'augmentation de la densité de peuplement de certaines régions à risque comme les aires de drainage des cours d'eau et les plaines côtières. Des modifications potentiellement graves ont été identifiées, y compris, dans diverses régions, une multiplication des phénomènes extrêmes liés à des températures élevées, des inondations et des sécheresses, entraînant des incendies, une augmentation de parasites et certaines conséquences pour la composition, la structure et le fonctionnement des écosystèmes, notamment leur productivité primaire.

1.3 Le GIEC a procédé à des évaluations scientifiques et techniques des changements climatiques et de leurs incidences. Son Premier Rapport d'évaluation, publié en 1990, a servi de base scientifique et technique à la Convention-cadre des Nations Unies sur les

changements climatiques (CCNUCC), dont la procédure de ratification a été ouverte lors du Sommet de la Terre à Rio en 1992.

1.4 L'objectif ultime de la Convention-cadre sur les changements climatiques, stipulé dans l'article 2 de la CCNUCC, est de

“stabiliser [...] les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère à un niveau qui empêche toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique. Il conviendra d'atteindre ce niveau dans un délai convenable pour que les écosystèmes puissent s'adapter naturellement aux changements climatiques, que la production alimentaire ne soit pas menacée et que le développement économique puisse se poursuivre d'une manière durable.”

1.5 L'article 2 confronte le décideur avec les problèmes de déterminer quelles concentrations de gaz à effet de serre seraient à considérer comme source de “perturbation anthropique dangereuse du système climatique” et de planifier un avenir permettant un développement économique durable. Le présent Document de synthèse, fondé sur les rapports présentés en 1994 et 1995 par les groupes de travail du GIEC, a pour objet d'offrir des informations d'ordre scientifique, technique et socio-économique susceptibles de contribuer à la résolution de ce problème.

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

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

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

¹ La vulnérabilité d'un système définit la mesure dans laquelle l'évolution du climat risque d'endommager ce système ou de lui nuire. Elle dépend non seulement de la sensibilité du système, mais aussi de sa capacité d'adaptation à de nouvelles conditions climatiques.

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

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

1.10 Les décisions découlant de l'article 2 de la CCNUCC impliquent trois choix distincts mais liés : le niveau de stabilisation, l'évolution des émissions nettes et les techniques et mesures d'atténuation. Le présent document présente les informations scientifiques et techniques disponibles concernant ces trois choix. Il précise également les incertitudes restantes quant à ces informations.

L'article 3 de la CCNUCC expose un ensemble de principes devant guider entre autres choses les mesures à prendre pour atteindre l'objectif ultime de la Convention, stipulé dans l'article 2. L'article 3.3² porte notamment sur les mesures à adopter en cas d'absence de certitude scientifique absolue, indiquant qu'il incombe aux Parties :

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

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

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

LES PERTURBATIONS ANTHROPIQUES DU SYSTÈME CLIMATIQUE

2

Les perturbations à ce jour

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

2.2 La concentration atmosphérique de gaz à effet de serre, parmi lesquels le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄) et l'oxyde nitreux (N₂O) a fortement augmenté depuis l'époque préindustrielle (c'est-à-dire depuis 1750 environ) : le CO₂ est passé de 280 à près de 360 ppmv³, le CH₄ de 700 à 1720 ppbv et le N₂O de 275 à 310 ppbv environ. Cette évolution est largement attribuable aux activités humaines : emploi de combustibles fossiles, modification de l'occupation des sols et agriculture pour l'essentiel. La concentration d'autres gaz à effet de serre anthropiques a également augmenté. Globalement, l'augmentation de la concentration de gaz à effet de serre entraîne le réchauffement de l'atmosphère et de la surface de la Terre. De nombreux gaz à effet de serre restent dans l'atmosphère et influent sur le climat pendant une longue période.

2.3 Les aérosols troposphériques provenant de la combustion de combustibles fossiles et de la biomasse ainsi que d'autres sources ont entraîné un forçage négatif direct, ainsi, probablement, qu'un forçage négatif indirect d'une valeur comparable. Le forçage négatif est concentré dans certaines régions et certaines zones subcontinentales, mais il peut avoir des incidences à des échelles continen-

tales à hémisphériques. sur les caractéristiques du climat. A l'échelle locale, le forçage négatif imputable aux aérosols est parfois supérieur au forçage positif dû aux gaz à effet de serre. Contrairement aux gaz à effet de serre à longue durée de vie, les aérosols d'origine humaine ont une durée de vie très courte dans l'atmosphère. C'est pourquoi le forçage radiatif qui leur est imputable suit rapidement l'augmentation ou la diminution des émissions.

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

² Le Koweït se déclare en désaccord avec le fait de citer uniquement le paragraphe 3.3 de l'article 3 et non l'article dans son intégralité.

³ ppmv = parties par million en volume; ppbv = parties par milliard en volume. Les chiffres cités sont valables pour 1992.

2.5 Les données dont on dispose sont insuffisantes pour déterminer si des changements significatifs de la variabilité du climat ou des conditions météorologiques extrêmes se sont produits à l'échelle planétaire au cours du xx^e siècle. A l'échelle régionale, il existe des signes clairs d'évolution de certaines conditions extrêmes et de certains indicateurs de la variabilité du climat. Certains de ces changements semblent indiquer une augmentation de la variabilité du climat, d'autres une diminution. Cependant, il n'a pas été possible d'établir jusqu'à présent un rapport indubitable entre ces changements et les activités humaines.

Conséquences éventuelles des perturbations futures

2.6 En l'absence de politiques d'atténuation ou de progrès techniques sensibles permettant de réduire les émissions et/ou d'accroître les puits, on s'attend à une croissance de la concentration de gaz à effet de serre et d'aérosols tout au long du siècle prochain. Le GIEC a élaboré une série de scénarios, les scénarios IS92 a à f, concernant la progression à venir des émissions de gaz à effet de serre et de polluants précurseurs d'aérosols. Ces scénarios reposent sur certaines hypothèses ayant trait à la croissance démographique et économique, à l'occupation des sols, aux progrès techniques, à l'approvisionnement énergétique et à divers combinaisons de sources d'énergie entre 1990 et 2100⁴. Dans ces scénarios, les émissions de dioxyde de carbone, en 2100, devraient se situer entre 6 GtC⁵ par an environ, ce qui correspond à peu près au niveau d'émission actuel, et 36 GtC par an, la valeur la plus basse du GIEC correspondant à l'hypothèse d'une faible croissance démographique et économique d'ici 2100. Les émissions de méthane devraient se situer entre 540 et 1170 Tg⁶ de CH₄ par an (alors qu'elles s'établissaient à environ 500 Tg de CH₄ en 1990), alors que les émissions d'oxyde nitreux devraient se situer entre 14 et 19 Tg de N par an (contre 13 Tg de N en 1990). Dans tous les cas de figure, la concentration de gaz à effet de serre dans l'atmosphère et le forçage radiatif total continueraient de s'accroître pendant l'intégralité de la période étudiée, de 1990 à 2100.

2.7 Si, dans l'hypothèse du scénario moyen du GIEC (IS92a), l'on introduit dans les modèles la "valeur la plus probable" de la sensibilité du climat⁷ et qu'on tient compte de l'incidence de l'augmentation prévue de la concentration d'aérosols, les modèles aboutissent à une augmentation de la température moyenne globale à la surface d'environ 2 °C entre 1990 et 2100. Cette valeur est d'un tiers inférieure environ à la "valeur la plus probable" déterminée en 1990. Une telle différence est due essentiellement au plus faible niveau d'émissions prévu par le scénario (en particulier pour le CO₂ et les CFC), à la prise en compte de l'effet de refroidissement des aérosols sulfatés et à l'amélioration du traitement du cycle du carbone. Si on combine le scénario du GIEC correspondant aux émissions les plus basses (IS92c), avec une "faible" valeur de la sensibilité du climat et qu'on tient compte de l'incidence de la progression prévue de la concentration d'aérosols, on aboutit à une augmentation de température d'environ 1 °C en 2100. Si on combine le scénario correspondant aux émissions du GIEC les plus élevées (IS92e) avec une valeur "élevée" de la sensibilité du climat, on aboutit à un réchauffement de 3,5 °C environ. Dans tous les cas de figure, le réchauffement se produirait à un taux moyen probablement plus élevé que ce qu'on a connu depuis 10 000 ans, mais l'évolution réelle à échéance de un à dix ans comprendrait une part considérable de variabilité naturelle. Les variations régionales des températures pourraient être sensiblement différentes de leur valeur en moyenne globale. En raison de l'inertie thermique des océans, la température de l'air, en 2100, n'aurait progressé que de 50 à 90 % vers son point d'équilibre; elle continuerait d'augmenter au-delà de cette date, même si la concentration de gaz à effet de serre s'était alors stabilisée.

2.8 On prévoit une élévation du niveau moyen de la mer suite au réchauffement des océans et à la fonte des glaciers et des calottes glaciaires. Si, dans l'hypothèse du scénario moyen du GIEC (IS92a), l'on introduit dans les modèles la "valeur la plus probable" de la sensibilité du climat et qu'on tient compte de l'incidence de l'augmentation prévue de la concentration d'aérosols, les modèles aboutissent à une élévation du niveau de la mer d'environ 50 cm entre aujourd'hui et 2100. Cette valeur est inférieure de 25 % environ à la "valeur la plus probable" déterminée en 1990, en raison d'une élévation de température moindre selon les nouvelles projections, mais aussi en raison de l'amélioration des modèles du climat et de la fonte des glaces. Si on combine le scénario du GIEC correspondant aux émissions les plus basses (IS92c), avec une "faible" valeur de la sensibilité du climat et qu'on tient compte de l'incidence des aérosols, on aboutit à une élévation du niveau de la mer de 15 cm environ entre aujourd'hui et 2100. Si on combine le scénario correspondant aux émissions du GIEC les plus élevées (IS92e) avec une valeur "élevée" de la sensibilité du climat, on aboutit à une élévation du niveau de la mer de 95 cm environ entre aujourd'hui et 2100. Le niveau de la mer continuerait de s'élever à une allure semblable au-delà de cette date, même si la concentration de gaz à effet de serre s'était alors stabilisée. Il continuerait de s'élever après que la température moyenne globale se soit stabilisée. A l'échelle régionale, les variations du niveau de la mer pourraient être différentes de leurs variations en moyenne globale à cause de mouvements de terrain et de modifications des courants océaniques.

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

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

2.11 L'augmentation des températures va entraîner le renforcement du cycle hydrologique, d'où un risque d'aggravation des sécheresses et/ou des inondations à certains endroits et une possibilité de diminution de l'ampleur de ces phénomènes à d'autres endroits. Plusieurs modèles prévoient une augmentation de l'intensité des précipitations, ce qui pourrait conduire à des épisodes pluvieux plus extrêmes. Nos connaissances actuelles sont insuffisantes pour qu'on puisse dire si le nombre ou la répartition géographique de fortes tempêtes telles que les cyclones tropicaux va varier.

4 Voir le tableau 1 dans le Résumé à l'intention des décideurs publié par le Groupe de travail II du GIEC.

5 On obtient la masse de dioxyde de carbone en multipliant le nombre de GtC (gigatonnes ou milliards de tonnes de carbone) par 3,67.

6 Un téragramme (Tg) est égal à 1012 grammes.

7 Dans les rapports du GIEC, la sensibilité du climat désigne généralement la variation à long terme (du point d'équilibre) de la température moyenne globale à la surface, à la suite d'un doublement de la concentration équivalente de CO₂ dans l'atmosphère. De façon plus générale, elle désigne la variation du point d'équilibre de la température de l'air à la surface à la suite de la variation d'une unité du forçage radiatif (°C/Wm⁻²).

2.12 Actuellement, de nombreuses incertitudes et de nombreux facteurs limitent notre capacité à prévoir et à détecter les changements climatiques à venir. Des variations inattendues, rapides et de grande ampleur du système climatique (comme il s'en est produit par le passé) sont difficiles à prévoir de par leur nature même. La future évolution du climat risque donc de nous réserver des "surprises", dues notamment au caractère non linéaire du système cli-

matique. En cas de forçage rapide, les systèmes non linéaires sont particulièrement susceptibles de comportements imprévisibles. Il est possible de réaliser des progrès en étudiant les processus et les sous-éléments non linéaires du système climatique. Citons, parmi les exemples de phénomènes non linéaires, les bouleversements rapides de la circulation dans l'Atlantique Nord et les rétroactions liées aux changements dans les écosystèmes terrestres.

SENSIBILITÉ ET ADAPTATION DES SYSTÈMES À L'ÉVOLUTION DU CLIMAT

3

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

3.2 La santé humaine, les écosystèmes terrestres et aquatiques et les systèmes socio-économiques (agriculture, exploitation forestière, pêche et ressources en eau, par exemple), éléments indispensables au développement et au bien-être de l'humanité, sont sensibles, à la fois, à l'ampleur et au rythme des variations climatiques. Si de nombreuses régions sont susceptibles de souffrir des effets négatifs de l'évolution du climat, dont certains risquent d'être irréversibles, quelques-uns des effets du changement climatique seront vraisemblablement bénéfiques. C'est pourquoi les divers secteurs de la société doivent s'attendre à être confrontés à des bouleversements multiples et à la nécessité de s'y adapter.

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

3.4 Bien que nos connaissances se soient sensiblement améliorées depuis une dizaine d'années et qu'il soit désormais possible de procéder à des évaluations qualitatives, toute évaluation quantitative des incidences de l'évolution du climat sur un système donné et à un endroit donné est difficile à établir du fait de l'incertitude des prévisions climatiques à l'échelle régionale, d'une connaissance actuellement limitée de nombreux processus essentiels, de la sensibilité des systèmes à de multiples contraintes climatiques et non climatiques dont les interactions ne sont pas toujours linéaires ou additives, et du fait que très peu d'études ont porté sur les réactions dynamiques des systèmes à une augmentation progressive de la concentration de gaz à effet de serre ou sur les conséquences d'une augmentation des concentrations allant au-delà d'un doublement des concentrations équivalentes de CO₂⁸.

3.5 Pendant plusieurs dizaines d'années, il sera très difficile de déterminer avec certitude dans quelle mesure les changements dans la plupart des écosystèmes et des systèmes socio-économiques sont imputables à l'évolution du climat, en raison de la complexité de

ces systèmes, de leurs nombreuses rétroactions non linéaires et de leur sensibilité à une multitude de facteurs climatiques et non climatiques qui, vraisemblablement, vont continuer à évoluer simultanément. Il est d'autant plus probable que l'avenir nous réservera des surprises et des changements rapides inattendus que l'évolution envisagée du climat dépasse les limites de nos connaissances empiriques (qui se limitent aux incidences connues des variations des climats du passé).

Sensibilité des systèmes

Ecosystèmes terrestres et aquatiques

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

3.7 **Forêts.** Selon les modèles, en raison de l'évolution possible des températures et de la quantité d'eau disponible que pourrait entraîner un doublement de la concentration équivalente de CO₂, une proportion importante des zones actuellement boisées (un tiers en moyenne mondiale – d'un septième aux deux tiers selon les régions) subirait une vaste mutation des grands types de végétation, maximale aux latitudes élevées et minimale aux latitudes tropicales. On s'attend à ce que le climat évolue à une allure rapide par rapport au rythme de croissance, de reproduction et de régénération des essences forestières. Ainsi, les espèces composant les forêts changeront probablement; certains types de forêts pourront entièrement disparaître, tandis que de nouvelles espèces s'assembleront pour donner lieu à de nouveaux écosystèmes. De grandes quantités de carbone pourraient être rejetées dans l'atmosphère lors de la transi-

⁸ La notion de concentration équivalente de CO₂ est expliquée au paragraphe 4.17.

tion entre deux types de peuplement forestier, car en période de mortalité forestière élevée, le taux de déperdition du carbone est supérieur à son taux de fixation lors de la phase de croissance vers la maturité

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

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

3.10 Écosystèmes aquatiques et côtiers. En ce qui concerne les lacs et les cours d'eau, le réchauffement climatique aurait les répercussions biologiques les plus marquées aux latitudes élevées, où la productivité biologique augmenterait, ainsi qu'à la limite de basse latitude entre les zones de répartition des espèces d'eau froide et d'eau fraîche, où le nombre d'extinctions serait maximal. La répartition géographique des zones humides risque de se modifier en raison de l'évolution des températures et des précipitations. On prévoit des réactions très diverses des écosystèmes côtiers, dont l'importance économique et écologique est considérable, face à la modification du climat et du niveau de la mer. Certains écosystèmes côtiers sont particulièrement menacés, notamment les marais d'eau salée, les mangroves, les marécages côtiers, les plages de sable, les récifs de corail, les atolls coralliens et les deltas fluviaux. L'altération de ces écosystèmes aurait de graves conséquences pour le tourisme, l'alimentation en eau douce, la pêche et la biodiversité.

Hydrologie et gestion des ressources en eau

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

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

certaines deltas et sur certaines petites îles, ce qui rend les pays concernés particulièrement vulnérables en cas de nouvelles réductions de la quantité d'eau disponible *in situ*.

Agriculture et exploitation forestière

3.13 Les variations de la production et de la productivité agricoles imputables à l'évolution du climat vont être extrêmement variables selon les régions et les endroits, ce qui transformera les modes de production. Il est prévu que la productivité augmente dans certaines régions et diminue dans d'autres, surtout aux latitudes tropicales et subtropicales. Les études effectuées jusqu'à présent à partir de modèles supposant un doublement de la concentration équivalente de CO₂ indiquent que dans l'ensemble, la production agricole mondiale pourrait se maintenir par rapport au niveau actuel. Cette conclusion tient compte du rôle fertilisant du CO₂ mais non des incidences des parasites et des conséquences possibles d'une modification de la variabilité climatique. Cependant, l'examen de la production agricole mondiale ne rend pas compte des conséquences graves que peuvent avoir des différences sensibles à l'échelle locale et régionale, même dans les moyennes latitudes. Les risques de disette alimentaire et de famine pourraient s'accroître à certains endroits. C'est parmi les populations les plus pauvres du monde (notamment celles des régions tropicales et subtropicales qui, dans les zones arides et semi-arides, dépendent de systèmes d'exploitation agricole isolés) que le problème de la faim est susceptible de s'intensifier le plus. Au cours du XXI^e siècle, l'approvisionnement mondial en bois risque de correspondre de moins en moins à la demande envisagée en raison de facteurs tant climatiques que non climatiques.

Infrastructure humaine

3.14 De toute évidence, l'évolution du climat va accroître la vulnérabilité de certaines populations côtières face aux inondations et au recul des terres par érosion. On estime actuellement à 46 millions par an le nombre de personnes menacées d'inondations dues à des tempêtes. Faute de mesures d'adaptation et si l'on ne tient pas compte de la croissance démographique prévue, une élévation de 50 cm du niveau de la mer porterait ce nombre à environ 92 millions, tandis qu'une élévation d'un mètre le porterait à 118 millions. Diverses études prévoyant une élévation d'un mètre indiquent que les petites îles et les deltas sont particulièrement exposés. Une telle élévation correspond à la limite supérieure des estimations établies par le Groupe de travail I du GIEC pour 2100. Il est à noter cependant que, selon les modèles, le niveau de la mer devrait continuer à monter au-delà du XXI^e siècle. Compte tenu de l'état actuel des dispositifs de protection, le recul des terres prévu est par exemple de 0,05 % pour l'Uruguay, de 1,0 % pour l'Égypte, de 6,0 % pour les Pays-Bas, de 17,5 % pour le Bangladesh et d'environ 80 % pour l'île Majuro, dans l'archipel Marshall. Certains petits États insulaires et d'autres pays seront plus vulnérables en raison de la relative faiblesse des dispositifs actuels de protection maritime et côtière. Les pays ayant une plus forte densité de population seront aussi plus vulnérables. Les tempêtes et les inondations menaceraient ainsi des civilisations entières. L'élévation du niveau de la mer pourrait y obliger des populations entières à des migrations internes ou internationales.

Santé humaine

3.15 L'évolution du climat risque d'avoir des conséquences nombreuses et essentiellement préjudiciables pour la santé et d'accroître sensiblement la mortalité. Les conséquences directes de cette évolution seraient l'accroissement de la mortalité et des affections (en majorité cardiorespiratoires) imputables à l'augmentation prévue de l'intensité et de la durée des vagues de chaleur. Le réchauffement des régions froides pourrait se traduire par une diminution du taux de mortalité dû au froid. Les conséquences indirectes de l'évolution

du climat, qui devraient être prédominantes, seraient le risque de recrudescence de maladies infectieuses à transmission par vecteur (telles que le paludisme, la fièvre dengue, la fièvre jaune et certaines encéphalites d'origine virale) imputable à l'extension de l'aire de répartition et à l'allongement de la période de reproduction des vecteurs. Selon des projections obtenues à partir de modèles (nécessitant l'emploi d'hypothèses simplificatrices), si l'on suppose un réchauffement planétaire de 3 à 5 °C d'ici 2100 – contre 1 à 3,5 °C selon la projection du GIEC –, on pourrait observer une recrudescence du paludisme (de l'ordre de 50 à 80 millions de cas supplémentaires par an par rapport à un total mondial évalué à 500 millions de cas), surtout dans les régions tropicales et subtropicales et parmi les populations les moins bien protégées de la zone tempérée. Les maladies infectieuses à transmission non vectorielle telles que la salmonellose, le choléra et la giardiase pourraient également s'étendre en raison de l'élévation des températures et de la multiplication des inondations. La raréfaction de l'eau douce et des denrées alimentaires nutritives et l'aggravation de la pollution de l'air vont également se répercuter sur la santé.

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

Techniques et mesures d'adaptation envisageables

3.17 De façon générale, les progrès techniques ont élargi les possibilités d'adaptation des systèmes gérés par l'homme. En ce qui concerne les ressources en eau douce, les mesures d'adaptation envisageables comprennent une gestion plus efficace des ressources et de

l'infrastructure actuelles, des dispositions institutionnelles visant à limiter la demande future et à promouvoir la conservation de ces ressources, l'amélioration des mécanismes de prévision et de suivi des inondations et des sécheresses, la remise en état des bassins versants, surtout dans les régions tropicales, et la construction de nouvelles retenues. En matière d'agriculture, ces mesures d'adaptation consistant par exemple à modifier les cultures ou les variétés cultivées, à améliorer les techniques de gestion des eaux et d'irrigation et à modifier le calendrier des plantations et les techniques agricoles, joueront un rôle important pour limiter les effets négatifs de l'évolution du climat et pour bénéficier de ses effets positifs. Une gestion efficace des zones côtières et une réglementation de l'aménagement du territoire pourraient contribuer à éloigner les populations de secteurs vulnérables tels que zones d'inondation, collines escarpées ou zones côtières de basse altitude. Les mesures d'adaptation permettant de réduire les incidences de l'évolution du climat sur la santé sont les dispositifs de protection (logement, climatisation, épuration des eaux et vaccinations), la préparation à des catastrophes et les soins de santé appropriés.

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

APPROCHE ANALYTIQUE DE LA STABILISATION DE LA CONCENTRATION DE GAZ À EFFET DE SERRE

4

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

4.2 Les émissions de dioxyde de carbone, de méthane et d'oxyde nitreux sont d'origine soit naturelle, soit anthropique. Depuis l'époque préindustrielle (c'est-à-dire depuis 1750 environ), les émissions anthropiques de ces gaz ont contribué à 80 % environ du forçage climatique supplémentaire dû aux gaz à effet de serre. Les émissions de CO₂, environ quatre fois plus élevées que celles de CH₄, contribuent à 60 % de ce forçage.

4.3 Les autres gaz à effet de serre comprennent l'ozone troposphérique (dont les précurseurs chimiques sont les oxydes d'azote, les hydrocarbures non méthaniques et le monoxyde de carbone), les hydrocarbures halogénés⁹ (dont les HCFC et les HFC) et l'hexafluorure de soufre. Les aérosols et l'ozone troposphériques ont une répartition hétérogène dans le temps et l'espace et une courte durée de vie dans l'atmosphère (de quelques jours à quelques semaines). Les aérosols sulfatés sont susceptibles d'être l'objet de mesures de réduction, prises d'ailleurs en compte dans les scénarios du GIEC.

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

Stabilisation des gaz à effet de serre

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

Le dioxyde de carbone

4.6 Divers processus se déroulant à des échelles de temps différentes sont à l'origine de l'élimination du dioxyde de carbone de l'atmosphère. Le CO₂ a une durée de vie relativement longue dans

⁹ Contrairement aux hydrocarbures partiellement fluorés (HFC) et aux hydrocarbures perfluorés (PFC), la plupart des hydrocarbures halogénés sont régis par le Protocole de Montréal et par les amendements et ajustements qui lui ont été apportés.

l'atmosphère, de l'ordre d'un siècle ou davantage. Si les émissions nettes globales d'origine humaine¹⁰ devaient se maintenir à leur niveau actuel (environ 7 GtC par an, y compris les émissions dues à la combustion de combustibles fossiles, à la production de ciment et à la modification de l'occupation des sols), la concentration de CO₂ dans l'atmosphère s'élèverait de façon pratiquement constante pendant au moins 200 ans, atteignant 500 ppmv environ vers la fin du XXI^e siècle (soit près du double de la concentration de 280 ppmv observée avant l'ère industrielle). Les modèles du cycle du carbone indiquent qu'une stabilisation immédiate de la concentration de dioxyde de carbone à son niveau actuel ne pourrait être obtenue qu'au prix d'une réduction immédiate de 50 à 70 % des émissions de ce gaz et de réductions plus importantes par la suite.

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

4.8 Toute stabilisation des concentrations à un moment donné dépendra davantage des émissions cumulées de CO₂ d'origine humaine de maintenant au moment de la stabilisation que de l'évolution de ces émissions pendant cette période. Cela implique que pour obtenir la stabilisation des concentrations à un certain niveau, il faudra réduire les émissions davantage ultérieurement si elles restent plus élevées dans un premier temps. Le tableau 1 indique les émissions cumulées de 1991 à 2100 correspondant aux niveaux définis, ainsi que les émissions cumulées de dioxyde de carbone pour l'ensemble des scénarios IS92 du GIEC. (On trouvera des détails sur ces scénarios dans la figure 2 ci-après ainsi que dans le tableau 1 du Résumé à l'intention des décideurs publié par le Groupe de travail II du GIEC.)

4.9 La figure 1 et le tableau 1 illustrent certaines des contraintes imposables aux émissions futures de dioxyde de carbone afin que la concentration de CO₂ se stabilise aux niveaux indiqués. Ces exemples ne constituent nullement des recommandations quant à la façon d'atteindre les niveaux définis ni quant au niveau auquel la concentration de CO₂ devrait être stabilisée.

4.10 On peut, en se fondant sur les émissions cumulées et sur le scénario IS92a du GIEC pour la période 1990-2100 en matière démographique et économique, calculer, selon les divers scénarios de stabilisation, la moyenne annuelle globale des émissions de dioxyde de carbone par habitant ou par unité d'activité économique. Pour que la concentration de CO₂ dans l'atmosphère reste inférieure à 550 ppmv, la moyenne annuelle globale des émissions ne devra pas dépasser la moyenne actuelle globale au cours du siècle prochain et devra même devenir nettement inférieure avant la fin et au-delà du XXI^e siècle. Pour que cette concentration se stabilise à un niveau situé entre 750 et 1000 ppmv, les émissions pourront être plus élevées en moyenne annuelle globale. Néanmoins, même pour obtenir un tel niveau, il faudra limiter la moyenne annuelle globale des émissions à moins de 50 % du niveau actuel par habitant ou par unité d'activité économique¹¹.

4.11¹² Actuellement, la moyenne mondiale annuelle des émissions de dioxyde de carbone s'élève à 1,1 tonne (de carbone) par habitant. En outre, le déboisement et la modification de l'occupation des sols produisent des émissions nettes égales à 0,2 tonne par habitant. Dans les pays développés ou ceux dont l'économie est en transition, la moyenne annuelle des émissions dues aux com-

bustibles fossiles s'élève à environ 2,8 tonnes par habitant, avec une fourchette de 1,5 à 5,5 tonnes. Dans les pays en voie de développement, elle s'élève à 0,5 tonne, avec une fourchette de 0,1 tonne à plus de 2,0 tonnes dans un petit nombre de cas (l'ensemble de ces chiffres étant valables pour 1990).

4.12¹³ Selon les données de la Banque mondiale sur le PIB (produit intérieur brut) au taux de change du marché, la moyenne mondiale annuelle des émissions de dioxyde de carbone liées à l'énergie est actuellement de 0,3 tonne par millier de dollars US (au taux 1990) de PIB. Les émissions mondiales nettes dues à la modification de l'occupation des sols s'élèvent à environ 0,05 tonne par millier de dollars US (au taux 1990) de PIB. La moyenne annuelle des émissions liées à l'énergie, pour US\$ 1000 (au taux 1990) de PIB évalué au taux de change du marché, est actuellement d'environ 0,27 tonne dans les pays développés ou dont l'économie est en transition et d'environ 0,41 tonne dans les pays en voie de développement. En utilisant les estimations du PIB faites par la Banque mondiale avec des taux de change fondés sur la parité de pouvoir d'achat, la moyenne annuelle des émissions liées à l'énergie est actuellement, pour US\$ 1000 (au taux 1990) de PIB, d'environ 0,26 tonne dans les pays développés ou dont l'économie est en transition et d'environ 0,16 tonne dans les pays en voie de développement¹⁴.

Le méthane

4.13 La concentration de méthane dans l'atmosphère suit l'évolution des émissions d'origine humaine sur une période de 9 à 15 ans. Pour que cette concentration se stabilise au niveau d'aujourd'hui, il faudrait que les émissions soient immédiatement réduites d'environ 30 Tg CH₄ par an (soit 8 % environ des émissions anthropiques actuelles). Si les émissions de méthane devaient se maintenir au niveau actuel, la concentration de méthane (qui était de 1720 ppbv en 1994) passerait à 1820 ppbv d'ici 40 ans.

L'oxyde nitreux

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

Autres éléments concernant la stabilisation

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

4.16 Dans tous les scénarios IS92 (a à f), le forçage climatique dû au CO₂ par rapport à celui imputable aux autres gaz à effet de serre

¹⁰ Dans le reste de la section 4, les "émissions mondiales nettes d'origine humaine" (c'est-à-dire les sources anthropiques moins les puits anthropiques) seront désignées simplement par le terme "émissions".

¹¹ La Chine se déclare en désaccord avec le calcul des émissions de dioxyde de carbone par habitant ou par unité d'activité économique.

¹² Le GIEC convient que ce paragraphe ne préjuge pas des négociations menées actuellement aux termes de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques.

¹³ Le GIEC convient que ce paragraphe ne préjuge pas des négociations menées actuellement aux termes de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques.

¹⁴ Dans le calcul des émissions par unité d'activité économique, on n'a pris en considération ni les émissions dues à la modification de l'occupation des sols ni les ajustements effectués pour tenir compte de l'économie parallèle.

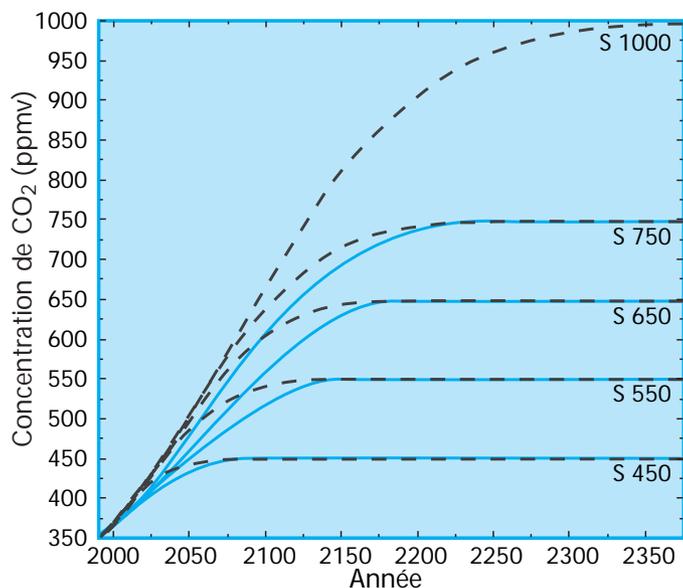


Figure 1 (a). Profils de la concentration de dioxyde de carbone devant permettre une stabilisation au niveau 450, 550, 650 ou 750 ppmv selon les trajets établis par le GIEC (1994) (traits pleins) et en supposant que le scénario IS92a sera vérifié au moins jusqu'en 2000 (tirets). Un seul profil a été tracé pour la stabilisation de la concentration de dioxyde de carbone au niveau 1000 ppmv, en supposant que le scénario IS92a sera suivi au moins jusqu'en 2000. Le dioxyde de carbone seul (c'est-à-dire sans tenir compte de l'incidence des autres gaz à effet de serre (GES) et des aérosols) entraînerait une élévation de la température d'équilibre par rapport à 1990¹⁵ d'environ 1 °C (fourchette de 0,5 à 1,5 °C) en cas de stabilisation au niveau 450 ppmv, d'environ 2 °C (fourchette de 1,5 à 4 °C) pour 650 ppmv et d'environ 3,5 °C (fourchette de 2 à 7 °C) pour 1000 ppmv. En cas de doublement de la concentration de CO₂ par rapport à l'époque préindustrielle (où elle s'établissait à 280 ppmv), cette concentration atteindrait 560 ppmv. En cas de doublement par rapport à aujourd'hui (358 ppmv), elle atteindrait à peu près 720 ppmv.

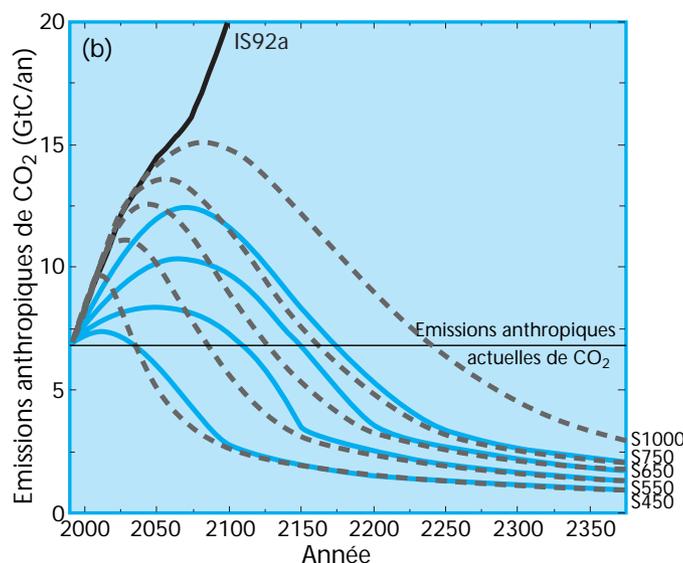


Figure 1 (b). Emissions de dioxyde de carbone permettant une stabilisation de la concentration au niveau 450, 550, 650, 750 ou 1000 ppmv selon les profils indiqués en (a), d'après un modèle moyen du cycle du carbone. Les résultats obtenus à partir d'autres modèles pourraient varier jusqu'à ± 15 % par rapport aux chiffres présentés ici. A titre de comparaison, on a également représenté les émissions de CO₂ selon le scénario IS92a et les émissions actuelles (traits pleins fins).

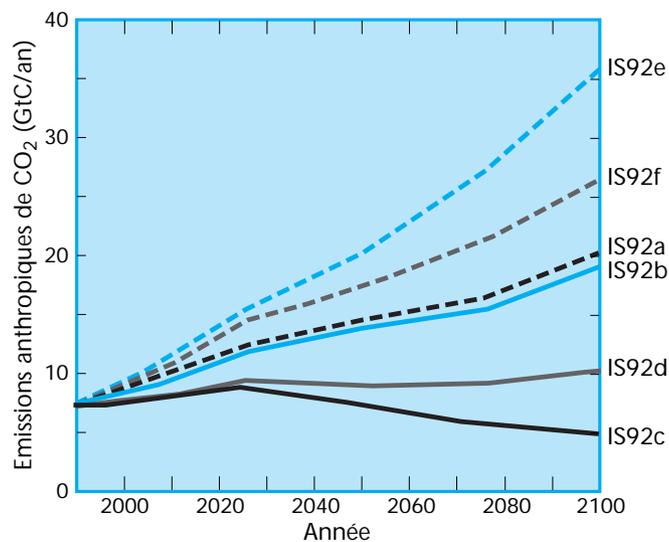


Figure 2. Emissions anthropiques annuelles de dioxyde de carbone selon les divers scénarios IS92. (On trouvera de plus amples détails dans le tableau 1 du Résumé à l'intention des décideurs publié par le Groupe de travail II du GIEC.)

¹⁵ Ces chiffres ne tiennent pas compte de l'augmentation de la température (de 0,1 à 0,7 °C) qui se produirait après 1990 en raison des émissions de CO₂ antérieures à 1990.

	Emissions de dioxyde de carbone cumulées de 1991 à 2100 (en GtC) [§]	
Scénarios IS92		
c	770	
d	980	
b	1430	
a	1500	
f	1830	
e	2190	
Niveau de stabilisation	Profils A*	Profils B†
450 ppmv	630	650
550 ppmv	870	990
650 ppmv	1030	1190
750 ppmv	1200‡	1300‡
1000 ppmv	—	1410‡

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

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

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

‡ Concentrations non stabilisées en 2100.

Tableau 1. Emissions mondiales totales de dioxyde de carbone d'origine humaine cumulées de 1991 à 2100 (en GtC) selon les divers scénarios IS92 (voir le tableau 1 dans le Résumé à l'intention des décideurs publié par le Groupe de travail II du GIEC) et en cas de stabilisation de la concentration de CO₂ à divers niveaux selon les deux ensembles d'échelonnements de l'évolution présentés dans la figure 1(a). Les émissions cumulées de dioxyde de carbone permettant une stabilisation de la concentration aux niveaux définis ont été calculées à partir d'un modèle moyen du cycle du carbone. Les résultats obtenus à partir d'autres modèles pourraient varier jusqu'à ± 15 % par rapport aux chiffres présentés ici.

s'accroîtrait avec le temps. Dans le scénario IS92a, par exemple, il doit passer de 60 % actuellement à 75 % environ en 2100. Pendant la même période, le forçage dû au méthane et à l'oxyde nitreux s'accroîtrait de deux à trois fois en valeur absolue.

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

un niveau donné de la concentration équivalente de dioxyde de carbone impliquerait le maintien de la concentration de dioxyde de carbone à un niveau plus bas.

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

TECHNIQUES ET MESURES D'ATTÉNUATION ENVISAGEABLES

5

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

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

5.3 La mesure dans laquelle les possibilités technologiques et l'efficacité économique seront concrètement réalisées va dépendre d'initiatives visant à remédier à la pénurie d'informations et à sur-

monter les obstacles culturels, institutionnels, juridiques, financiers et économiques qui peuvent s'opposer à la diffusion des techniques et à l'évolution des comportements.

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

La demande d'énergie

5.5 Le GIEC (1992 et 1994) prévoit que faute d'intervention, les émissions dues aux secteurs industriel, des transports et des bâtiments à usage commercial ou d'habitation pourraient augmenter sensiblement. Plusieurs études indiquent que dans de nombreuses régions du monde, le rendement énergétique peut être accru de 10 à 30 % par rapport au niveau actuel dans chacun de ces secteurs à un coût négatif¹⁶ ou nul, grâce à des mesures techniques d'éco-

nomie et à l'amélioration des pratiques de gestion au cours des 20 à 30 prochaines années. En utilisant les techniques qui, actuellement, fournissent la plus grande quantité de services énergétiques pour un apport d'énergie donné, il serait techniquement possible, dans de nombreux pays, d'aboutir à des gains d'efficacité de 50 à 60 % pendant la même période. La concrétisation de ces possibilités dépendra de la réduction des coûts, du rythme de développement, de la mise en œuvre de nouvelles techniques, du financement et du transfert de technologies, ainsi que des mesures qui seront adoptées pour surmonter divers obstacles non techniques. Comme la consommation d'énergie s'accroît à l'échelle planétaire, les émissions de gaz à effet de serre pourraient continuer à augmenter dans l'absolu à l'avenir, même si l'on remplace les techniques actuelles par des techniques plus efficaces. Parmi les techniques et mesures permettant de réduire les émissions de gaz à effet de serre chez les utilisateurs du secteur énergétique, on peut citer les suivantes.

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

L'offre d'énergie

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

- a) Réduction des émissions de gaz à effet de serre en cas d'utilisation de combustibles fossiles :
 - augmentation du rendement de conversion des combustibles fossiles (par exemple : production combinée d'électricité et de chaleur, et augmentation du rendement de la production d'électricité);
 - passage à des combustibles fossiles à faible teneur en carbone et suppression des émissions (passage du charbon au fuel ou au gaz naturel et du fuel au gaz naturel);
 - décarburation des gaz brûlés et des combustibles et stockage du dioxyde de carbone (par exemple : extraction et stockage du CO₂, lors de l'utilisation des combustibles fossiles primaires, de façon à produire des combustibles à haute teneur en hydrogène);
 - réduction des émissions fugaces, de méthane en particulier, lors des opérations d'extraction et de distribution de combustibles.
- b) Passage à des sources d'énergie autres que les combustibles fossiles :
 - passage à l'énergie nucléaire (si des réponses généralement ac-

ceptables peuvent être apportées à des préoccupations telles que celles qui concernent la sécurité des réacteurs, le transport et l'élimination des déchets radioactifs et la prolifération des combustibles nucléaires);

- passage à des sources d'énergie renouvelables (énergie solaire, énergie de la biomasse, énergie éolienne, énergie hydraulique et énergie géothermique, par exemple).

Intégration des mesures d'atténuation au niveau des filières énergétiques

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

5.8 Afin d'évaluer les incidences éventuelles de la combinaison d'un ensemble de mesures isolées au niveau du système énergétique, on a présenté des "constructions intellectuelles" explorant diverses variantes d'un système d'approvisionnement énergétique à faible taux d'émission de CO₂. Ces variantes indiquent qu'il est possible, sur le plan technique, de réduire sensiblement d'ici 50 à 100 ans les émissions de CO₂ imputables aux différentes filières énergétiques si l'on fait appel à d'autres stratégies. Elles illustrent la possibilité technique de faire passer, en moyenne mondiale, ces émissions de 6 GtC par an en 1990 à environ 4 GtC par an en 2050 et à environ 2 GtC par an en 2100. La quantité totale de CO₂ rejetée entre 1990 et 2100 se situerait entre 450 et 470 GtC environ et sa concentration dans l'atmosphère resterait inférieure à 500 ppmv.

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

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

Emissions dues aux processus industriels et aux établissements humains

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

Agriculture, élevage et exploitation forestière

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

Moyens d'intervention

5.13 L'existence de technologies faisant peu appel au carbone est une condition essentielle mais non une garantie de la possibilité de réduire les émissions de gaz à effet de serre à un prix raisonnable. L'atténuation de ces émissions va dépendre des obstacles qui s'opposent à la diffusion et au transfert des technologies, de la mobilisation des ressources financières, du renforcement des capacités dans les pays en voie de développement et dans ceux dont l'économie est en transition et d'autres mesures favorisant l'évolution des mentalités et le progrès des techniques dans toutes les régions du monde. Le dosage optimal de ces mesures va varier selon les pays en fonction des marchés de l'énergie, des conditions économiques, des structures politiques et de la réceptivité des populations. Le rôle de leader joué par les États pour l'application de ces mesures contribuera à atténuer les incidences négatives des changements climatiques. Les mesures visant à réduire les émissions nettes de gaz à effet de serre semblent plus faciles à mettre en œuvre si elles visent en même temps d'autres facteurs préjudiciables à un développement durable (la pollution de l'air et l'érosion des sols, par exemple). Diverses mesures dont beau-

coup peuvent être mises en œuvre unilatéralement par des pays seuls et dont certaines autres seraient applicables par des groupes de pays et nécessiteraient des accords régionaux ou internationaux, sont susceptibles de faciliter l'implantation de techniques moins productrices de gaz à effet de serre et de conduire à une modification des modes de consommation. Voici certaines de ces mesures, qui ne sont pas classées ici par ordre de priorité :

- mise en place d'un cadre institutionnel et structurel approprié;
- stratégie de tarification de l'énergie : taxes sur le carbone et l'énergie et réduction des subventions à la consommation d'énergie, par exemple;
- suppression des pratiques actuelles génératrices de distorsions qui entraînent une augmentation des émissions de gaz à effet de serre, comme certaines subventions et certains règlements, la non-intériorisation des coûts environnementaux et les distorsions de prix dans le domaine de l'agriculture et des transports;
- droits d'émission négociables;
- programmes volontaires et accords négociés avec l'industrie;
- programmes de gestion de la demande de services publics, fournisseurs d'énergie;
- dispositions réglementaires portant notamment sur des normes minima de rendement énergétique, par exemple pour les appareils électriques et les économies de carburant;
- stimulation de la recherche, du développement et de la démonstration en matière de technologies nouvelles;
- projets induits par le marché et programmes de démonstration pour stimuler le développement et l'application sur le marché de techniques de pointe;
- mesures favorisant les sources d'énergie renouvelables pendant le développement des marchés;
- mesures d'incitation telles que provisions pour amortissement accéléré et réduction des coûts pour les consommateurs;
- sensibilisation, formation, information et services consultatifs;
- mesures tenant également compte d'autres objectifs économiques et environnementaux.

5.14 Le choix des mesures sur le plan national peut répondre à des objectifs autres que l'efficacité économique – à des objectifs d'ordre fiscal, par exemple. Si l'on fait appel à une taxe sur le carbone ou à une taxe mixte carbone-énergie comme instrument d'une politique de réduction des émissions, il sera possible d'obtenir des recettes substantielles dont la répartition sera susceptible de changer considérablement le coût des mesures d'atténuation. Si l'on répartit les recettes en réduisant les taxes actuellement génératrices de distorsions, on contribuera à abaisser les charges excessives imposées par les régimes fiscaux en vigueur, ce qui, en outre, offrira potentiellement un avantage économique additionnel (double dividende). Parmi les études réalisées en Europe, les plus optimistes à propos des possibilités de recyclage fiscal indiquent par exemple que les coûts seraient plus faibles et même légèrement négatifs dans certains cas. À l'inverse, un recyclage inefficace des recettes fiscales pourrait aboutir à une augmentation des coûts. Si, par exemple, on utilise les recettes fiscales pour financer des programmes d'État ayant un rendement moindre que les investissements que le secteur privé ne fera pas en raison de la taxe, les coûts augmenteront globalement. Le choix des moyens d'action pourrait aussi répondre à certains autres objectifs en matière d'environnement : réduction d'émissions polluantes sans lien avec l'effet de serre, accroissement du couvert forestier ou autres considérations telles que les impacts précis sur des régions ou des communautés données.

ÉQUITÉ ET CONSIDÉRATIONS D'ORDRE SOCIAL

6

6.1 L'équité constitue un aspect important des politiques climatiques envisageables, de la Convention-cadre et de la poursuite d'un développement durable¹⁷. La question de l'équité soulève des problèmes de procédure et de substance. Les problèmes de procédure ont trait à la façon de prendre les décisions alors que les problèmes de substance ont trait aux résultats. Pour que des accords soient efficaces et incitent à la coopération, ils doivent être considérés comme légitimes. Or, l'équité est un facteur important de légitimation.

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

6.3 L'équité en matière de substance comporte deux aspects : la répartition du coût des dommages ou de l'adaptation et la répartition du coût des mesures d'atténuation du changement climatique. Comme les pays sont extrêmement différents de par leur vulnérabilité, leur richesse, leurs capacités, leurs ressources et autres éléments cités ci-après, le coût des dommages, de l'adaptation et de l'atténuation risque d'être supporté de façon inéquitable, sauf si cette question est explicitement traitée.

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

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

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

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

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

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

¹⁷ Dans le langage courant, le mot équité désigne la qualité "de ce qui est impartial" ou "de ce qui est loyal et juste".

¹⁸ Les mesures "sans regrets" sont celles dont les avantages, tels que les économies d'énergie et la réduction de la pollution sur le plan local ou régional, sont au moins égaux à leur prix pour la société, indépendamment des avantages apportés par l'atténuation des incidences de l'évolution du climat. On les appelle parfois mesures "utiles en tout état de cause".

POUR UN DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUE DURABLE

7

7.1 Le développement économique, le développement social et la protection de l'environnement sont des éléments, interdépendants et se renforçant mutuellement, du développement durable qui constitue le cadre de nos efforts pour parvenir à une meilleure qualité

de la vie pour l'ensemble de l'humanité. Selon la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, les mesures de lutte contre les changements climatiques doivent être coordonnées de façon intégrée avec le développement économique et social afin

d'éviter toute incidence préjudiciable à celui-ci, compte tenu de l'ensemble des priorités légitimes des pays en voie de développement en matière de développement durable et d'élimination de la pauvreté. La Convention affirme également les responsabilités communes mais différenciées et les capacités respectives des Parties en matière de protection du système climatique. On trouvera dans la présente section un bref résumé des connaissances actuelles concernant les coûts et les avantages des mesures d'atténuation et d'adaptation, notamment dans leurs rapports avec la durabilité du développement économique et de l'environnement.

Coût social de l'évolution du climat

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

7.3 La littérature examinée aboutit, pour un réchauffement de 2 à 3 °C, à des estimations ponctuelles très diverses des dommages totaux en tenant compte de l'augmentation prévue de la concentration de gaz à effet de serre dans l'atmosphère. Les estimations totalisées des dommages, qui correspondent à quelques points de pourcentage du PIB mondial, représentent en général une proportion nettement plus élevée du PIB dans les pays en voie de développement. De telles estimations comportent une incertitude considérable, mais la littérature ne permet pas de déterminer l'ampleur de cette incertitude. Il est impossible de considérer la fourchette des estimations comme une barre d'erreur, étant donné les hypothèses et les méthodologies très diverses adoptées pour les différentes études. La globalisation est susceptible de masquer des incertitudes encore plus grandes à propos des divers éléments des dommages considérés. Une évaluation des conséquences de l'évolution du climat par région ou par secteur conduit à une fourchette nettement plus large pour les estimations des effets économiques nets de cette évolution. Dans certaines régions, on estime que les dommages seront nettement plus élevés et risqueront de nuire au développement économique. Dans d'autres régions, on estime que l'évolution du climat augmentera la production économique et offrira des possibilités de développement économique. Si l'on donnait partout à la vie humaine la même valeur que celle qu'on lui attribue généralement dans les pays développés, la valeur des dommages exprimée en termes financiers serait multipliée par un facteur de plusieurs unités et la part des pays en voie de développement dans l'estimation du dommage total s'accroîtrait encore. Les petites îles et les zones côtières de faible altitude sont particulièrement vulnérables. Ces estimations ne tiennent pas compte des dommages découlant d'éventuelles catastrophes à grande échelle telles que des changements de la circulation océanique.

Avantages de la limitation des changements climatiques

7.4 La limitation des émissions de gaz à effet de serre et l'accroissement des puits de ces gaz ont pour intérêt: a) la prévention des dommages dus à l'évolution du climat et des coûts d'adaptation; et b) les avantages économiques et écologiques indirects découlant

de politiques adaptées : réduction des polluants produits parallèlement aux gaz à effet de serre, maintien de la diversité biologique, innovation technologique occasionnée par la lutte contre les changements climatiques, par exemple.

Coût des mesures d'adaptation

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

Coût et avantages des mesures d'atténuation

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

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

7.8 Malgré de vastes différences d'opinions, il y a accord quant à la possibilité d'obtenir des gains d'efficacité permettant de descendre jusqu'à 10 à 30 % au-dessous de l'évolution naturelle au cours des 20 à 30 prochaines années pour un coût net négatif ou nul. Sur un plus long terme, qui permet un remplacement plus complet des investissements et qui donne aux activités en matière de recherche, de développement et de démonstration et aux politiques de trans-

formation du marché l'occasion d'affecter plusieurs cycles de remplacement, le potentiel est nettement plus élevé. Le potentiel d'une telle politique "sans regrets" dépend des imperfections du marché ou des institutions qui s'opposent à la mise en place de mesures économiques de réduction des émissions. Dans ces conditions, la question essentielle est de savoir dans quelle mesure de tels obstacles ou imperfections peuvent être surmontés de façon économique par des moyens d'intervention.

7.9 Pays de l'OCDE. Bien qu'il soit difficile de généraliser, les analyses descendantes indiquent que le coût de réductions substantielles permettant de ramener le taux d'émission de CO₂ au-dessous du niveau de 1990 pourrait atteindre plusieurs points de pourcentage du PIB. Dans le cas précis d'une stabilisation des émissions au niveau de 1990, la plupart des études aboutissent à une estimation du coût annuel comprise entre -0,5 % du PIB (ce qui équivaldrait à un gain total d'environ 60 milliards de dollars pour les pays de l'OCDE, au niveau actuel du PIB) et +2 % du PIB (ce qui équivaldrait à une perte d'environ 240 milliards de dollars) pendant les prochaines décennies. Ces études indiquent également qu'un choix convenable du calendrier d'application des mesures et la disponibilité de solutions de remplacement à bas prix pourraient réduire sensiblement la facture globale. Certaines études ascendantes indiquent que le coût d'une réduction de 20 % des émissions dans les pays développés d'ici 20 ou 30 ans est négligeable ou même négatif. Selon d'autres études ascendantes, il existe des possibilités de réduction absolue dépassant les 50 % à long terme, sans augmenter et peut-être même en réduisant le coût total pour la filière énergétique.

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

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

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

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

Subventions, obstacles et imperfections du marché

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

7.15 Dans divers pays, on a réussi à réduire de façon économique les obstacles institutionnels et les imperfections du marché grâce à des moyens d'intervention reposant sur des accords librement conclus, des mesures d'incitation au rendement énergétique, des normes relatives à l'efficacité des produits et des programmes de promotion de l'efficacité énergétique impliquant les industriels ainsi que sur des réformes réglementaires des services publics. Nombre des évaluations empiriques réalisées ont abouti à la conclusion que le rapport coûts/bénéfices de l'accroissement du rendement énergétique est favorable, ce qui semble indiquer la possibilité de mettre en œuvre des politiques "sans regrets", à coût net négatif.

Valeur de l'information et de la recherche

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

LES PERSPECTIVES D'AVENIR

8.1 Les ouvrages publiés dans les domaines scientifique, technique, économique et social proposent des moyens de tendre vers l'objectif ultime de la Convention. Les moyens d'action envisageables sont l'atténuation des changements climatiques grâce à la réduction des émissions de gaz à effet de serre et à l'accroissement de

leur élimination par les puits, l'adaptation aux changements climatiques observés et/ou prévus et certaines activités en matière de recherche, de développement et de démonstration en vue d'améliorer nos connaissances concernant les risques que comporte l'évolution du climat et les réponses possibles.

8.2 Il reste des incertitudes sur ce qu'il est utile de connaître pour juger de ce qui constitue une perturbation anthropique dangereuse du système climatique et des mesures à prendre pour éviter de telles perturbations. La littérature indique cependant qu'il existe dans la plupart des pays de vastes possibilités de mesures "sans regrets" et que le risque de dommages nets dus à l'évolution du climat, la répugnance pour le risque et le principe de précaution justifient des mesures allant au-delà d'une politique "sans regrets". Le problème n'est pas de définir aujourd'hui la meilleure politique pour les 100 ans à venir, mais de choisir une stratégie prudente et de l'adapter ultérieurement en fonction des nouvelles informations disponibles.

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

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

Equipe de rédaction du document de synthèse

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

Bibliographie

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

RÉSUMÉ A L'INTENTION DES DÉCIDEURS :

ASPECTS SCIENTIFIQUES DE L'ÉVOLUTION DU CLIMAT

GROUPE DE TRAVAIL I DU GIEC

RÉSUMÉ A L'INTENTION DES DÉCIDEURS :

ASPECTS SCIENTIFIQUES DE L'ÉVOLUTION DU CLIMAT

Depuis 1990, les connaissances en matière de changement climatique¹ ont considérablement progressé et se sont enrichies de nouvelles données et analyses.

1. LA CONCENTRATION DE GAZ À EFFET DE SERRE CONTINUE D'AUGMENTER

L'augmentation de la concentration de gaz à effet de serre depuis l'époque préindustrielle (c'est-à-dire depuis 1750 environ) a conduit à un *forçage radiatif*² du climat qui tend à réchauffer la surface du globe et à produire d'autres changements climatiques.

- Un accroissement notable de la teneur atmosphérique des gaz à effet de serre a été observé, notamment du gaz carbonique (CO₂ : accroissement de 30 % environ), du méthane (CH₄ : 145 % environ) et du protoxyde d'azote (N₂O : 15 % environ) (chiffres de 1992). Cette évolution est largement imputable aux activités humaines et, pour l'essentiel, à l'utilisation de combustibles fossiles, à la modification de l'utilisation des sols, et à l'agriculture.
- L'accroissement des concentrations de CO₂, de CH₄ et de N₂O s'est ralenti au début des années 90. Cette variation apparemment naturelle n'est, à ce jour, pas complètement expliquée mais des données récentes indiquent que le rythme d'accroissement actuel est comparable à celui observé en moyenne pendant les années 80.
- Le forçage radiatif direct imputable aux gaz à effet de serre à durée de vie longue (2,45 Wm⁻²) est dû essentiellement à l'accroissement de la concentration de CO₂ (1,56 Wm⁻²), de CH₄ (0,47 Wm⁻²), et de N₂O (0,14 Wm⁻²) (chiffres de 1992).
- De nombreux gaz à effet de serre restent très longtemps dans l'atmosphère (de plusieurs dizaines d'années à plusieurs siècles pour le CO₂ et le N₂O); ils influent sur le forçage radiatif sur des échelles de temps longues.
- Le forçage radiatif direct lié à l'action combinée des CFC et des HCFC totalise 0,25 Wm⁻². Le forçage radiatif net qui leur est imputable est, cependant, réduit de 0,1 Wm⁻² environ, car ces gaz produisent une diminution de l'ozone stratosphérique qui induit un forçage radiatif négatif.
- L'accroissement de la concentration de CFC s'est ralenti et est pratiquement nul. Ceci n'est pas le cas des HCFC. On s'attend à ce que les concentrations de CFC et de HCFC (ainsi que la diminution d'ozone due à ces gaz) diminuent sensiblement d'ici 2050 grâce à l'application du Protocole de Montréal et aux amendements et ajustements qui lui ont été apportés.
- Jusqu'à présent, certains gaz à effet de serre à durée de vie longue (particulièrement les HFC – gaz de remplacement des CFC – les PFC et le SF₆) contribuent peu au forçage radiatif. Cependant, l'accroissement de leur concentration pourrait conduire à une augmentation du forçage radiatif de quelques points de pourcentage au cours du XXI^e siècle.
- Si les émissions de gaz carbonique se maintenaient approximativement à leur niveau actuel (1994), la concentration de CO₂ dans l'atmosphère s'élèverait de façon pratiquement constante pendant au moins 200 ans. Elle atteindrait 500 ppmv environ à la fin du XXI^e siècle, soit près du double de la concentration de 280 ppmv observée avant l'ère industrielle.
- Les modèles du cycle du carbone indiquent que la teneur de l'atmosphère en CO₂ ne pourrait se stabiliser – autour de 450, 650

ou 1000 ppmv – que si les émissions de CO₂ d'origine humaine revenaient au niveau de 1990 d'ici respectivement 40, 140 ou 240 ans, et si elles diminuaient nettement au-dessous de ce niveau par la suite.

- La stabilisation des concentrations dépendra davantage des émissions cumulées de CO₂ d'origine humaine au moment de la stabilisation que de l'évolution de ces émissions d'ici que celle-ci soit atteinte. Ceci implique que, si les émissions restent plus élevées dans un premier temps, il faudra, pour obtenir la stabilisation des concentrations à un certain niveau, les réduire davantage ultérieurement. Selon certains des scénarios envisagés, les émissions anthropiques cumulées de 1991 à 2100 devront s'établir à 630, 1080 ou 1410 GtC³ pour que les concentrations se stabilisent à 450, 650 ou 1000 ppmv respectivement (à plus ou moins 15 % dans chaque cas). A titre de comparaison les émissions cumulées correspondantes variaient de 770 à 2190 GtC dans les scénarios IS92 du GIEC.
- La stabilisation des concentrations de CH₄ et de N₂O aux niveaux actuels exigerait une réduction des émissions anthropiques de 8 et 50 % respectivement.
- Il apparaît que, dans l'hémisphère Nord, la concentration d'ozone troposphérique due aux activités humaines s'est accrue depuis l'ère préindustrielle entraînant un forçage radiatif positif. Ce forçage, encore mal caractérisé, est évalué à environ 0,4 Wm⁻² (dont 15 % imputables aux gaz à effet de serre à durée de vie longue). Cependant, les observations effectuées au cours des dix dernières années indiquent que cet accroissement s'est nettement ralenti ou, même, qu'il s'est arrêté.

2. LES AÉROSOLS D'ORIGINE HUMAINE ONT TENDANCE À PRODUIRE UN FORÇAGE RADIATIF NÉGATIF

- Les aérosols (particules microscopiques en suspension dans l'air) troposphériques provenant de la combustion des combustibles fossiles, de la biomasse, et de d'autres sources, ont entraîné un forçage négatif direct d'environ 0,5 Wm⁻² en moyenne globale, et, probablement, un forçage négatif indirect d'une valeur comparable. Bien que ce forçage négatif soit concentré dans certaines régions et zones subcontinentales, il se pourrait qu'il ait des incidences climatiques aux échelles continentale à hémisphérique.
- A l'échelle locale, le forçage négatif imputable aux aérosols est parfois supérieur au forçage positif dû aux gaz à effet de serre.
- Contrairement aux gaz à effet de serre à durée de vie longue, les aérosols d'origine humaine ont une durée de vie très courte dans

¹ Par "changement climatique", le Groupe de travail I du GIEC entend toute évolution du climat dans le temps, qu'elle soit due à la variabilité naturelle ou aux activités humaines. Cette définition est différente de celle de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, où l'on entend par "changements climatiques" des changements de climat qui sont attribués directement ou indirectement à une activité humaine, qui modifient la composition de l'atmosphère globale et qui viennent s'ajouter à la variabilité naturelle du climat observée au cours de périodes comparables.

² Unité simple permettant de mesurer l'ampleur d'un mécanisme susceptible de conduire à un changement climatique, le forçage radiatif est la perturbation du bilan énergétique du système sol-atmosphère (exprimé en Wm⁻²).

³ 1 GtC = 1 milliard de tonnes de carbone

l'atmosphère. C'est pourquoi le forçage radiatif qui leur est imputable suit rapidement l'augmentation ou la diminution des émissions.

3. LE CLIMAT A ÉVOLUÉ DEPUIS LE SIÈCLE DERNIER

En un point donné, les fluctuations interannuelles du climat peuvent être considérables, mais l'analyse de données, météorologiques ou autres, sur de larges régions et pour des périodes de quelques décennies ou plus, laissent apparaître d'importantes variations systématiques.

- En moyenne globale, la température de surface a augmenté de 0,3 à 0,6 °C environ depuis la fin du XIX^e siècle. Les données recueillies depuis 1990 et les nouvelles analyses effectuées depuis n'ont pas modifié les estimations de cette augmentation de température.
- Les années récentes ont été parmi les plus chaudes depuis 1860 (début de la période d'instrumentation), et ce malgré l'effet de refroidissement dû à l'éruption volcanique du mont Pinatubo en 1991.
- Les températures nocturnes ont généralement augmenté davantage que les températures diurnes.
- Des modifications sont également observées à l'échelle régionale. Par exemple, c'est dans les régions continentales des latitudes moyennes, en hiver et au printemps, que le réchauffement climatique récemment observé a été le plus prononcé, avec un refroidissement dans certaines zones telles que l'Atlantique Nord. La quantité des précipitations s'est accrue sur les continents aux latitudes élevées de l'hémisphère Nord, surtout pendant la saison froide.
- En moyenne globale, le niveau de la mer s'est élevé de 10 à 25 cm au cours des 100 dernières années. Ce phénomène est imputable en grande partie à l'augmentation de la température moyenne du globe.
- Les données dont on dispose sont insuffisantes pour déterminer si des fluctuations de la variabilité du climat ou des conditions météorologiques extrêmes se sont produites à l'échelle globale au cours du XX^e siècle. A l'échelle régionale, il existe des indications claires de l'évolution de certaines conditions extrêmes et de certains indicateurs de la variabilité du climat (par ex. une diminution de la fréquence du gel dans diverses grandes régions et, aux États-Unis, une augmentation de la proportion des chutes de pluie dues à des phénomènes extrêmes). Certains de ces changements semblent indiquer une augmentation de la variabilité du climat, d'autres une diminution.
- La période chaude et persistante du phénomène *El Niño*-Oscillation australe, phénomène à l'origine de sécheresses et d'inondations dans de nombreuses régions, observée entre 1990 et la mi-1995 a été inhabituelle par rapport à la situation au cours des 120 dernières années.

4. UN FAISCEAU D'ÉLÉMENTS SUGGÈRE QU'IL Y A UNE INFLUENCE PERCEPTIBLE DE L'HOMME SUR LE CLIMAT GLOBAL

Toute influence de l'homme sur le climat se superpose au "bruit de fond" représenté par sa variabilité naturelle. Celle-ci résulte aussi bien de fluctuations internes que de causes externes telles que de la variabilité de l'activité solaire ou les éruptions volcaniques. Les études de détection et d'attribution s'efforcent d'établir une distinction entre les influences naturelles et celles qui relèvent de l'homme. La "détection" est l'opération consistant à démontrer qu'un changement climatique observé est hautement inhabituel au sens statistique. Cette opération ne vise pas à déterminer les motifs du changement. L'"attribution" est l'opération consistant à établir des relations de cause à effet et notamment à contrôler le bien fondé de différentes hypothèses plausibles.

Depuis la parution du Rapport de 1990 du GIEC, la distinction entre les influences naturelles qui s'exercent sur le climat et celles qui relèvent de l'homme a considérablement progressé. De tels progrès ont été accomplis en tenant compte de l'effet des aérosols soufrés en plus de celui des gaz à effet de serre. Ceci a permis d'aboutir à une évaluation plus réaliste du forçage radiatif dû aux activités humaines. Ces effets ont été intégrés dans des modèles climatiques pour obtenir des simulations plus complètes du "signal" climatique d'origine anthropique. En outre, des renseignements précieux sur la variabilité naturelle interne du climat, à des échelles de temps allant de la décennie au siècle, ont été obtenus grâce à de nouvelles simulations par des modèles couplés océan-atmosphère. D'autres progrès sensibles ont été réalisés en passant de l'étude des changements en moyenne globale à une comparaison des caractéristiques spatiales et temporelles entre les changements climatiques modélisés et observés.

Les résultats les plus importants obtenus en matière de détection et d'attribution sont les suivants :

- Selon les informations limitées fournies par différents indicateurs climatiques, la température de l'air, en moyenne globale, est au moins aussi élevée au XX^e siècle qu'elle ne l'a été à toute autre époque entre la période actuelle et 1400 apr. J.-C. Les données antérieures à 1400 sont trop fragmentaires pour permettre une évaluation fiable de la température moyenne du globe.
- Pour déterminer la signification statistique de l'évolution de la température moyenne globale au cours du siècle dernier, il a été fait appel à de nouvelles évaluations de la variabilité naturelle du climat, qu'elle soit interne ou forcée par des processus externes. Ces évaluations sont fondées sur des mesures, sur des données paléoclimatiques, sur les résultats obtenus à partir de modèles climatiques simples ou complexes, et sur des modèles statistiques appliqués aux observations. La plupart de ces études ont permis de détecter des changements significatifs démontrant que la tendance au réchauffement observée n'est vraisemblablement pas uniquement d'origine naturelle.
- Les indications récentes les plus convaincantes de l'influence de l'homme sur le climat viennent de la comparaison des caractéristiques – géographiques, saisonnières et verticales – des changements de températures prédits, en tenant compte de l'effet combiné des gaz à effet de serre et des aérosols soufrés d'origine anthropique, d'une part, et observés, de l'autre. Ces études montrent que la concordance entre ces caractéristiques s'améliore progressivement, comme on peut s'y attendre, à mesure que le signal d'origine anthropique s'intensifie. Il existe en outre une très faible probabilité pour qu'une telle concordance se produise par hasard, comme le résultat de la seule variabilité interne et naturelle du climat. De plus, le profil vertical du changement observé ne correspond pas à celui attendu pour les forçages solaire et volcanique.
- Notre capacité à mesurer l'influence de l'homme sur le climat global reste limitée car le signal attendu est encore difficile à distinguer du bruit de fond lié à la variabilité naturelle, et à cause d'incertitudes sur divers facteurs importants. Ces incertitudes ont trait à l'ampleur et aux caractéristiques de la variabilité naturelle à long terme, de l'évolution temporelle du forçage lié aux gaz à effet de serre, aux aérosols et aux changements à la surface des continents, et de la réponse à ce forçage. Malgré ces incertitudes, le faisceau d'éléments disponibles suggère qu'il y a une influence perceptible de l'homme sur le climat global.

5. ON S'ATTEND À CE QUE LE CLIMAT CONTINUE D'ÉVOLUER

Le GIEC a élaboré une série de scénarios, concernant l'évolution future des émissions de gaz à effet de serre et d'aérosols (IS92 a à f).

Ces scénarios reposent sur certaines hypothèses concernant la croissance démographique et économique, l'exploitation des sols, les progrès technologiques et l'approvisionnement énergétique, ainsi que de la façon dont les différentes sources d'énergie contribueront à cet approvisionnement entre 1990 et 2100. À partir de la connaissance du cycle global du carbone et la chimie de l'atmosphère, ces émissions peuvent être prises en compte pour prévoir la concentration atmosphérique des gaz à effet de serre et des aérosols ainsi que la perturbation induite par rapport au forçage radiatif naturel. Les modèles climatiques peuvent être alors utilisés pour prédire l'évolution future du climat.

- Les simulations de plus en plus réalistes des climats, passé et actuel, obtenues à partir de modèles climatiques dans lesquels l'atmosphère et l'océan sont couplés donnent davantage confiance dans leur capacité à prédire l'évolution future du climat. Il reste de grandes incertitudes mais celles-ci ont été prises en compte dans l'ensemble des projections de la température moyenne globale et du niveau de la mer.
- Dans l'hypothèse du scénario moyen du GIEC (IS92a), avec la "valeur la plus probable" de la sensibilité du climat⁴ et la prise en compte de l'incidence de l'augmentation prévue de la concentration d'aérosols, l'augmentation prédite de la température moyenne globale à la surface est d'environ 2 °C entre 1990 et 2100. Cette valeur est d'un tiers inférieure environ à la "valeur la plus probable" déterminée en 1990. Une telle différence est due essentiellement au plus faible niveau d'émissions prévu par le scénario (en particulier pour le CO₂ et les CFC), à l'incorporation du refroidissement par les aérosols soufrés et à l'amélioration du traitement du cycle du carbone. Le scénario le plus bas du GIEC (IS92c), avec une "faible" valeur de la sensibilité du climat et la prise en compte de l'incidence de la progression prévue de la concentration d'aérosols, conduit à prédire un réchauffement d'environ 1 °C en 2100. Le scénario le plus élevé du GIEC (IS92e) et une valeur "élevée" de la sensibilité du climat, conduisent à prédire un réchauffement de 3,5 °C environ. Dans tous les cas de figure, la rapidité du réchauffement serait probablement plus élevée qu'il ne l'a été à toute autre période depuis 10 000 ans; cependant, à l'échelle de 1-10 ans, l'évolution du climat serait marquée par une variabilité naturelle importante. Les fluctuations régionales des températures pourraient être sensiblement différentes de la moyenne globale. En raison de l'inertie thermique des océans, la température n'aurait, en 2100, progressé vers son point d'équilibre que de 50 à 90 %; elle continuerait d'augmenter au-delà de cette date, même si la concentration de gaz à effet de serre s'était alors stabilisée.
- Une élévation du niveau moyen de la mer est prévue en raison du réchauffement des océans et de la fonte des glaciers de montagne et des calottes glaciaires. Dans l'hypothèse du scénario moyen du GIEC (IS92a), avec les "valeurs les plus probables" de la sensibilité du climat et de la fonte des glaces au réchauffement, et la prise en compte de l'incidence de la progression prévue des aérosols, une élévation du niveau de la mer d'environ 50 cm est prédite entre aujourd'hui et 2100. Cette valeur est inférieure de 25 % environ à la "valeur la plus probable" déterminée en 1990, en raison d'une augmentation de température prédite plus faible, mais aussi de l'amélioration des modèles climatiques et cryosphériques. Dans l'hypothèse du scénario le plus bas du GIEC (IS92c), avec des "faibles" valeurs de la sensibilité du climat et de la fonte des glaces au réchauffement et la prise en compte de l'incidence des aérosols, la prédiction d'élévation du niveau de la mer est de 15 cm environ entre aujourd'hui et 2100. Dans l'hypothèse du scénario le plus élevé du GIEC (IS92e), avec des valeurs "élevées" de la sensibilité du climat et de la fonte des glaces, on aboutit à une élévation du niveau de la mer de 95 cm environ entre aujourd'hui et 2100. Le niveau de la mer continuerait de s'élever à une allure semblable au-delà de cette date, même si la concentration de gaz à effet de serre s'était alors stabilisée. Il continuerait de s'élever après que la température moyenne globale se soit stabilisée. À l'échelle régionale, les fluctuations du niveau de la mer pourraient être différentes de la moyenne globale en raison de mouvements de terrain et de changements dans les courants océaniques.
- Les projections obtenues avec des modèles couplés océan-atmosphère sont plus fiables aux échelles hémisphérique ou continentale qu'à l'échelle régionale. On se fie davantage aux prévisions concernant la température qu'à celles concernant le cycle hydrologique.
- Toutes les simulations climatiques, qu'elles tiennent compte du forçage dû à l'augmentation de la concentration des gaz à effet de serre et des aérosols ou uniquement du forçage dû à l'augmentation de la concentration des gaz à effet de serre, ont les caractéristiques suivantes : augmentation de la température de surface plus importante sur terre que sur mer en hiver; augmentation de la température de surface maximale dans les latitudes élevées de l'hémisphère Nord en hiver; faible augmentation de la température de surface dans l'Arctique en été; intensification du cycle hydrologique en moyenne globale et accroissement de la quantité des précipitations et de l'humidité du sol dans les latitudes élevées en hiver. Toutes ces fluctuations s'expliquent par des mécanismes physiques identifiables.
- En outre, la plupart des simulations, indiquent un affaiblissement de la circulation thermohaline dans l'Atlantique Nord et une réduction largement répandue de l'amplitude thermique diurne. Ces caractéristiques s'expliquent également par des mécanismes physiques identifiables.
- Les effets directs et indirects des aérosols anthropiques ont des incidences sensibles sur les prévisions. En général, celles-ci indiquent des fluctuations de température et de précipitations de plus faible amplitude si l'on tient compte des effets des aérosols, en particulier dans les latitudes moyennes de l'hémisphère Nord. On notera que l'effet de refroidissement dû aux aérosols, loin de compenser simplement le réchauffement dû aux gaz à effet de serre, a d'importantes répercussions sur certaines caractéristiques des changements climatiques à l'échelle continentale, particulièrement apparentes dans l'hémisphère d'été. Par exemple, les prévisions obtenues à partir de modèles tenant uniquement compte des effets des gaz à effet de serre indiquent un accroissement de la hauteur des précipitations et de l'humidité du sol dans la région de la mousson d'été asiatique, alors que celles obtenues à partir de modèles tenant également compte des effets des aérosols indiquent une possibilité de diminution des pluies de mousson. La répartition spatiale et temporelle des aérosols influe largement sur les projections à l'échelle régionale, ce qui contribue à augmenter les incertitudes liées à ces projections.
- Un réchauffement global devrait conduire à une augmentation du nombre de journées très chaudes et à une diminution du nombre de journées très froides.
- L'élévation des températures entraînera le renforcement du cycle hydrologique, d'où un risque d'aggravation des sécheresses et/ou des inondations à certains endroits et une possibilité de diminution de l'ampleur de ces phénomènes à d'autres endroits. Plusieurs modèles prévoient une augmentation de l'intensité des précipitations, ce qui pourrait conduire à une recrudescence de chutes extrêmes de pluie. Nos connaissances sont insuffisantes à ce jour pour que l'on puisse prévoir si le nombre ou la répartition géographique de fortes tempêtes telles que les cyclones tropicaux vont se modifier.
- Une évolution rapide et soutenue du climat pourrait modifier l'équilibre de la concurrence entre espèces et même entraîner un

dépérissement des forêts, d'où une altération de la quantité de carbone absorbée et dégagée par les biomes terrestres. L'importance de cette altération est incertaine, mais elle pourrait, selon le rythme d'évolution du climat, se situer entre 0 et 200 GtC au cours des 100 ou 200 prochaines années.

6. LES INCERTITUDES RESTENT NOMBREUSES

Actuellement, de nombreux facteurs limitent notre capacité à prévoir et à détecter les changements climatiques à venir. Pour réduire les incertitudes, il convient d'approfondir les connaissances dans les domaines prioritaires suivants :

- évaluation des futures émissions et des cycles biogéochimiques, des gaz à effet de serre (y compris les sources et les puits), des aérosols et des précurseurs d'aérosols; de leur concentration future et de leurs propriétés radiatives;
- prise en compte des processus climatiques dans les modèles, et notamment des rétroactions liées aux nuages, aux océans, à la glace de mer et à la végétation, afin d'affiner les projections concernant la rapidité et les caractéristiques régionales des changements climatiques;

- collecte à long terme et systématique d'observations directes et reconstitution, à partir d'indicateurs indirects de leurs variations dans le passé, de certains paramètres du système climatique (énergie solaire, éléments du bilan énergétique de l'atmosphère, cycle hydrologique, caractéristiques des océans et changements des écosystèmes, etc.) afin de vérifier la validité des modèles, d'évaluer la variabilité de ces paramètres dans le temps et à l'échelle régionale, et de les utiliser dans le cadre d'études de détection et d'attribution.

Des fluctuations inattendues, rapides et de grande ampleur du système climatique (comme il s'en est produit par le passé) sont difficiles à prévoir de par leur nature même. La future évolution du climat risque donc de nous réserver des "surprises", dues notamment au caractère non linéaire du système climatique. En cas de forçage rapide, les systèmes non linéaires sont particulièrement susceptibles de comportements inattendus. Il est possible de réaliser des progrès en étudiant les processus et les composantes non linéaires du système climatique. On peut citer, parmi ces phénomènes non linéaires, les fluctuations rapides de la circulation dans l'Atlantique Nord et les rétroactions liées aux modifications des écosystèmes terrestres.

RÉSUMÉ A L'INTENTION DES DÉCIDEURS :

ANALYSE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DES INCIDENCES

DE L'ÉVOLUTION DU CLIMAT, MESURES D'ADAPTATION ET

D'ATTÉNUATION

GROUPE DE TRAVAIL II DU GIEC

RÉSUMÉ A L'INTENTION DES DÉCIDEURS : ANALYSE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DES INCIDENCES DE L'ÉVOLUTION DU CLIMAT, MESURES D'ADAPTATION ET D'ATTÉNUATION

1. OBJET DE L'ÉVALUATION

Le Groupe de travail II du Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat (GIEC) a été chargé d'étudier l'état actuel des connaissances concernant les incidences de l'évolution du climat sur l'environnement physique, les écosystèmes, la santé et divers secteurs socio-économiques. Il a également été chargé d'analyser les informations disponibles sur les possibilités techniques et économiques de mettre en place un ensemble de stratégies d'adaptation et d'atténuation. Cette évaluation doit permettre d'obtenir des données scientifiques, techniques et économiques pouvant être utilisées notamment pour déterminer si l'ensemble des incidences envisageables constitue une "perturbation anthropique dangereuse du système climatique", selon les termes de l'article 2 de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC), et pour évaluer les mesures d'adaptation et d'atténuation pouvant être adoptées dans la perspective de l'objectif ultime de la CCNUCC (voir l'encadré 1).

2. NATURE DU PROBLÈME

Les activités humaines entraînent un accroissement de la concentration de gaz à effet de serre dans l'atmosphère, ce qui tend à produire un réchauffement du climat. Dans certaines régions, elles entraînent aussi l'apparition d'aérosols, qui ont tendance, au contraire, à produire un refroidissement du climat. Les simulations

ENCADRÉ 1. OBJECTIF ULTIME DE LA CCNUCC (ARTICLE 2)

"[...] stabiliser [...] les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère à un niveau qui empêche toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique. Il conviendra d'atteindre ce niveau dans un délai convenable i) pour que les écosystèmes puissent s'adapter naturellement aux changements climatiques, ii) que la production alimentaire ne soit pas menacée et iii) que le développement économique puisse se poursuivre d'une manière durable".

faites à partir de ces variations des gaz à effet de serre et des aérosols conduisent à une évolution globale et régionale du climat et des paramètres climatologiques tels que la température, les précipitations, l'humidité du sol et le niveau de la mer. Ces modélisations, couvrant la gamme des sensibilités possibles du climat à l'augmentation de la concentration de gaz à effet de serre, décrite par le Groupe de travail I du GIEC, et l'amplitude des variations vraisemblables des émissions (scénarios IS92 du GIEC : voir le tableau1), conduisent, en prenant en compte les gaz à effet de serre et les

Tableau 1. Résumé des hypothèses adoptées pour les six scénarios IS92 du GIEC

Scénario	Population	Croissance économique	Approvisionnement en énergie
IS92a,b	Banque mondiale, 1991 11,3 milliards en 2100	1990-2025: 2,9 % 1990-2100: 2,3 %	Pétrole classique : 12 000 EJ Gaz naturel: 13 000 EJ Le coût du solaire tombe à \$0,075/kWh 191 EJ de biocombustibles disponibles à \$70/baril*
IS92c	Scénario moyen-bas de l'ONU 6,4 milliards en 2100	1990-2025: 2,0 % 1990-2100: 1,2 %	Pétrole classique: 8000 EJ Gaz naturel: 7300 EJ Le coût du nucléaire baisse de 0,4 % par an
IS92d	Scénario moyen-bas de l'ONU 6,4 milliards en 2100	1990-2025: 2,7 % 1990-2100: 2,0 %	Pétrole et gaz: comme le scénario IS92c Le coût du solaire tombe à \$0,065/kWh 272 EJ de biocombustibles disponibles à \$50/baril
IS92e	Banque mondiale, 1991 11,3 milliards en 2100	1990-2025: 3,5 % 1990-2100: 3,0 %	Pétrole classique: 18 400 EJ Gaz naturel: comme le scénario IS92a,b Abandon du nucléaire à partir de 2075
IS92f	Scénario moyen-haut de l'ONU 17,6 milliards en 2100	1990-2025: 2,9 % 1990-2100: 2,3 %	Pétrole et gaz: comme le scénario IS92e Le coût du solaire tombe à \$0,083/kWh

*Facteur de conversion approximatif: 1 baril = 6 GJ.

Source: IPCC, 1992: *Changements climatiques 1992: Supplément au Rapport d'évaluation du GIEC*. Section A3, préparée par le Groupe de travail I du GIEC [J.T. Houghton, B.A. Callander et S.K. Varney (éd.)] et l'OMM/PNUÉ. Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni, 200 p.

aérosols, à un accroissement, d'ici l'an 2100, de la température moyenne globale à la surface d'environ 1 à 3,5 °C environ, et une élévation correspondante de 15 à 95 cm environ du niveau de la mer. La fiabilité des prévisions à l'échelle régionale reste faible et l'amplitude de changements éventuels dans la variabilité climatique reste incertaine. Cependant, on a identifié des changements potentiels sérieux, tels qu'une recrudescence, dans certaines régions, de l'apparition d'élévations extrêmes des températures, d'inondations et de sécheresses, qui multiplient les probabilités d'incendies, d'invasions de parasites et de perturbations de la composition, de la structure et du fonctionnement des écosystèmes, et notamment de leur productivité primaire.

La santé, les écosystèmes terrestres et aquatiques et les systèmes socio-économiques (comme l'agriculture, l'exploitation forestière, la pêche et les ressources en eau), éléments essentiels au développement et au bien-être de l'humanité, sont sensibles aux variations du climat. Si de nombreuses régions sont susceptibles de souffrir des effets négatifs de l'évolution du climat, dont certains risquent d'être irréversibles, certains effets pourront être bénéfiques. La société doit donc s'attendre à des bouleversements multiples auxquels elle devra s'adapter.

Les décideurs doivent faire face, en présence d'incertitudes scientifiques considérables, aux risques que comportent les gaz à effet de serre émis par les activités humaines. Il convient de considérer ces incertitudes à la lumière de l'information qu'il est difficile sinon impossible d'inverser rapidement les conséquences écologiques des changements climatiques en raison des échelles de temps qu'implique le système climatique (voir l'encadré 2). Les décisions qui seront prises durant les prochaines années risquent de limiter les futures options politiques du fait que de fortes émissions à court terme entraîneront l'exigence de réductions plus importantes à l'avenir pour pouvoir atteindre un seuil donné de concentration. Une temporisation pourrait conduire à une réduction du coût global des mesures d'atténuation, grâce à d'éventuels progrès techniques, mais elle pourrait aussi conduire à l'accélération et éventuellement à l'aggravation des changements climatiques, donc à une augmentation des frais d'adaptation et du coût des dommages.

Les décideurs vont devoir déterminer l'ampleur des mesures de précaution qu'ils veulent prendre en atténuant les émissions de gaz à effet

de serre et en accroissant par des processus d'adaptation la résistance des écosystèmes vulnérables. Les incertitudes existantes ne signifient pas qu'une nation ou la communauté des nations ne puisse pas mieux s'armer pour faire face à la vaste gamme des changements climatiques possibles ou pour se protéger contre des événements futurs potentiellement coûteux. En retardant de telles mesures, les différents pays ou le monde risquent de se trouver insuffisamment préparés en cas d'évolution défavorable et d'accroître la probabilité de conséquences irréversibles ou très coûteuses. Les mesures d'adaptation ou d'atténuation qui peuvent se justifier pour d'autres raisons aujourd'hui (lutte contre la pollution de l'air et de l'eau, par exemple) et qui donnent à la société une souplesse et une capacité de récupération plus grandes face aux incidences néfastes de l'évolution du climat apparaissent comme particulièrement souhaitables.

3. VULNÉRABILITÉ FACE À L'ÉVOLUTION DU CLIMAT

L'article 2 de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques souligne l'importance des écosystèmes naturels, de la production alimentaire et d'un développement économique durable. Le présent document porte sur la sensibilité, l'adaptabilité et la vulnérabilité (voir encadré 3) des écosystèmes et des systèmes socio-économiques (y compris l'hydrologie, la gestion des ressources en eau, les infrastructures humaines et la santé) face à l'évolution du climat.

L'évolution du climat imputable aux activités humaines ajoute une nouvelle contrainte importante. Les changements climatiques d'origine humaine représentent une contrainte supplémentaire notable, surtout pour les nombreux écosystèmes et systèmes socio-économiques déjà touchés par la pollution, une exploitation croissante des ressources et des pratiques de gestion non durable. Les systèmes les plus vulnérables sont les plus sensibles à l'évolution du climat et les moins adaptables.

La plupart des systèmes sont sensibles à l'évolution du climat. Les écosystèmes naturels, les systèmes socio-économiques et la santé humaine sont sensibles à l'ampleur et à la rapidité des changements climatiques.

ENCADRÉ 2. ÉCHELLE DE TEMPS DES PROCES-SUS INFLUANT SUR LE SYSTÈME CLIMATIQUE

- Renouvellement d'installations industrielles et énergétiques productrices de gaz à effet de serre : de plusieurs années à plusieurs décennies (sauf en cas de réforme anticipée)
- Stabilisation de la concentration atmosphérique des gaz à effet de serre à grande durée de vie, après stabilisation du niveau d'émission : de plusieurs décennies à plusieurs millénaires
- Rétablissement de l'équilibre du système climatique après stabilisation des concentrations de gaz à effet de serre : de plusieurs décennies à plusieurs siècles
- Rétablissement de l'équilibre du niveau de la mer après stabilisation du climat : plusieurs siècles
- Reconstitution/remise en état des écosystèmes endommagés ou perturbés : de plusieurs décennies à plusieurs siècles (l'extinction des espèces étant irréversible, il se peut que dans certains cas il soit impossible de reconstituer ou de rétablir certains écosystèmes)

ENCADRÉ 3. SENSIBILITÉ, ADAPTABILITÉ ET VULNÉRABILITÉ

La *sensibilité* est la capacité d'un système à réagir à une transformation des conditions climatiques (par exemple : degré de modification de la composition, de la structure et du fonctionnement d'un écosystème, et notamment de sa productivité primaire, par rapport à une variation de température ou de précipitation donnée).

L'*adaptabilité* est la capacité d'un système à ajuster ses mécanismes, ses processus et sa structure à des changements climatiques hypothétiques ou réels. L'adaptation peut être spontanée ou planifiée ; elle peut se produire en réponse à ou en prévision d'une évolution des conditions.

La *vulnérabilité* définit la mesure dans laquelle un système peut être dégradé ou endommagé par l'évolution du climat. Elle dépend non seulement de la sensibilité, mais aussi de l'adaptabilité du système à de nouvelles conditions climatiques.

L'ampleur et la rapidité des changements climatiques influencent l'une et l'autre, de manière importante, la sensibilité, l'adaptabilité et la vulnérabilité d'un système.

Les incidences sont difficiles à quantifier et les études réalisées jusqu'à présent ont une portée limitée. Bien que nos connaissances se soient sensiblement améliorées depuis une dizaine d'années et qu'il soit désormais possible de procéder à des évaluations qualitatives, toute projection quantitative quant aux incidences de l'évolution du climat sur un système donné et à un endroit donné est difficile à établir. Cela s'explique par l'incertitude des prévisions à l'échelle régionale, par notre connaissance actuellement limitée des nombreux processus en jeu et par la multiplicité des contraintes climatiques et non climatiques, dont les interactions ne sont pas toujours linéaires ou additives. La plupart des études d'impact portent sur les réactions de certains systèmes à l'évolution du climat suite à un doublement arbitraire de la concentration équivalente de CO₂ dans l'atmosphère. Très peu d'études ont envisagé les réactions dynamiques des systèmes à une augmentation continue de la concentration de gaz à effet de serre. Encore plus rares sont les études où l'on a considéré soit les conséquences d'une augmentation des concentrations allant au-delà d'un doublement de l'équivalent CO₂, soit les implications de contraintes multiples.

Le succès de l'adaptation dépend des progrès techniques, des dispositions institutionnelles, du financement disponible et de l'échange d'informations. De façon générale, les progrès techniques ont élargi les possibilités d'adaptation de systèmes gérés tels que l'agriculture et l'approvisionnement en eau. Cependant, l'accès de nombreuses régions du monde à ces techniques et aux informations appropriées est actuellement limité. L'efficacité et la rentabilité des stratégies d'adaptation dépend de la disponibilité de ressources financières, des transferts de technologies et des pratiques culturelles, pédagogiques, administratives, institutionnelles, juridiques et réglementaires sur le plan national et international. La prise en compte des problèmes posés par l'évolution du climat dans les décisions concernant l'utilisation des ressources et le développement, et dans la planification habituelle d'investissements d'infrastructure, permettrait de faciliter l'adaptation.

La vulnérabilité des systèmes croît quand leur capacité d'adaptation décroît. La vulnérabilité de la santé humaine, des systèmes socio-économiques et, dans une moindre mesure, des écosystèmes, dépend des conditions économiques et de l'infrastructure institutionnelle. Cela implique que la vulnérabilité aux changements climatiques est en général plus élevée dans les pays en voie de développement où les conditions économiques et institutionnelles sont moins favorables. Les populations qui vivent dans des régions arides ou semi-arides, des zones basses côtières, des régions sèches ou inondables ou sur de petites îles sont particulièrement exposées aux risques liés à l'évolution du climat. Certaines régions sont devenues plus vulnérables à des événements tels que tempêtes, inondations, sécheresses, à cause de l'accroissement de population dans diverses zones sensibles telles que les bassins fluviaux ou les plaines côtières. Les activités humaines, qui entraînent le morcellement de nombreux milieux, ont augmenté la vulnérabilité d'écosystèmes peu ou pas gérés par l'homme. Le morcellement limite le potentiel naturel d'adaptation et l'efficacité éventuelle de mesures visant à faciliter l'adaptation de ces systèmes, comme l'aménagement de couloirs de migration. Les effets à court terme du changement climatique seront dus aux variations de l'intensité et de la distribution saisonnière et géographique d'accidents climatiques courants, comme les tempêtes, les inondations et les sécheresses. Dans la plupart de ces exemples, la vulnérabilité peut être réduite grâce à un accroissement de la capacité d'adaptation.

La détection sera difficile et des changements imprévus ne sont pas à exclure. Pendant plusieurs dizaines d'années, il sera très difficile de déterminer avec certitude dans quelle mesure

d'éventuels changements dans des écosystèmes et des systèmes socio-économiques sont imputables à l'évolution du climat, en raison de la complexité de ces systèmes, de leurs nombreuses interactions non linéaires et de leur sensibilité à une multitude de facteurs climatiques et non climatiques. La définition d'un niveau de référence correspondant aux conditions prévues en l'absence de tout changement climatique est essentielle, car c'est par rapport à ce niveau que la totalité des impacts projetés seront mesurés. Plus l'évolution probable du climat dépassera les limites de nos connaissances empiriques (c'est-à-dire l'analyse des impacts des changements climatiques du passé), plus de nombreuses surprises et des bouleversements inattendus deviendront possibles.

Une intensification de la recherche et l'observation sont essentiels. Un plus large appui accordé à la recherche et à l'observation, et notamment au travail en collaboration des institutions nationales, internationales et multilatérales, est essentiel pour améliorer sensiblement les prévisions de l'évolution climatique à l'échelle régionale, comprendre la réaction des systèmes environnementaux et socio-économiques au changement climatique et à d'autres facteurs de stress, ainsi que pour mieux évaluer l'efficacité et la rentabilité des stratégies d'adaptation possibles.

3.1 Ecosystèmes terrestres et aquatiques

Les écosystèmes représentent la totalité du réservoir terrestre de diversité génétique et de diversité entre espèces et sont à l'origine d'un grand nombre de biens et de services essentiels aux individus et à la société. Ces biens et ces services comprennent : i) la production de la nourriture, des fibres, des médicaments et de l'énergie, ii) la transformation et le stockage du carbone et d'autres éléments nutritifs, iii) l'assimilation des déchets, l'épuration de l'eau, la régulation

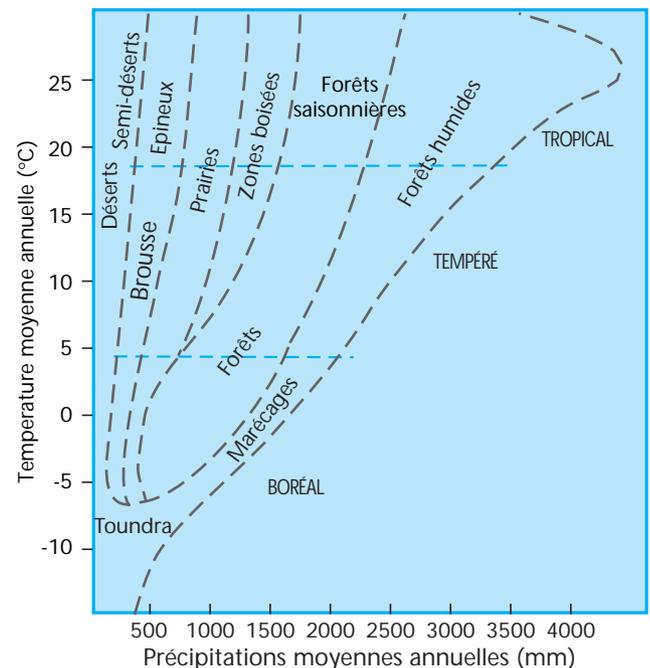


Figure 1. Cette figure illustre comment la moyenne annuelle des températures et des précipitations peut être corrélée avec la répartition des principaux biomes de la planète. Malgré l'importance de ces moyennes annuelles pour la distribution des biomes, il est à noter que cette répartition dépend aussi largement de facteurs saisonniers tels que la durée de la saison sèche ou la température minimale absolue, de certaines propriétés du sol telles que la capacité de rétention d'eau, de l'utilisation traditionnelle des sols - agriculture ou pâturage, par exemple - et de facteurs perturbateurs tels que la fréquence des incendies.

larisation du ruissellement et la lutte contre les inondations, la dégradation des sols et l'érosion des plages, et iv) des possibilités d'activités récréatives et touristiques. Ces écosystèmes et les fonctions qu'ils assurent sont sensibles à la rapidité et à l'amplitude de l'évolution du climat. On voit sur la figure 1 qu'il est possible d'établir une corrélation entre la moyenne annuelle des températures et des précipitations, et la répartition des principaux biomes de la planète.

La composition et la répartition géographique de nombreux écosystèmes vont se modifier en raison de la sensibilité des espèces individuelles à l'évolution du climat. La diversité biologique et les biens et services que les écosystèmes offrent à la société vont sans doute diminuer. Il faudra sans doute plusieurs centaines d'années après la stabilisation du climat pour que certains écosystèmes parviennent à un nouvel équilibre.

Forêts. D'après les résultats des modèles, une augmentation de la température moyenne globale de seulement 1 °C suffit à provoquer des changements climatiques régionaux susceptibles d'affecter en de nombreux endroits la capacité de croissance et de régénération des forêts. Dans divers cas, les fonctions et la composition des forêts en seraient sensiblement altérées. En raison de l'évolution possible des températures et de la quantité d'eau disponible que pourrait entraîner un doublement de la concentration équivalente de dioxyde de carbone, une proportion importante des zones actuellement boisées (un tiers en moyenne globale – de 15 % à 65 % selon les régions) subiraient de vastes mutations dans les types de végétation; celles-ci seraient maximales dans les latitudes élevées et minimales dans les latitudes tropicales. On s'attend à ce que le climat évolue de manière rapide par rapport au rythme de croissance, de reproduction et de régénération des forêts. Dans les latitudes moyennes, un réchauffement de 1 à 3,5 °C en moyenne globale au cours des cent prochaines années pourrait conduire à une migration des isothermes actuels vers les pôles d'environ 150 à 550 km ou à leur migration en altitude de 150 à 550 m; aux basses latitudes, les températures atteindront généralement des valeurs supérieures aux valeurs présentes. A titre de comparaison, on estime que la migration des espèces d'arbre s'est produite dans le passé à une vitesse de 4 à 200 km par siècle selon les espèces et l'ampleur du changement climatique. Ainsi, les espèces composant les forêts changeront probablement; certains types de forêts disparaîtront entièrement, tandis que de nouvelles espèces s'assembleront pour donner lieu à de nouveaux écosystèmes (la figure 2 indique la répartition possible des principaux biomes du monde dans les conditions actuelles et pour le cas d'un doublement de la concentration équivalente de CO₂). Bien que la productivité primaire nette puisse augmenter, il pourrait ne pas en aller de même pour la biomasse forestière, en raison de la recrudescence d'invasions de parasites et d'organismes pathogènes, de l'extension de leur aire de répartition et de la fréquence et de l'intensité accrues des incendies. De grandes quantités de carbone pourraient être rejetées dans l'atmosphère lors de la transition entre deux types de peuplement forestier, car en période de mortalité forestière élevée, le taux de déperdition du carbone est supérieur à son taux de fixation lors de la phase de croissance vers la maturité.

Prairies et pâturages. Dans les zones de prairies tropicales, l'élévation moyenne des températures ne devrait pas modifier de manière significative la productivité et la composition des espèces, qui seraient par contre affectées par des variations de la quantité et de la répartition saisonnière des pluies et une augmentation de l'évapotranspiration. Une plus grande concentration de dioxyde de carbone dans l'atmosphère pourrait conduire à un relèvement du rapport carbone-azote dans le fourrage, ce qui en réduirait la valeur

nutritive. Les variations de température et de précipitation dans les prairies tempérées pourraient changer les périodes de croissance et déplacer les limites actuelles entre prairies, forêts et brousses.

Déserts et désertification. Les déserts deviendront vraisemblablement plus extrêmes, en ceci qu'à quelques exceptions près, ces régions deviendront, d'après les modèles, plus chaudes mais pas plus humides. Un réchauffement pourrait mettre en danger des organismes qui sont déjà proches des limites de tolérance thermique. Les incidences sur le bilan hydrique, l'hydrologie et la végétation sont incertaines. Selon la définition de la Convention internationale sur la lutte contre la désertification, on entend par désertification une dégradation des sols dans les zones arides, semi-arides et subhumides sèches, due à divers facteurs, entre autres les variations climatiques et les activités humaines. La désertification risque d'autant plus de devenir irréversible que l'environnement deviendra plus sec et que les sols seront plus dégradés par l'érosion et le tassement. L'adaptation à la sécheresse et à la désertification pourrait reposer sur la création de systèmes de production diversifiés.

Cryosphère. Selon le résultat des modèles, entre un tiers et la moitié de la masse des glaciers alpins actuels pourrait disparaître au cours des cent prochaines années. La réduction de la superficie des glaciers et de l'épaisseur de la couverture neigeuse pourrait se répercuter sur la répartition saisonnière des débits fluviaux et de l'alimentation en eau des centrales hydroélectriques et de l'agriculture. Les bouleversements hydrologiques prévus et la réduction de la superficie et de l'épaisseur du pergélisol pourraient entraîner une détérioration à grande échelle des infrastructures, un rejet plus important de dioxyde de carbone dans l'atmosphère et des changements dans les processus qui contribuent aux émissions de méthane dans l'atmosphère. La réduction de la superficie et de l'épaisseur des glaces de mer permettrait de prolonger la durée saisonnière de navigation dans les zones côtières et sur les cours d'eau actuellement bloqués par une couverture de glace saisonnière et d'accroître la circulation maritime dans l'océan Arctique. Pour les 50 à 100 prochaines années, on prévoit peu de changements en ce qui concerne l'étendue des calottes glaciaires du Groenland et de l'Antarctique.

Régions de montagne. La diminution prévue de l'étendue des glaciers de montagne, du pergélisol et de l'enneigement imputable au réchauffement climatique risque d'affecter les systèmes hydrologiques, la stabilité des sols et les systèmes socio-économiques des régions de montagne. Il est prévu que la répartition de la végétation selon l'altitude se déplace vers le haut. Certaines espèces ayant une aire de répartition climatique limitée aux sommets des montagnes risquent l'extinction en raison de la disparition de leur habitat ou de la réduction de leur potentiel de migration. Les populations autochtones dans de nombreux pays en voie de développement pourront être privées des ressources que leur offre la montagne, telles que la nourriture et l'énergie. L'industrie des loisirs, d'une importance économique de plus en plus grande pour de nombreuses régions, risque également d'être affectée.

Lacs, cours d'eau et zones humides. Les écosystèmes aquatiques seront également touchés par l'évolution du climat : variations de la température de l'eau, des régimes d'écoulement et du niveau des eaux. En ce qui concerne les lacs et les cours d'eau, le réchauffement climatique aurait les répercussions biologiques les plus marquées aux latitudes élevées, où la productivité biologique augmenterait, ainsi qu'à la limite de basse latitude entre les zones de répartition des espèces d'eau froide et d'eau fraîche, où le nombre d'extinctions serait maximal. Le réchauffement des lacs vastes et profonds de la zone tempérée en accroîtrait la productivité. En revanche, le réchauffement de certains lacs et cours d'eau peu profonds pourrait accroître le risque

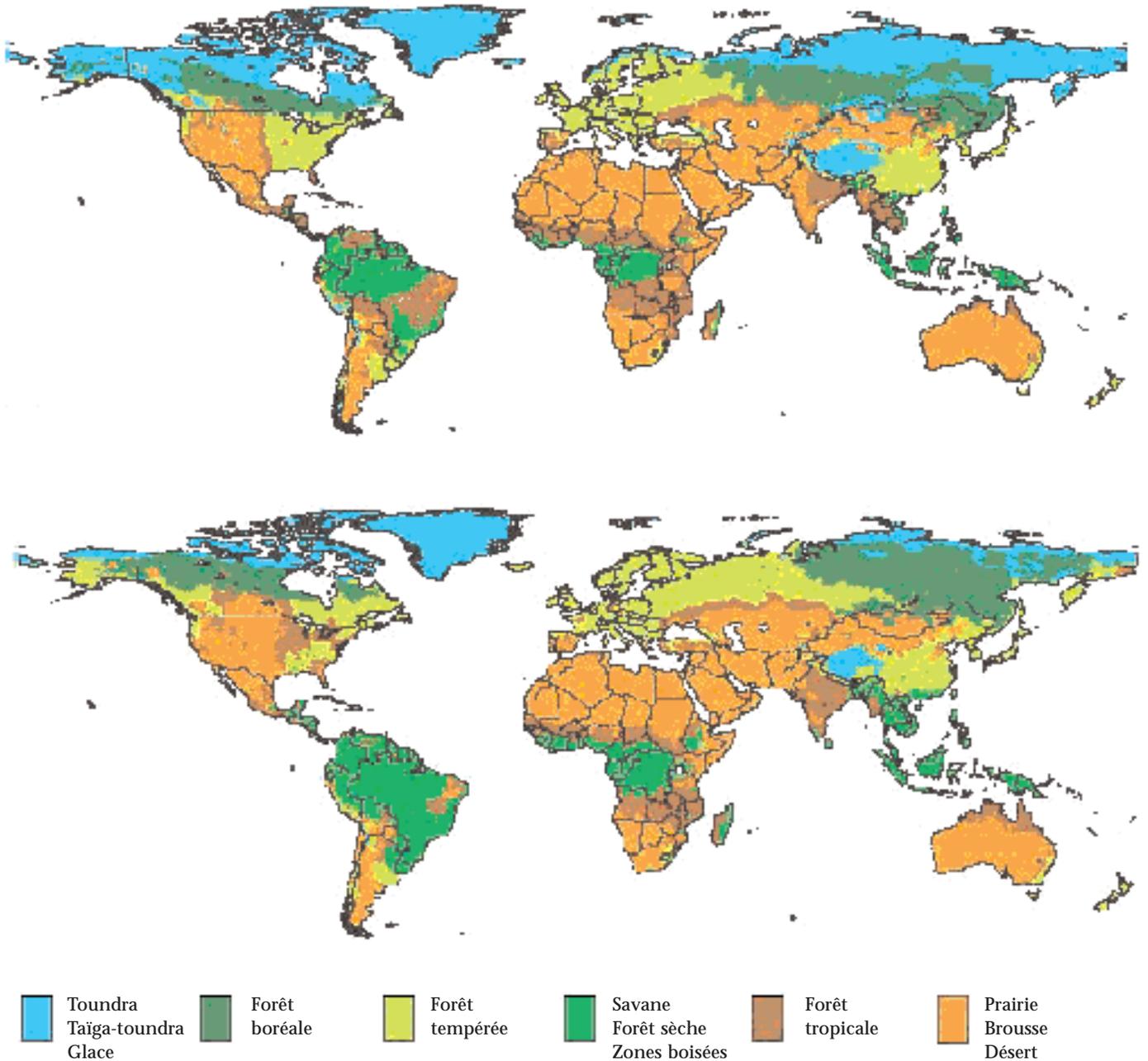


Figure 2. *En haut* : répartition possible des principaux biomes du monde dans les conditions climatiques actuelles, obtenue par simulation à partir du modèle MAPSS (cartographie du système atmosphère-végétation-sol). Par “répartition possible”, on entend la répartition de la végétation naturelle pouvant être supportée sur chaque site, étant donné la quantité des précipitations, les températures, l’humidité et la vitesse du vent en moyenne mensuelle. *En bas* : répartition prévue des principaux biomes du monde, obtenue en simulant les incidences d’un doublement de la concentration équivalente de CO₂ – et notamment les effets physiologiques directs du CO₂ sur la végétation – à partir du modèle de circulation générale du GFDL. Les deux schémas sont adaptés de Nielsen, R.P. et D. Marks, 1994: A global perspective of regional vegetation and hydrologic sensitivities from climatic change. *Journal of Vegetation Science*, 5, 715-730.

d’anoxie. L’augmentation de la variabilité du débit hydrologique, et notamment de la fréquence et de la durée des grandes crues et des grandes sécheresses, pourrait avoir tendance à réduire la qualité d’eau ainsi que la productivité biologique et les habitats des cours d’eau. C’est dans les lacs et les cours d’eau des drainages asséchés par évaporation et dans les bassins ayant une aire de drainage réduite que

les baisses de niveau seront les plus importantes. La répartition géographique des zones humides se modifiera vraisemblablement en raison de l’évolution des températures et des précipitations. Les modifications climatiques vont se répercuter sur la quantité de gaz à effet de serre libérée par les zones humides non soumises aux marées, mais les incidences précises selon les sites sont incertaines.

Écosystèmes côtiers. On prévoit des réactions très diverses des écosystèmes côtiers, dont l'importance économique et écologique est considérable, face à la modification du climat et du niveau de la mer. Les changements climatiques, l'élévation du niveau de la mer et l'évolution des tempêtes et des raz de marée pourraient se traduire par l'érosion des plages et des habitats qui leur sont associés, par une augmentation de la salinité des estuaires et des aquifères d'eau douce, par une modification de l'amplitude des marées dans les cours d'eau et les baies, par une altération du transport de sédiments et d'éléments nutritifs, par la pollution chimique et micro-biologique, et des inondations accrues sur les côtes. Certains écosystèmes côtiers sont particulièrement menacés, par exemple les marais d'eau salée, les mangroves, les marécages côtiers, les récifs et atolls coralliens et les deltas fluviaux. L'altération de ces écosystèmes aurait de graves conséquences pour le tourisme, l'alimentation en eau douce, la pêche et la biodiversité. Ces conséquences s'ajouteraient aux modifications déjà constatées dans les eaux côtières et intérieures en raison de la pollution, d'altérations physiques et des matières déversées par l'homme.

Océans. L'évolution du climat va entraîner des variations du niveau de la mer, qui va s'élever en moyenne. Elle pourrait aussi conduire à un bouleversement de la circulation océanique, à un brassage vertical, à l'altération du régime des vagues et à une réduction de l'étendue des glaces de mer. Une telle situation peut se répercuter sur la disponibilité d'éléments nutritifs, sur la productivité biologique, sur la structure et les fonctions des écosystèmes marins et sur la capacité de stockage de chaleur et de carbone, avec d'importantes rétroactions sur le système climatique. Ces changements auraient des impacts sur les régions côtières, la pêche, le tourisme, les loisirs, les transports, les installations en mer et les communications. Selon les données paléoclimatiques et les modélisations, une brusque évolution du climat peut se produire si la fonte des glaces de mer et des calottes glaciaires provoque un afflux d'eau douce, décroissant sensiblement la circulation thermohaline océanique.

3.2 Hydrologie et gestion des ressources en eau

L'évolution du climat va conduire à une intensification du cycle hydrologique mondial et pourra avoir d'importantes répercussions sur les ressources régionales en eau. Une modification du volume et de la répartition des eaux va affecter l'approvisionnement en eau souterraine et de surface utilisée à des fins ménagères et industrielles, pour l'irrigation, la production d'énergie hydraulique, la navigation, les écosystèmes fluviaux et les loisirs aquatiques.

Les variations de la quantité totale, de la fréquence et de l'intensité des précipitations se répercutent directement sur l'ampleur et la répartition dans le temps du ruissellement, ainsi que sur l'importance des inondations et des sécheresses. Cependant, on connaît mal actuellement les effets spécifiques à l'échelle régionale. Des variations relativement faibles de température et de précipitation, associées à des effets non linéaires dans l'évapotranspiration et l'humidité du sol, peuvent entraîner une modification assez sensible du ruissellement, particulièrement dans les régions arides et semi-arides. Dans les latitudes élevées, les ruissellements pourraient s'accroître en raison d'une augmentation des précipitations, tandis que dans les basses latitudes, ils pourraient diminuer en raison des effets combinés d'une augmentation de l'évapotranspiration et d'une réduction des précipitations. L'intensification des pluies aurait tendance à accroître le ruissellement et le risque d'inondations, bien que cette tendance ne dépende pas uniquement de l'évolution de la pluviosité, mais aussi des caractéristiques physiques et biologiques des bassins d'alimentation. Un réchauffement du climat entraînerait une diminution de la proportion des précipitations

sous forme de neige, d'où une réduction du ruissellement de printemps et une augmentation du ruissellement d'hiver.

La quantité et la qualité de l'alimentation en eau posent déjà de sérieux problèmes dans de nombreuses régions, et notamment dans certaines zones côtières ou deltaïques, ainsi que sur certaines petites îles, ce qui les rend particulièrement vulnérables à toute réduction supplémentaire de la quantité d'eau disponible localement. Cette quantité est actuellement inférieure à 1000 m³ par personne et par an dans certains pays comme le Koweït, la Jordanie, Israël, le Rwanda, la Somalie, l'Algérie et le Kenya, ou devrait passer au-dessous de cette limite d'ici 20 à 30 ans (par exemple en Libye, en Egypte, en Afrique du Sud, en Iran et en Ethiopie). En outre, certains pays situés dans des points sensibles du globe dépendent en grande partie de l'étranger pour leur approvisionnement en eau (par exemple le Cambodge, la Syrie, le Soudan, l'Egypte et l'Irak).

Les incidences des changements climatiques vont dépendre de l'état initial des réseaux d'alimentation en eau et de la capacité des responsables des ressources en eau de répondre non seulement à ces changements, mais aussi à la croissance démographique et à l'évolution de la demande, des techniques et des conditions économiques, sociales et législatives. Dans certains cas – notamment dans les pays les plus riches disposant de systèmes de gestion intégrée des eaux – l'amélioration de la gestion, qui est possible moyennant un coût minime, est susceptible de protéger les usagers des conséquences de ces changements. Dans de nombreux autres cas, cependant, le prix économique, social et écologique à payer pourrait être très élevé, surtout dans des régions où l'eau est rare et où la concurrence entre utilisateurs est considérable. Les experts ont des opinions divergentes sur la question de savoir si les réseaux d'alimentation en eau vont évoluer suffisamment à l'avenir pour compenser les incidences négatives des changements climatiques et l'augmentation probable de la demande.

Les solutions permettant de faire face aux incidences possibles de l'évolution du climat et aux incertitudes croissantes quant à l'offre et à la demande d'eau douce à l'avenir comprennent une gestion plus efficace des ressources et de l'infrastructure actuelles, des dispositions institutionnelles visant à limiter la future demande et à promouvoir la conservation des ressources en eau, l'amélioration des mécanismes de prévision et de suivi des inondations et des sécheresses, la remise en état des bassins versants, surtout dans les régions tropicales, et la construction de nouveaux ouvrages de génie civil permettant de capter et de stocker l'excédent de débit dû à des changements dans le régime de la fonte des neiges et des tempêtes.

3.3 Produits alimentaires et fibres

Agriculture. Les variations de la production et de la productivité agricoles imputables à l'évolution du climat vont être extrêmement variables selon les régions et les endroits, ce qui bouleversera les modes de production. Il est prévu que la productivité augmente dans certaines régions et diminue dans d'autres, surtout sous les latitudes tropicales et subtropicales (voir le Tableau 2). Cependant, les études effectuées jusqu'à présent à partir des modèles de circulation générale indiquent que dans l'ensemble, la production agricole mondiale pourrait se maintenir par rapport au niveau actuel dans le cas d'un doublement des concentrations équivalentes de CO₂, mais que les effets régionaux de cette évolution seraient très variables. Cette projection tient compte du rôle fertilisant du CO₂ mais non des incidences de parasites et des conséquences possibles de la variabilité climatique.

L'examen de la production agricole mondiale ne rend pas compte des conséquences que peuvent avoir des différences sensibles à l'échelle locale ou régionale, même dans les latitudes moyennes. Les risques de disette alimentaire et de famine peuvent s'accroître à certains endroits. C'est parmi les populations les plus

Tableau 2. Résultats d'analyses portant sur des cultures choisies, réalisées à partir d'un modèle de circulation générale pour divers scénarios supposant un doublement de la concentration équivalente de CO₂

Région	Culture	Incidence sur le rendement (%)	Observations
Amérique latine	Maïs	De -61 vers augmentation	Données en provenance d'Argentine, du Brésil, du Chili et du Mexique; fourchette couvrant l'ensemble des scénarios, avec et sans effet du CO ₂
	Blé	De -50 à -5	Données en provenance d'Argentine, d'Uruguay et du Brésil; fourchette couvrant l'ensemble des scénarios, avec et sans effet du CO ₂
	Soja	De -10 à +40	Données en provenance du Brésil; fourchette couvrant l'ensemble des scénarios, avec l'effet du CO ₂
Ex-URSS	Blé	De -19 à +41	Fourchette couvrant l'ensemble des scénarios, avec l'effet du CO ₂
	Céréales	De -14 à +13	
Europe	Maïs	De -30 vers augmentation	Données en provenance de France, d'Espagne et d'Europe du Nord; avec adaptation et effet du CO ₂ ; hypothèse d'une saison plus longue, d'une baisse d'efficacité de l'arrosage et d'un décalage vers le nord
	Blé	Accroissement ou diminution	Données en provenance de France, du Royaume-Uni et d'Europe du Nord; avec adaptation et effet du CO ₂ ; hypothèse d'une saison plus longue, d'un décalage vers le nord, d'une recrudescence des parasites et d'un risque réduit de mauvaises récoltes
	Légumes	Accroissement	Données en provenance du Royaume-Uni et d'Europe du Nord; hypothèse d'une recrudescence des parasites et d'un risque réduit de mauvaises récoltes
Amérique du Nord	Maïs	De -55 à +62	Données en provenance des Etats-Unis et du Canada;
	Blé	De -100 à +234	fourchette couvrant l'ensemble des scénarios et des sites, avec et sans adaptation, avec et sans effet du CO ₂
	Soja	De -96 à +58	Données en provenance des Etats-Unis; incidence moins grave ou augmentation du rendement avec l'effet du CO ₂ et en cas d'adaptation
Afrique	Maïs	De -65 à +6	Données en provenance d'Egypte, du Kenya, d'Afrique du Sud et du Zimbabwe; fourchette couvrant l'ensemble des analyses et des scénarios climatiques, avec l'effet du CO ₂
	Millet	De -79 à -63	Données en provenance du Sénégal; chute de 11 à 38 % de la capacité biotique
	Biomasse	Diminution	Données en provenance d'Afrique du Sud; décalage des zones agro-écologiques
Asie du Sud	Riz	De -22 à +28	Données en provenance du Bangladesh, d'Inde, des Philippines, de Thaïlande, d'Indonésie, de Malaisie et du Myanmar; fourchette couvrant l'ensemble des scénarios, avec l'effet du CO ₂ ; prise en compte des mesures d'adaptation dans certaines analyses
	Maïs	De -65 à -10	
	Blé	De -61 à +67	
Chine	Riz	De -78 à +28	Données valables pour les rizières irriguées et non irriguées; fourchette couvrant l'ensemble des sites et des scénarios; possibilités d'adaptation grâce aux variations génétiques
Autres pays d'Asie et du Pacifique	Riz	De -45 à +30	Données en provenance du Japon et de Corée du Sud; fourchette couvrant l'ensemble des scénarios, généralement positive dans le nord du Japon et négative dans le sud
	Fourrage	De -1 à +35	Données en provenance d'Australie et de Nouvelle-Zélande; variations selon les régions
	Blé	De -41 à +65	Données en provenance d'Australie et du Japon; variations sensibles selon les variétés

Note : Pour la plupart des régions, les analyses portent sur une ou deux cultures principales. Ces analyses démontrent clairement la variabilité des incidences sur le rendement selon les pays, les scénarios, les techniques d'analyse et les cultures, ce qui rend difficile une généralisation des résultats à des régions entières ou à divers scénarios climatiques.

pauvres du monde – notamment celles des régions tropicales et subtropicales qui, dans les zones arides et semi-arides, dépendent de systèmes d'exploitation isolés – que le problème de la faim risque de s'intensifier le plus. Nombre des populations en danger se trouvent en Afrique subsaharienne, en Asie du Sud, de l'Est et du Sud-Est, dans les régions tropicales d'Amérique latine et sur certaines îles du Pacifique.

L'adaptation, consistant par exemple à modifier les cultures ou les variétés cultivées, à améliorer la gestion des eaux et les techniques d'irrigation et à modifier le calendrier des plantations et le mode de culture, jouera un rôle important pour limiter les effets négatifs de l'évolution du climat et pour bénéficier de ses effets positifs. Les possibilités d'adaptation dépendent de la capacité à financer de telles mesures, notamment dans les pays en voie de développement, de l'accès au savoir-faire et à la technologie, de la vitesse d'évolution du climat et de contraintes biophysiques telles que la disponibilité en eau, les caractéristiques des sols et les conditions phytogénétiques. Le coût marginal des stratégies d'adaptation pourrait être très lourd pour les pays en voie de développement. En revanche, certaines de ces stratégies pourraient se traduire par des économies pour certains pays. Il existe de grandes incertitudes quant à la capacité de diverses régions de s'adapter avec succès à l'évolution prévue du climat.

L'élevage pourrait être touché par les variations du prix des céréales et par la baisse de productivité des prairies et des pâturages. Les analyses indiquent en général que l'élevage intensif est davantage susceptible de s'adapter que l'agriculture. Cela ne sera peut-être pas le cas de l'élevage extensif, qui est lent à adopter de nouvelles techniques et où les changements technologiques sont considérés comme risqués.

Industrie forestière. Au cours du xxi^e siècle, l'approvisionnement mondial en bois risque d'être insuffisant pour faire face à la demande envisagée, à cause de facteurs tant climatiques que non climatiques. Les changements climatiques prévus vont sans doute entraîner une mortalité des arbres, irrégulière et à grande échelle dans les forêts boréales. Dans un premier temps, ces pertes pourraient se traduire par un accroissement de la production, grâce aux coupes de récupération, mais elles risquent de réduire fortement le stock existant et la disponibilité à long terme de produits forestiers. Le déroulement exact dans le temps et l'ampleur du phénomène sont incertains. On s'attend à ce que les incidences de l'évolution du climat et de l'exploitation du sol sur la production des forêts tempérées soient relativement modestes. Dans les régions tropicales, en revanche, la disponibilité de produits forestiers va, d'après les modèles, se réduire de moitié environ, pour des raisons non climatiques, liées aux activités humaines.

Pêche. Les effets de l'évolution du climat interagissent avec ceux d'une surexploitation généralisée des stocks, entraînant une réduction des zones de reproduction, et avec ceux d'une pollution côtière à grande échelle. Globalement la production des pêcheries maritimes devrait rester à peu près stable. Dans les latitudes élevées, la production de la pêche en eau douce et de l'aquaculture devrait s'accroître si l'on admet que la variabilité naturelle du climat et que la structure et la force des courants océaniques resteront à peu près les mêmes. Les principales répercussions seront ressenties à l'échelle nationale et locale en raison du brassage des espèces et du déplacement des centres de production. Les effets bénéfiques de l'évolution du climat – tels qu'allongement des saisons de croissance, réduction de la mortalité naturelle hivernale et accélération du rythme de croissance dans les latitudes élevées – risquent d'être annulés par des effets négatifs tels que le bouleversement des modes de reproduction, des voies de migration et des rapports entre écosystèmes.

3.4 Infrastructure humaine

L'évolution du climat et l'élévation du niveau de la mer risquent d'avoir des incidences négatives sur l'infrastructure énergétique, industrielle et de transport, les habitats humains, le secteur de l'assurance, le tourisme et les systèmes et valeurs culturelles.

De façon générale, la sensibilité aux changements climatiques des secteurs de l'énergie, de l'industrie et des transports est relativement faible par rapport à celle de l'agriculture et des écosystèmes naturels. La capacité d'adaptation de ces secteurs, par la gestion et le remplacement à terme du parc énergétique et industriel, devrait être élevée. Cependant, des événements inattendus et un accroissement de la fréquence ou de l'intensité des phénomènes météorologiques extrêmes pourraient affecter l'infrastructure et les activités de ces secteurs. Les domaines et les activités les plus sensibles à l'évolution du climat comprennent l'industrie agro-alimentaire, la demande en énergie, la production de formes d'énergie renouvelables telles que l'énergie hydroélectrique et l'énergie de la biomasse, le bâtiment et les travaux publics, certaines activités de transport, les dispositifs actuels d'amortissement des crues et l'infrastructure des transports à de nombreux endroits, parmi lesquels les zones côtières exposées et les régions de pergélisol.

De toute évidence, l'évolution du climat va accroître la vulnérabilité de certaines populations côtières face aux inondations et au recul des terres par érosion. On estime actuellement à 46 millions par an le nombre de personnes menacées d'inondations dues à des tempêtes. On a obtenu ce chiffre en multipliant le nombre total de personnes vivant actuellement dans des zones exposées aux raz-de-marée par la probabilité annuelle d'inondation de ces zones, compte tenu du niveau actuel de protection et de la densité de population. Faute de mesures d'adaptation, une élévation de 50 cm du niveau de la mer porterait ce nombre à environ 92 millions, tandis qu'une élévation d'un mètre le porterait à 118 millions. Ces chiffres augmentent sensiblement si l'on tient compte de la croissance démographique prévue. Certains petits états insulaires et d'autres pays seront plus vulnérables en raison de la relative faiblesse des dispositifs actuels de protection maritime et côtière. Les pays ayant une plus forte densité de population seront aussi plus vulnérables. L'élévation du niveau de la mer pourrait y obliger des populations entières à des migrations interne ou vers d'autres pays.

Diverses études ont évalué la sensibilité à une élévation d'un mètre du niveau de la mer. Une telle élévation correspond à la limite supérieure des estimations établies par le Groupe de travail I du GIEC pour l'an 2100. Cependant, il est à noter que selon les modèles, le niveau de la mer devrait continuer à monter au-delà du xxi^e siècle. Les études fondées sur une élévation d'un mètre indiquent que les petites îles et les deltas seront particulièrement exposés. Compte tenu de l'état actuel des dispositifs de protection, le recul des terres prévu est par exemple de 0,05 % pour l'Uruguay, de 1,0 % pour l'Égypte, de 6,0 % pour les Pays-Bas, de 17,5 % pour le Bangladesh et d'environ 80 % pour l'île Majuro, dans l'archipel des îles Marshall. Un grand nombre de personnes seront touchées : 70 millions en Chine et autant au Bangladesh, par exemple. De nombreux pays risquent de subir des pertes d'une valeur supérieure à 10 % de leur produit intérieur brut (PIB). Bien que le coût annuel moyen de la protection soit relativement modeste dans de nombreux pays (environ 0,1 % du PIB), il représente plusieurs points de pourcentage du PIB dans de nombreux petits états insulaires. Pour certains de ces états, le prix de la protection contre les tempêtes est exorbitant, essentiellement à cause de la faiblesse des capitaux susceptibles d'être investis.

Les habitats humains les plus vulnérables se trouvent dans des zones à risque des pays en voie de développement qui ne disposent pas des ressources nécessaires pour faire face aux incidences de l'évolution du climat. Une gestion efficace des zones côtières et une

réglementation stricte de l'aménagement du territoire pourraient contribuer à éloigner les populations de secteurs vulnérables tels que zones d'inondation, pentes escarpées ou zones côtières. Cette évolution pourrait avoir une conséquence particulière et potentiellement perturbatrice pour les zones construites : la migration intérieure ou internationale des populations. Des programmes d'aide aux sinistrés permettraient sans doute d'atténuer certaines des répercussions les plus préjudiciables des changements climatiques et de réduire le nombre de réfugiés.

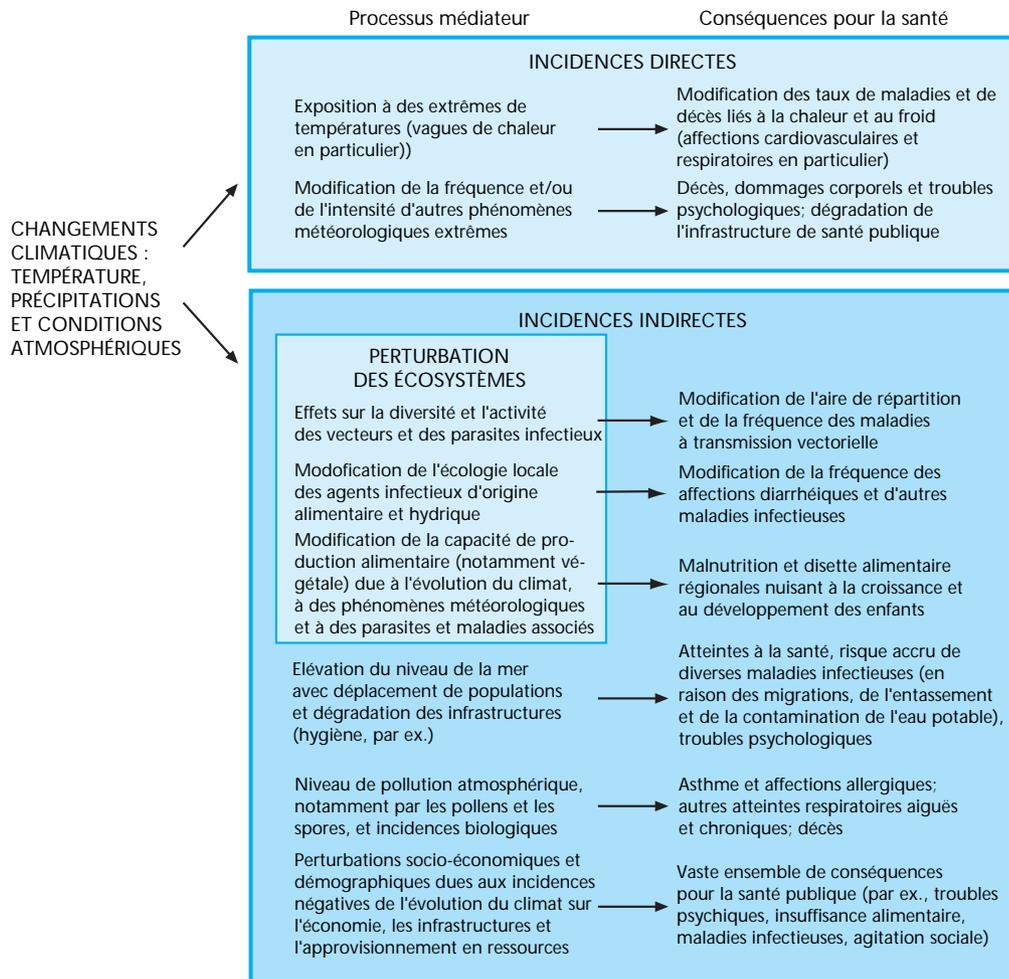
Le secteur de l'assurance est sensible aux phénomènes climatiques extrêmes. Un risque plus élevé de ces événements extrêmes dû à l'évolution du climat pourrait entraîner une augmentation des primes ou la résiliation de la couverture des biens dans certaines zones vulnérables. Les changements de la variabilité du climat et la probabilité de phénomènes extrêmes peuvent être difficiles à détecter ou à prévoir, ce qui gênera les compagnies d'assurance pour apporter aux primes les corrections appropriées. Si de telles difficultés conduisent à l'insolvabilité de ces compagnies, celles-ci risquent de ne plus pouvoir honorer leurs contrats, ce qui, sur le plan économique, pourrait affaiblir d'autres secteurs tels que le secteur bancaire. Le secteur des assurances doit actuellement faire face à une série de tempêtes ayant coûté des milliards de dollars depuis 1987, entraînant des pertes considérables, la réduction des risques assurés et des coûts plus élevés.

Dans ce secteur de l'assurance, certains perçoivent une tendance actuelle à la multiplication et l'aggravation des phénomènes climatiques extrêmes. L'analyse des données météorologiques ne confirme pas cette perception dans une perspective à long terme, bien qu'une variation restant dans les limites de la variabilité naturelle ait pu se produire. L'augmentation des pertes reflète essentiellement le développement des infrastructures et l'accroissement de leur valeur économique dans les zones à risque, ainsi qu'une éventuelle évolution de l'intensité et de la fréquence des phénomènes météorologiques extrêmes.

3.5 Santé

L'évolution du climat risque d'avoir des effets nombreux et principalement négatifs pour la santé, et d'être une cause significative de mortalité. Ces effets pourraient être à la fois directs ou indirects (Figure 3), et il est probable qu'à long terme, les effets indirects prédominent.

Les effets directs de l'évolution du climat sur la santé comprennent l'accroissement des décès et des affections (en majorité cardio-respiratoires) imputables à l'augmentation prévue de l'intensité et de la durée des vagues de chaleur. Le réchauffement des régions froides devrait se traduire par une diminution du taux de mortalité due au froid. Une augmentation des phénomènes météorologiques extrêmes pourrait entraîner davantage de décès, d'affections et de troubles psychologiques, ainsi qu'un risque accru d'exposition à des eaux polluées.



Note : La vulnérabilité des populations face aux incidences des changements climatiques sur la santé dépend de leurs ressources naturelles, techniques et sociales.

Figure 3. Incidences de l'évolution du climat sur la santé

Les effets indirects de l'évolution du climat sont le risque de recrudescence de maladies infectieuses transmises par des vecteurs (comme le paludisme, la dengue, la fièvre jaune et certaines encéphalites d'origine virale) imputable à l'extension de l'aire de répartition et à l'allongement de la période de reproduction des vecteurs. Selon des projections obtenues à partir de modèles (nécessitant l'emploi d'hypothèses simplificatrices), si l'on suppose un réchauffement planétaire correspondant à la limite supérieure des projections du GIEC (de 3 à 5 °C d'ici 2100), la zone géographique de transmission possible du paludisme passerait de 45 % environ de la population mondiale à environ 60 % d'ici le milieu du XXI^e siècle. Cette évolution pourrait entraîner une recrudescence du paludisme (de l'ordre de 50 à 80 millions de cas supplémentaires par an par rapport à un total mondial de référence évalué à 500 millions de cas), surtout dans les régions tropicales et subtropicales et parmi les populations les moins bien protégées de la zone tempérée. Les maladies infectieuses à transmission non vectorielle telles que la salmonellose, le choléra et la giardiase pourraient également s'étendre en raison de l'élévation des températures et de la multiplication des inondations.

D'autres conséquences indirectes de l'évolution du climat sont les affections respiratoires et allergiques dues à la prolifération de certains polluants atmosphériques, pollens et spores de moisissures que favorise cette évolution. La pollution de l'air et des conditions météorologiques perturbatrices s'associent pour accroître le risque de morbidité et de mortalité. Dans certaines régions, l'état nutritionnel pourrait se dégrader en raison des incidences de l'évolution du climat préjudiciables à la productivité de l'industrie alimentaire et de la pêche. La raréfaction de l'eau douce va également se répercuter sur la santé humaine.

Il est difficile de quantifier les incidences prévues de l'évolution du climat sur la santé, car l'importance des problèmes sanitaires imputables à cette évolution dépend de nombreux facteurs concomitants et interdépendants qui caractérisent la vulnérabilité de la population concernée : conditions ambiantes et socio-économiques, état nutritionnel et immunitaire, densité de la population et accessibilité à des services de santé de qualité. Les mesures d'adaptation permettant de réduire ces incidences sont les dispositifs de protection (logement, climatisation, épuration des eaux et vaccinations), la préparation à des catastrophes et des soins de santé appropriés.

4. MESURES DE RÉDUCTION DES ÉMISSIONS ET D'ACCROISSEMENT DES PUITES DE GAZ À EFFET DE SERRE

Les activités humaines entraînent directement l'augmentation de la concentration atmosphérique de divers gaz à effet de serre, dont le dioxyde de carbone, le méthane, les hydrocarbures halogénés, l'hexafluorure de soufre et l'azote dinitreux. Le dioxyde de carbone est le plus important de ces gaz, suivi du méthane. En outre, les activités humaines se répercutent indirectement sur la teneur atmosphérique en vapeur d'eau et en ozone. Une réduction sensible des émissions nettes de gaz à effet de serre est techniquement et économiquement possible. Un tel résultat peut être atteint grâce à une vaste gamme de techniques et à des mesures visant à accélérer le développement, la diffusion et le transfert de technologies dans tous les secteurs, notamment le secteur énergétique, industriel, des transports, résidentiel/commercial et agricole/forestier. D'ici 2100, l'infrastructure énergétique mondiale aura été remplacée au moins deux fois, ce qui permettra de modifier le système de production d'énergie sans réforme prématurée des investissements. Il faudra également remplacer une part importante des investissements dans les secteurs industriel, commercial, résidentiel et agricole/forestier. Ces cycles de remplacement des immobilisations donnent la possibilité d'exploiter de nouvelles techniques plus performantes. Il est à noter que dans son analyse, le Groupe de travail II ne cherche pas à quantifier les éventuelles con-

séquences macro-économiques des mesures d'atténuation. Les analyses macro-économiques sont abordées dans la contribution du Groupe de travail III au Deuxième Rapport d'évaluation du GIEC. La mesure dans laquelle les possibilités technologiques et la rentabilité seront concrétisées dépend d'initiatives visant à remédier au manque d'information et à surmonter les obstacles culturels, institutionnels, juridiques, financiers et économiques qui risquent de s'opposer à la diffusion des techniques et à l'évolution des comportements. La mise en œuvre de mesures d'atténuation peut s'effectuer dans le respect des critères du développement durable. Des facteurs sociaux et écologiques indépendants de la réduction des émissions de gaz à effet de serre risquent cependant de limiter les possibilités ultimes de chacune des solutions envisageables.

4.1 Emissions imputables à l'énergie, aux processus industriels et aux habitats humains

La demande mondiale d'énergie croît à un taux annuel moyen d'environ 2 % depuis près de deux siècles, bien que ce taux ait connu des fluctuations considérables dans le temps et selon les régions considérées. Dans les ouvrages publiés, diverses méthodes et conventions sont utilisées pour caractériser la consommation d'énergie. Ces conventions diffèrent, par exemple, selon leur définition des secteurs et des formes d'énergie. Si l'on regroupe les bilans énergétiques nationaux, on constate que 385 EJ d'énergie primaire ont été consommés dans le monde en 1990, entraînant le rejet de 6 GtC sous forme de CO₂. Sur ce total, 279 EJ, correspondant au rejet de 3,7 GtC sous forme de CO₂, ont abouti aux utilisateurs finals. Les 106 EJ restants, correspondant au rejet de 2,3 GtC sous forme de CO₂, ont servi à la conversion et à la distribution d'énergie. En 1990, les trois plus grands secteurs consommateurs d'énergie ont été l'industrie (45 % du CO₂ total rejeté), les bâtiments à usage d'habitation ou à usage commercial (29 %) et les transports (21 %). De ces trois secteurs, le secteur des transports est celui où la consommation d'énergie et la quantité de CO₂ rejeté se sont accrues le plus rapidement depuis 20 ans. L'évaluation détaillée des possibilités sectorielles d'atténuation présentée dans le présent document est fondée sur les estimations de la consommation d'énergie en 1990 présentées dans divers ouvrages. Plusieurs conventions sont utilisées pour définir ces secteurs et leur consommation d'énergie, dont l'évaluation globale se chiffre entre 259 et 282 EJ.

La figure 4 présente les émissions globales de CO₂ dues à la consommation d'énergie par grande région du monde. Les pays membres de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) ont été et restent de grands consommateurs d'énergie et de grands émetteurs de CO₂ d'origine fossile, bien que leur part des émissions mondiales de carbone émanant de combustibles fossiles soit en baisse. Dans leur ensemble, les pays en voie de développement ont encore une part des émissions totales de dioxyde de carbone dans le monde inférieure à celle des pays industrialisés – c'est-à-dire les pays de l'OCDE, l'ex-Union soviétique et l'Europe de l'Est –, mais selon la plupart des projections, étant donné les taux de croissance économique et démographique prévus, cette part devrait augmenter à l'avenir. Il est prévu que la demande d'énergie continue à s'accroître, du moins pendant la première moitié du XXI^e siècle. Le GIEC (1992 et 1994) prévoit que faute d'intervention, les émissions dues aux secteurs industriel, des transports et des bâtiments à usage commercial ou d'habitation risquent de s'accroître sensiblement.

4.1.1 Demande d'énergie

Plusieurs études indiquent que dans de nombreuses régions du monde, le rendement énergétique peut s'accroître de 10 à 30 % par rapport au niveau actuel pour un coût net faible ou nul, grâce à des mesures techniques d'économie et à l'amélioration des pratiques de gestion au cours des 20 à 30 prochaines années. Si l'on fait appel

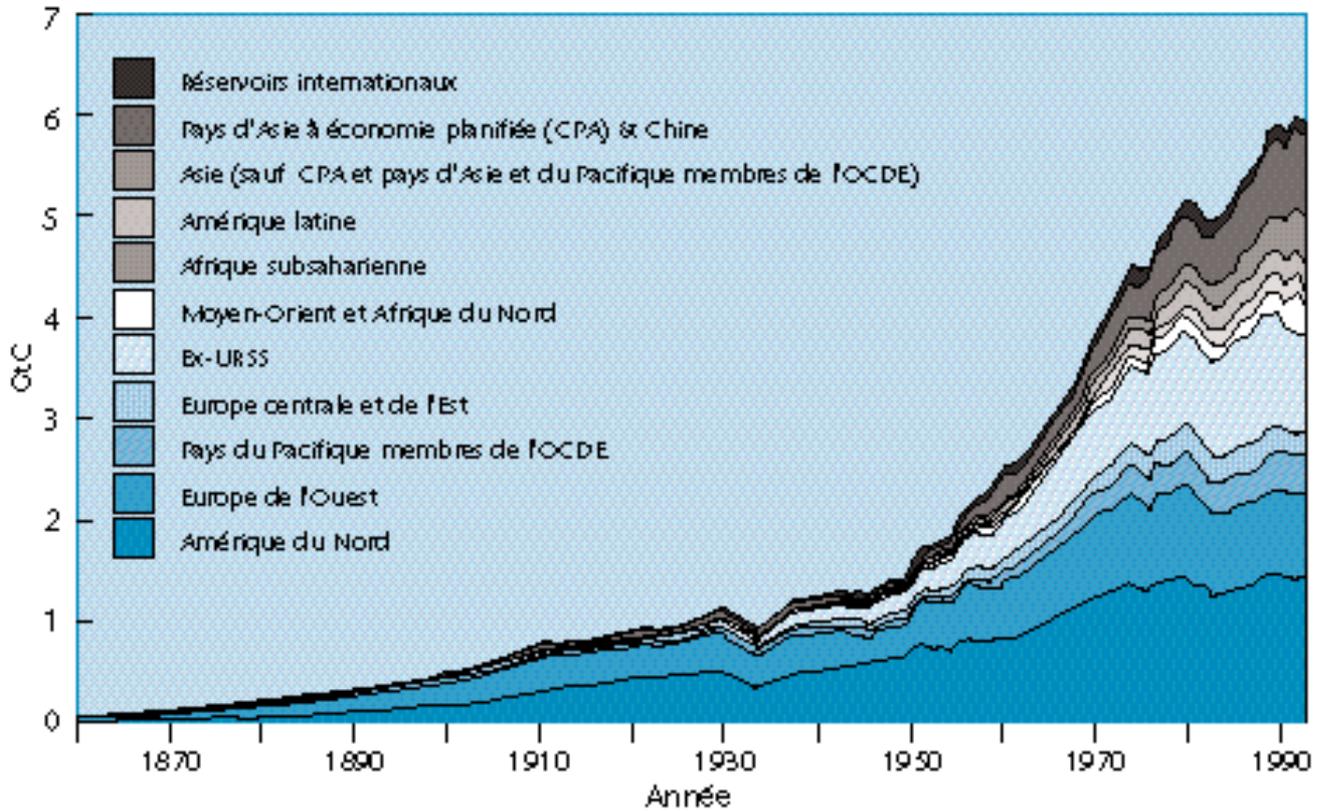


Figure 4. Émissions globales de CO₂ dues à la consommation d'énergie, présentées par grande région du monde et exprimées en GtC/an. Sources: Keeling, 1994; Marland *et al.*, 1994; Grübler et Nakicenovic, 1992; Etemand et Luciani, 1991; Fujii, 1990; ONU, 1952 (voir l'avant propos sur l'énergie pour les informations de bases)

aux techniques qui, actuellement, fournissent la plus grande quantité de services énergétiques pour un apport d'énergie donné, il serait techniquement possible, dans de nombreux pays, d'aboutir à des gains d'efficacité de 50 à 60 % pendant la même période. La concrétisation de ces possibilités dépendra de la réduction des coûts, du financement et du transfert de technologies, ainsi que des mesures prises pour surmonter divers obstacles non techniques. Le potentiel de réduction des émissions de gaz à effet de serre est supérieur au potentiel de rentabilisation de la consommation d'énergie en raison de la possibilité de faire appel à des carburants et à des sources d'énergie de remplacement. Comme la consommation d'énergie s'accroît à l'échelle planétaire, les émissions de CO₂ pourraient à l'avenir continuer à augmenter dans l'absolu, même si l'on remplace les techniques actuelles par des techniques plus efficaces.

En 1992, le GIEC a présenté 6 scénarios (IS92 a à f) de la consommation d'énergie future et des émissions de gaz à effet de serre correspondantes (GIEC, 1992 et 1995). Ces scénarios proposent une vaste gamme de niveaux possibles d'émissions sans tenir compte d'éventuelles mesures d'atténuation.

Dans le Deuxième Rapport d'évaluation du GIEC, la future consommation d'énergie a été réétudiée de façon plus détaillée par secteur, avec ou sans nouvelles mesures d'atténuation, à partir des analyses existantes. Malgré certaines différences dans les techniques d'évaluation, l'intervalle d'accroissement de la consommation d'énergie d'ici 2025, sans mesures nouvelles, correspond largement à celui du scénario IS92. Si les tendances passées se poursuivent, les émissions de gaz à effet de serre vont augmenter plus lentement que la consommation d'énergie, sauf dans le secteur des transports.

Nous résumons ci-après les possibilités d'amélioration du rendement énergétique présentées dans le Deuxième Rapport d'éva-

luation du GIEC. Des mesures vigoureuses seraient nécessaires pour concrétiser ces possibilités. La réduction des émissions de gaz à effet de serre dues à la consommation d'énergie dépend de la source d'énergie, mais, de façon générale, la réduction de cette consommation va se traduire par une diminution des émissions de gaz à effet de serre.

Industrie. On a estimé qu'en 1990, la consommation d'énergie se situait entre 98 et 117 EJ et qu'elle devrait atteindre 140 à 242 EJ en 2025 si aucune mesure nouvelle n'est adoptée. La consommation actuelle d'énergie et les émissions correspondantes de gaz à effet de serre imputables à l'industrie évoluent de façon très variable selon les pays. Il est prévu que dans la plupart des pays industrialisés, les émissions de gaz à effet de serre dues à la consommation d'énergie du secteur industriel resteront stables ou diminueront en raison de la restructuration industrielle et de l'innovation technique, alors que dans les pays en voie de développement, elles vont augmenter essentiellement à cause de la croissance industrielle. On évalue à 25 % le potentiel d'amélioration du rendement énergétique à court terme dans le secteur de la fabrication des grands pays industriels. Le potentiel de réduction des émissions de gaz à effet de serre est encore plus élevé. Les techniques et les mesures visant à réduire les émissions dues à la consommation d'énergie dans ce secteur comprennent l'amélioration du rendement (économies d'énergie et de matériel, production combinée électricité-chaleur ("cogénération"), utilisation séquentielle de l'énergie, récupération de vapeur et utilisation de moteurs et autres appareils électriques plus efficaces), le recyclage des matériaux, leur remplacement par d'autres entraînant moins d'émissions de gaz à effet de serre et la mise au point de processus consommant moins d'énergie et de matière première.

Transports. On a estimé qu'en 1990, la consommation d'énergie dans ce secteur se situait entre 61 et 65 EJ et qu'elle devrait atteindre 90 à 140 EJ en 2025 si aucune mesure nouvelle n'est adoptée. La consommation d'énergie prévue pourrait être réduite d'un tiers environ pour s'établir entre 60 et 100 EJ en 2025, grâce à des véhicules dotés d'un système de propulsion efficace, d'une construction légère et d'une conception aérodynamique, sans réduction du confort ni des performances. D'autres réductions de la consommation d'énergie sont possibles grâce à l'utilisation de véhicules plus petits, grâce à la modification du schéma d'occupation des sols, des systèmes de transport, de la conception de la mobilité et du mode de vie, et grâce à la mise en place de moyens de transport qui consomment moins d'énergie. Il serait possible de réduire les émissions de gaz à effet de serre par unité d'énergie consommée en faisant appel à des carburants de remplacement et à l'électricité provenant de sources renouvelables. Ces mesures, dans leur ensemble, permettraient de réduire le total des émissions dues aux transports dans une proportion allant jusqu'à 40 % des émissions prévues pour 2025. Elles permettraient en outre de traiter d'autres problèmes tels que la pollution atmosphérique locale.

Secteur résidentiel et commercial. On estime que la consommation d'énergie en 1990 était de l'ordre de 100 EJ et qu'elle devrait atteindre 165 à 205 EJ en 2025 si aucune mesure nouvelle n'est adoptée. La consommation d'énergie prévue pourra être réduite d'un quart environ pour s'établir entre 126 et 170 EJ en 2025, sans réduction des services, grâce à l'emploi de technologies économisant l'énergie. Le potentiel de réduction des émissions de gaz à effet de serre est plus élevé. Les progrès techniques pourraient porter sur la réduction des pertes de chaleur des bâtiments et sur l'accroissement du rendement énergétique des appareils de climatisation, des réseaux de distribution d'eau, des dispositifs d'éclairage et des appareils électriques. Il est possible de réduire la température ambiante des zones urbaines en augmentant la végétation et la réflectivité des parois d'immeubles, ce qui réduirait la quantité d'énergie nécessaire à la climatisation. Il serait aussi possible, en modifiant les sources d'énergie, d'obtenir une réduction des émissions de gaz à effet de serre plus importante que celle obtenue en diminuant la consommation d'énergie.

4.1.2 Réduction des émissions dues aux processus industriels et aux activités humaines

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

4.1.3 Approvisionnement énergétique

La présente évaluation met l'accent sur l'utilisation de nouvelles technologies pour des investissements à faire et non sur l'éventuelle rénovation des immobilisations existantes. Il est possible, sur le plan technique, d'obtenir d'importantes réductions des émissions dans le secteur de l'approvisionnement énergétique dans le

cadre du planning normal des investissements destinés à remplacer l'infrastructure et l'équipement au fur et à mesure de leur usure ou de leur obsolescence. Nombre des solutions envisageables pour aboutir à de telles réductions entraîneront également une diminution des émissions de dioxyde de soufre, d'oxydes d'azote et de composés organiques volatils. Voici certaines techniques prometteuses, qui ne sont pas classées ici par ordre de priorité.

4.1.3.1 Réduction des émissions de gaz à effet de serre en cas d'utilisation de combustibles fossiles

Augmentation du rendement de conversion des combustibles fossiles. De nouvelles techniques offrent des rendements de conversion nettement plus élevés. Il est par exemple possible de faire passer le rendement de la production d'énergie d'une moyenne mondiale d'environ 30 % actuellement à plus de 60 % à long terme. En outre, le remplacement d'une production distincte d'électricité et de chaleur par une production combinée d'électricité et de chaleur, que cette dernière serve à des processus industriels ou au chauffage des locaux, permet une sensible amélioration du rendement des combustibles.

Passage à des combustibles fossiles à faible teneur en carbone et suppression des émissions. Le passage du charbon au fuel ou au gaz naturel et du fuel au gaz naturel peut conduire à une réduction des émissions. Parmi les combustibles fossiles, le gaz naturel est celui qui rejette le moins de dioxyde de carbone par unité d'énergie : 14 kgC/GJ environ, contre 20 kgC/GJ environ pour le fuel et 25 kgC/GJ environ pour le charbon. Il est possible, de façon générale, d'obtenir un rendement de conversion plus élevé pour les combustibles à faible teneur en carbone que pour le charbon. Il existe de vastes ressources de gaz naturel dans de nombreuses régions. La nouvelle technique du cycle combiné, peu coûteuse et très efficace, a permis de réduire considérablement le coût de l'électricité dans certaines régions. Le gaz naturel pourrait potentiellement remplacer l'essence ou le gazoil dans le secteur des transports. Il existe des moyens de réduire les émissions de méthane provenant des gazoducs et les émissions de méthane et/ou de dioxyde de carbone provenant des puits de gaz et de pétrole et des mines de charbon.

Décarburation des gaz brûlés et des combustibles et stockage du dioxyde de carbone. L'extraction et le stockage du CO₂ contenu dans les gaz de combustion des combustibles fossiles qui alimentent les centrales électriques est possible, mais l'opération réduit le rendement de conversion et accroît sensiblement le coût de production de l'électricité. La décarburation peut également se faire en produisant des combustibles à haute teneur en hydrogène à partir des combustibles fossiles de base. Les deux techniques donnent naissance à un flux de sous-produits riches en CO₂ pouvant être stockés, par exemple, dans des gisements épuisés de gaz naturel. L'exploitation de techniques de conversion telles que les piles à combustible, susceptibles d'accroître le rendement d'utilisation de l'hydrogène, rendrait à l'avenir plus attrayante cette dernière technique. Le coût, les incidences sur l'environnement et l'efficacité de certaines techniques de stockage à plus long terme du CO₂ sont encore largement inconnus.

4.1.3.2 Passage à des sources d'énergie autres que les combustibles fossiles

Passage à l'énergie nucléaire. Dans de nombreuses régions du monde, l'énergie nucléaire pourrait remplacer la production électrique de base à partir de combustibles fossiles, à condition que des réponses généralement acceptables puissent être apportées à des préoccupations telles que celles qui concernent la sécurité des réacteurs, le transport et l'élimination des déchets radioactifs et la prolifération des combustibles nucléaires.

Passage à des sources d'énergie renouvelables. L'énergie solaire, l'énergie de la biomasse, l'énergie éolienne, l'énergie hydraulique et l'énergie géothermique sont déjà largement employées. En 1990, les sources d'énergie renouvelables représentaient 20 % environ de la consommation mondiale d'énergie primaire, sous forme essentiellement de bois de chauffage et d'énergie hydroélectrique. Les progrès techniques offrent de nouvelles possibilités et réduisent les coûts de production de l'énergie provenant de ces sources. A long terme, les sources d'énergie renouvelables pourraient répondre à une grande partie de la demande énergétique mondiale. Les réseaux peuvent facilement absorber des fractions limitées d'une production intermittente, et même des fractions plus élevées si l'on y ajoute des modules de secours et de stockage ultra-rapides. Si la biomasse est constamment renouvelée et se substitue aux combustibles fossiles pour la production d'énergie, on évite les émissions de carbone, car le CO₂ libéré pour transformer la biomasse en énergie est de nouveau fixé dans la biomasse par photosynthèse. Si l'on arrive à développer l'énergie de la biomasse tout en apportant une solution aux problèmes écologiques et à la concurrence avec

d'autres types d'exploitation du sol, cette énergie pourrait tenir une place importante sur les marchés de la production électrique et des combustibles et offrirait des perspectives d'augmentation des emplois et des revenus dans le milieu rural.

4.1.4 Intégration des mesures d'atténuation au niveau des infrastructures énergétiques

Afin d'évaluer les incidences éventuelles de la combinaison d'un ensemble de mesures isolées au niveau du système énergétique par opposition au niveau des technologies prises individuellement, nous décrivons ici les diverses variantes d'un système d'approvisionnement énergétique à faible taux d'émission de CO₂, baptisé LESS. Les scénarios du système LESS sont des constructions intellectuelles permettant d'envisager différentes possibilités de filières énergétiques au niveau mondial.

Les hypothèses suivantes ont été faites. La population mondiale passe de 5,3 milliards d'habitants en 1990 à 9,5 milliards en 2050 et à 10,5 milliards en 2100. Par rapport à sa valeur de 1990, le PIB est multiplié par 7 en 2050 (par 5 dans les pays industrialisés et par

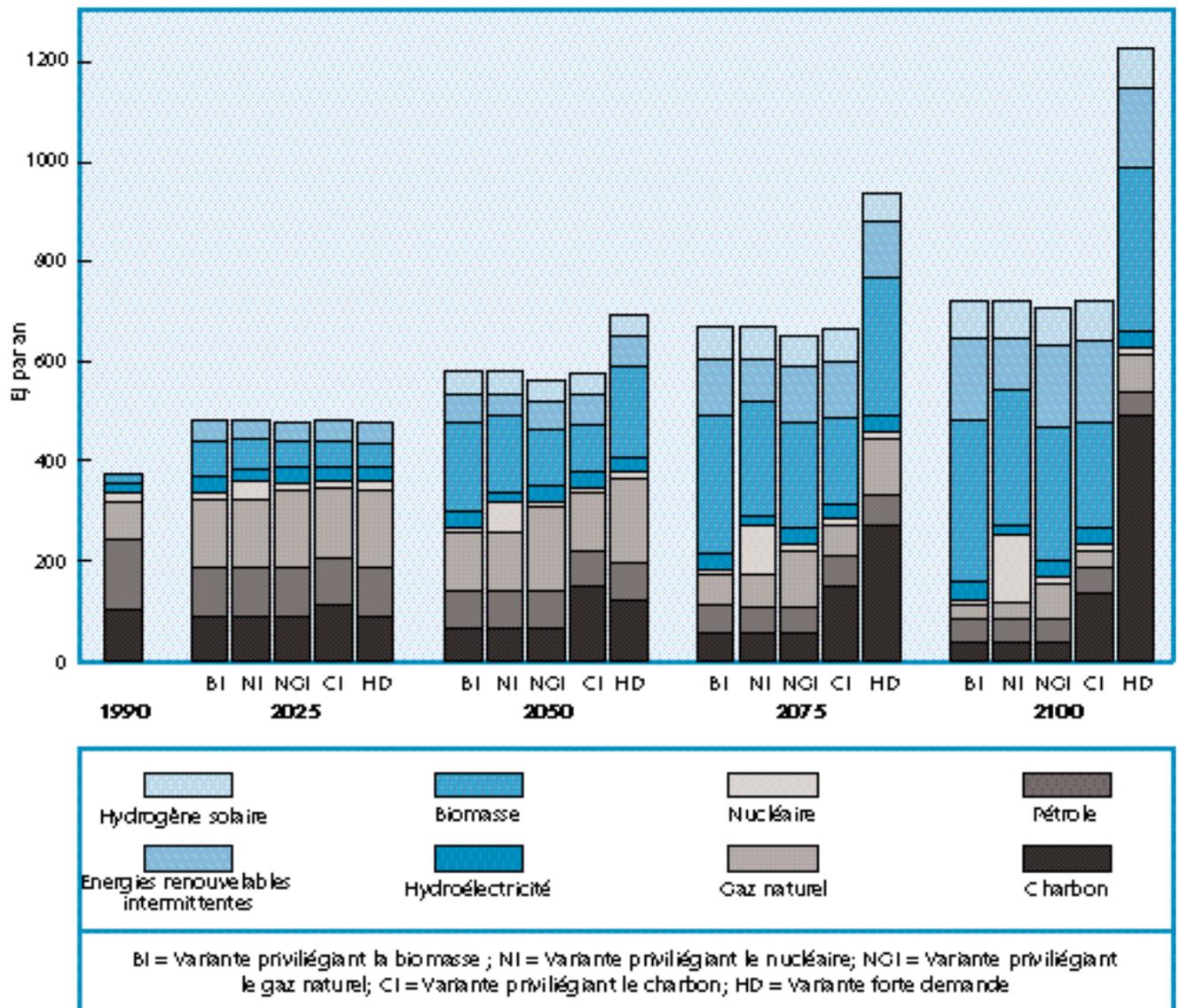


Figure 5. Consommation d'énergie primaire dans le monde selon différents scénarios du système LESS (approvisionnement énergétique à faible taux d'émission de CO₂) : possibilités de faire face à l'évolution de la demande d'énergie grâce à diverses combinaisons de sources d'énergie

14 dans les pays en voie de développement) et par 25 en 2100 (par 13 dans les pays industrialisés et par 70 dans les pays en voie de développement). En raison du souci de rendement énergétique, la consommation d'énergie primaire croît beaucoup plus lentement que le PIB. Les scénarios supposent un approvisionnement énergétique correspondant à la demande d'énergie : i) dans le cas d'une variante des projections établies à l'occasion du Premier Rapport d'évaluation du GIEC (1990) supposant une faible demande énergétique, où la consommation commerciale d'énergie primaire dans le monde serait à peu près doublée, sans aucun changement net pour les pays industrialisés mais avec une multiplication par 4,4 entre 1990 et 2100 dans les pays en voie de développement, et ii) dans le cas d'une variante supposant une plus grande demande d'énergie, définie dans le scénario IS92a du GIEC, où la demande énergétique serait multipliée par 4 entre 1990 et 2100. La demande énergétique définie dans les scénarios du système LESS est cohérente avec celle des chapitres sur la mitigation de ce deuxième rapport d'évaluation.

La figure 5 présente divers assortiments de plusieurs sources d'énergie destinés à faire face à l'évolution de la demande d'énergie au cours du xx^e siècle. L'analyse de ces variantes conduit aux conclusions suivantes.

- Il est possible, sur le plan technique, de réduire sensiblement d'ici 50 à 100 ans les émissions de CO₂ imputables aux différentes fi-

lières énergétiques si l'on fait appel à des stratégies de substitution.

- Diverses combinaisons des possibilités présentées dans le présent document permettraient de réduire la quantité de CO₂ rejetée dans le monde par les combustibles fossiles, qui passerait d'environ 6 GtC par an en 1990 à environ 4 GtC par an en 2050 et à environ 2 GtC par an en 2100 (voir la figure 6). La quantité totale de CO₂ rejetée entre 1990 et 2100 se situerait entre 450 et 470 GtC environ dans le cas des divers scénarios du système LESS.
- L'amélioration du rendement énergétique est importante pour obtenir une réduction sensible des émissions de CO₂, donner davantage de souplesse aux combinaisons envisageables du côté de l'offre et réduire le coût global de l'approvisionnement énergétique.
- Dans les scénarios du système LESS, le commerce d'énergie entre les régions prend de l'ampleur par rapport à aujourd'hui, ce qui multiplie les possibilités de développement durable en Afrique, en Amérique latine et au Moyen-Orient au cours du xx^e siècle.

Dans chacune des variantes du système LESS, le coût des services énergétiques par rapport au coût de l'énergie classique dépend du prix relatif de l'énergie à l'avenir, qui comporte une grande marge d'incertitude, ainsi que de l'efficacité et du coût attribués aux techniques de substitution. Cependant, étant donné la vaste fourchette dans laquelle s'inscrit le futur prix de l'énergie, l'une ou plusieurs de ces variantes permettraient d'assurer les ser-

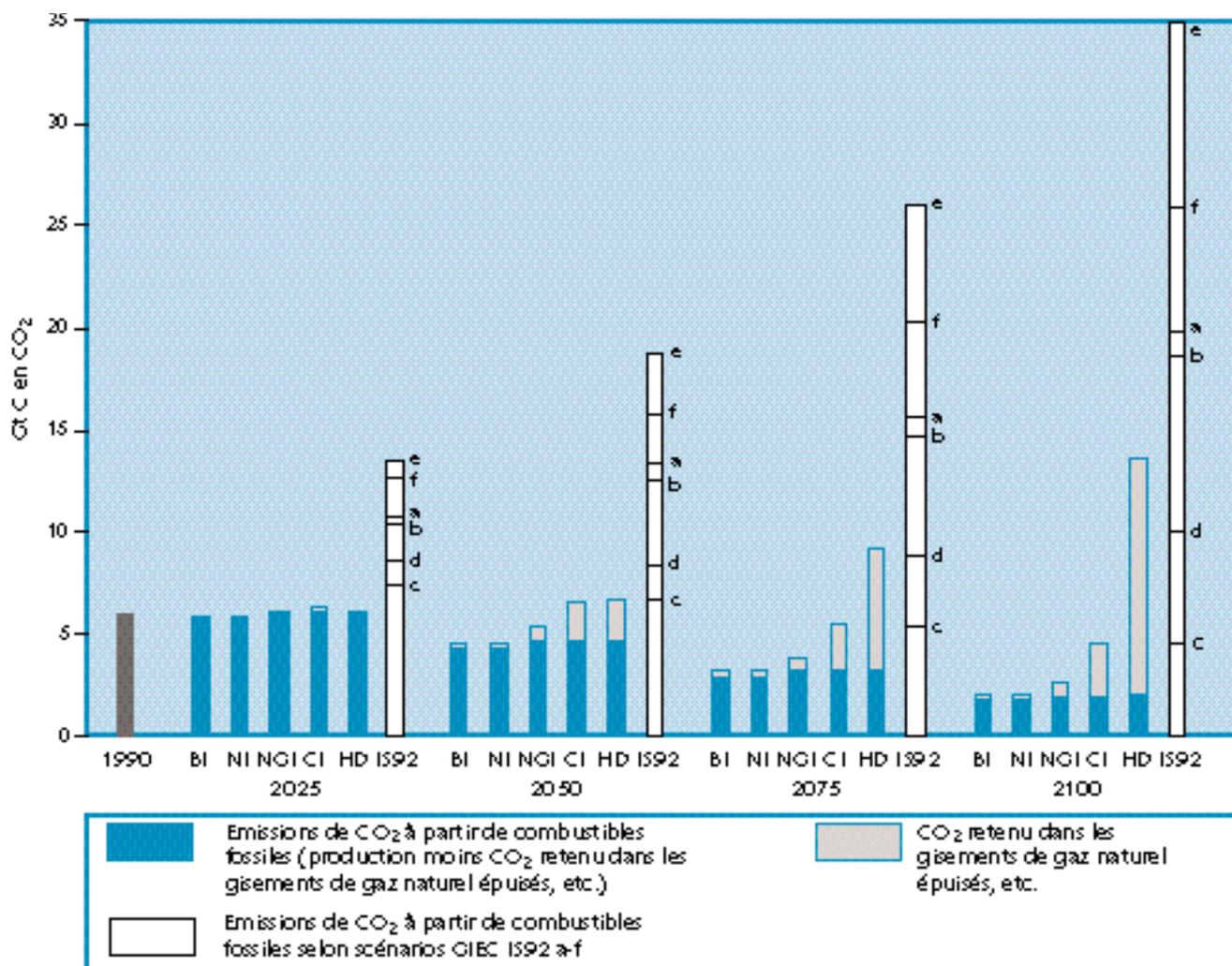


Figure 6. Emissions annuelles de CO₂ à partir des combustibles fossiles pour les diverses constructions LESS, comparées avec les scénarios GIEC IS92 a-f (voir la figure 5 pour la définition des acronymes)

vices énergétiques demandés au prix estimé, qui est environ le même que le prix futur prévu pour l'énergie classique actuelle. Il n'est pas possible de définir une filière énergétique de coût minimal dans un avenir éloigné, car le prix relatif des solutions envisageables dépend de certaines contraintes en matière de ressources et de certaines possibilités techniques qu'on ne connaît qu'imparfaitement, ainsi que des dispositions que prendront les gouvernements et le secteur privé.

La littérature apporte un fort crédit à la possibilité d'atteindre d'ici 20 ans les caractéristiques de performances et de coût retenues pour les techniques de production d'énergie dans les scénarios du système LESS, bien qu'on ne puisse pas en être certain avant que les travaux de recherche-développement aient abouti et que ces techniques aient été testées sur le marché. En outre, de telles caractéristiques ne peuvent être obtenues qu'au prix d'investissements lourds et constants en matière de recherche, de développement et de diffusion. Nombre des techniques en voie d'élaboration auraient besoin d'un appui initial pour pénétrer le marché et atteindre un volume de production suffisant pour permettre un abaissement de leur coût les rendant compétitives.

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

Étant donné le grand nombre de solutions possibles, il existe une certaine souplesse quant à l'évolution des filières énergétiques. Les voies de développement de ces filières pourraient dépendre de considérations autres que l'évolution du climat – telles que considérations d'ordre politique, écologique (pollution atmosphérique urbaine et à l'intérieur des bâtiments, acidification et régénération des sols, notamment) et socio-économique.

4.2 Agriculture, élevage et exploitation forestière

Outre l'utilisation de combustibles issus de la biomasse pour remplacer les combustibles fossiles, la gestion des forêts, des terres agricoles et des prairies peut contribuer notablement à réduire les émissions actuelles de dioxyde de carbone, de méthane et d'azote dinitreux et à accroître les puits de carbone. Diverses mesures permettraient de sauvegarder et de fixer d'importantes quantités de carbone (de 60 à 90 GtC environ dans le secteur forestier uniquement) au cours des 50 prochaines années. Dans le secteur forestier, les estimations quant au coût de la conservation et de la fixation du carbone dans la biomasse et le sol sont très variables, mais ce coût pourrait être compétitif par rapport à d'autres mesures d'atténuation. Les facteurs influant sur ce coût sont le coût occasionnel du terrain, les frais initiaux de plantation et d'établissement, le coût des pépinières, le coût de l'entretien et du suivi annuel et le coût des transactions. Les avantages directs et indirects, qui varient selon les pays, pourraient compenser ces coûts. D'autres pratiques, dans le secteur agricole, pourraient conduire à une réduction des émissions d'autres gaz à effet de serre tels que le méthane et l'azote dinitreux. Les mesures envisageables en matière d'aménagement du territoire et de gestion sont :

- le maintien du couvert forestier existant,
- la réduction du déboisement,
- la régénération naturelle des forêts,
- la création de plantations,
- la promotion de l'agrosylviculture,

- la modification de la gestion des terres agricoles et des prairies,
- une meilleure efficacité dans l'utilisation des engrais,
- la remise en état des terres agricoles et des prairies détériorées,
- la récupération du méthane produit par le fumier,
- l'amélioration du régime alimentaire des ruminants.

On a relativement bien déterminé la quantité nette de carbone que les diverses pratiques de gestion forestière et les conditions climatiques actuelles permettent de conserver ou de fixer dans la biomasse par unité de superficie. Les plus grandes incertitudes qui s'opposent à l'évaluation d'une quantité globale sont: i) la quantité de terrain disponible se prêtant au reboisement, à la rénovation et à la régénération, ii) le rythme auquel le déboisement peut être réduit dans les régions tropicales, iii) l'affectation à long terme (protection) de ces terrains et iv) la mesure dans laquelle certaines pratiques continueront d'être adaptées, pour des endroits donnés vu la possibilité d'évolution des températures, de la quantité d'eau disponible, etc. par suite du changement climatique.

4.3 Questions intersectorielles

L'évaluation intersectorielle des diverses combinaisons de mesures d'atténuation repose sur l'interaction de l'ensemble des techniques et des pratiques susceptibles de réduire les émissions de gaz à effet de serre ou de fixer le carbone.

Les analyses effectuées à ce jour permettent d'indiquer ce qui suit.

- **Rivalité pour l'exploitation du sol, de l'eau et d'autres ressources naturelles.** La croissance démographique et l'expansion économique vont entraîner un accroissement de la demande de terrains et d'autres ressources naturelles nécessaires pour la production de denrées alimentaires, de fibres, de produits forestiers et d'activités de loisirs, entre autres. L'évolution du climat va interagir avec ce développement de l'utilisation des ressources. Des terrains et autres ressources pourraient également être nécessaires pour réduire les émissions de gaz à effet de serre. L'accroissement de la productivité agricole dans le monde et notamment dans les pays en voie de développement libérerait davantage de terres pour la production d'énergie à partir de la biomasse.
- **Mesures de géo-ingénierie.** Certaines mesures de géo-ingénierie ont été proposées pour contrebalancer l'évolution du climat due à l'augmentation des gaz à effet de serre (par exemple la mise en orbite de réflecteurs solaires ou l'injection d'aérosols sulfatés dans l'atmosphère pour reproduire l'effet de refroidissement des éruptions volcaniques). De telles mesures risquent généralement d'être inefficaces, d'une mise en œuvre onéreuse et/ou d'avoir de graves conséquences pour l'environnement, ainsi que d'autres répercussions mal connues dans de nombreux cas.

4.4 Mesures politiques

Pour atténuer l'évolution du climat, il va falloir surmonter les obstacles qui s'opposent à la diffusion et au transfert des technologies, mobiliser des ressources financières, soutenir le renforcement des capacités dans les pays en voie de développement et prendre d'autres mesures favorisant l'évolution des mentalités et le progrès des techniques dans toutes les régions du monde. Le dosage optimal de ces mesures va varier selon les pays en fonction des structures politiques et de la réceptivité des populations. L'autorité avec laquelle les États vont appliquer ces mesures contribuera à atténuer les incidences négatives des changements climatiques. Les gouvernements peuvent choisir des politiques favorisant l'implantation de technologies moins productrices de gaz à effet de serre et l'évolution des modes de consommation. En fait, de nombreux pays ont une vaste expérience de divers moyens d'action permettant d'accélérer l'adoption de telles technologies. Cette expérience leur vient des efforts déployés depuis 20 à 30 ans pour accroître le rendement énergétique, réduire les répercussions des politiques

agricoles sur le milieu et atteindre, en matière de conservation et d'environnement, des objectifs indépendants de l'évolution du climat. Les mesures visant à réduire les émissions nettes de gaz à effet de serre semblent plus faciles à mettre en œuvre si elles visent en même temps d'autres facteurs préjudiciables à un développement durable (la pollution de l'air et l'érosion des sols, par exemple). Diverses mesures, dont certaines pourront nécessiter des accords régionaux ou internationaux, sont susceptibles de faciliter l'implantation de techniques moins productrices de gaz à effet de serre et de conduire à une modification des modes de consommation, par exemple :

- mise en place d'un cadre institutionnel et structurel approprié;
- stratégie de tarification de l'énergie : taxes sur le carbone ou l'énergie et réduction des subventions à la consommation d'énergie, par exemple;
- réduction ou suppression d'autres subventions, à l'agriculture et aux transports par exemple, qui conduisent à une augmentation des émissions de gaz à effet de serre;
- droits d'émission négociables;
- initiatives bénévoles et accords négociés avec l'industrie;
- programmes de gestion de la demande de services publics;

- dispositions réglementaires portant notamment sur des normes minima de rendement énergétique, par exemple pour les appareils électriques et les économies de carburant;
- stimulation de la recherche, du développement et des projets témoins pour mettre à disposition les technologies nouvelles;
- projets induits par le marché et programmes de démonstration pour stimuler le développement et l'application sur le marché de techniques de pointe;
- mesures favorisant les sources d'énergie renouvelables pendant le développement des marchés;
- mesures d'incitation telles que provisions pour amortissement accéléré et réduction des coûts pour les consommateurs;
- sensibilisation, formation, information et services consultatifs;
- mesures tenant également compte d'autres objectifs économiques et environnementaux.

Un développement plus rapide des techniques susceptibles de réduire les émissions de gaz à effet de serre et d'accroître les puits de ces gaz ainsi que la compréhension des obstacles qui s'opposent à leur diffusion sur le marché requièrent, une intensification des actions de recherche et de développement menées par les gouvernements et le secteur privé.

**RÉSUMÉ A L'INTENTION DES DÉCIDEURS:
ASPECTS SOCIO-ÉCONOMIQUES DE L'ÉVOLUTION DU CLIMAT
GROUPE DE TRAVAIL III DU GIEC**

RÉSUMÉ A L'INTENTION DES DÉCIDEURS : ASPECTS SOCIO-ÉCONOMIQUES DE L'ÉVOLUTION DU CLIMAT

1. INTRODUCTION

Le Groupe de travail III du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), constitué en novembre 1992, a été chargé de procéder à des "évaluations techniques des aspects socio-économiques des effets de l'évolution du climat, de l'adaptation à ces incidences et de son atténuation, à court et à long terme et sur les plans régional et mondial". Prenant acte de ses responsabilités, le Groupe de travail III a d'autre part précisé dans son plan de travail qu'il situerait les perspectives socio-économiques dans le contexte du développement durable et que, conformément à la Convention-cadre des Nations Unies (CCNUCC) sur les changements climatiques, il travaillerait de façon globale, envisageant l'ensemble des sources, des puits et des réservoirs de gaz à effet de serre, l'adaptation au changement climatique et la totalité des secteurs économiques concernés.

Ce rapport est fondé sur l'évaluation d'une bonne partie de la littérature publiée sur les aspects socio-économiques du changement climatique¹ et identifie les domaines dans lesquels un consensus s'est dégagé à propos des questions clés, ainsi que ceux dans lesquels des différences apparaissent. Les chapitres du document ont été agencés de façon à couvrir plusieurs grandes questions. On y trouvera tout d'abord la présentation du contexte d'une évaluation socio-économique des coûts et des bénéfices d'une intervention ou d'une non-intervention, particulièrement en ce qui concerne l'applicabilité de l'analyse coûts-bénéfices, la prise en compte de l'équité et des considérations d'ordre social et les questions d'équité intergénérationnelle. Sont ensuite passés en revue les bénéfices économiques et sociaux d'une limitation des émissions de gaz à effet de serre et d'une augmentation des puits. On y trouvera en troisième lieu une évaluation du coût économique, social et écologique de l'atténuation des émissions de gaz à effet de serre, puis une évaluation générale des mesures d'atténuation et d'adaptation, un résumé des méthodes permettant d'estimer le coût et l'efficacité des diverses mesures et une discussion des techniques d'évaluation intégrée. Enfin le rapport présente une évaluation économique des instruments de lutte contre le changement climatique.

Conformément au plan de travail convenu, la présente évaluation de la littérature socio-économique relative au changement climatique est axée sur les travaux économiques. La matière fournie par les autres sciences sociales se trouve principalement dans le chapitre sur l'équité et les considérations d'ordre social. Le rapport est une évaluation de l'état actuel des connaissances – ce que nous savons et ce que nous ignorons – et ne vise pas à prescrire une politique à suivre. Les pays pourront faire appel à cette information comme aide à la prise de décisions qui, à leur sens, sont les plus appropriées eu égard à leurs circonstances spécifiques.

2. PORTÉE DE L'ÉVALUATION

L'évolution du climat présente pour les décideurs un redoutable ensemble de difficultés: des incertitudes considérables inhérentes à la complexité du problème, le risque de coûts ou de dommages irréversibles, de longs horizons temporels pour la planification, un décalage important entre les émissions et leurs conséquences, de vastes différences régionales dans les causes et les effets, un problème d'envergure irréductiblement planétaire et de nombreux gaz à effet de serre et aérosols à considérer. Le fait que la protection ef-

ficace du système climatique exige une collaboration à l'échelle mondiale complique encore la situation.

La littérature fournit toutefois de nombreuses informations pouvant se révéler utiles aux décideurs.

- Les analyses indiquent qu'il est prudent, pour s'attaquer au problème de l'évolution du climat, de passer par toute une gamme de mesures d'atténuation, d'adaptation et d'approfondissement des connaissances. La gamme appropriée dépend de chaque pays. Le problème, n'est pas de définir aujourd'hui la meilleure politique pour les 100 ans à venir, mais de choisir une stratégie avisée et de l'adapter ultérieurement à la lumière des progrès des connaissances.
- Des mesures précoces d'atténuation sont susceptibles de donner davantage de souplesse en vue de stabiliser les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère (article 2 de la Convention-cadre sur les changements climatiques). Le choix des trajectoires de réduction des émissions exige de mettre en balance les risques économiques d'une réduction rapide dès maintenant (un remplacement prématuré des équipements pouvant s'avérer inutile par la suite) et les risques correspondants d'une temporisation (une réduction plus rapide pouvant alors s'avérer nécessaire, ce qui rendrait nécessaire le remplacement prématuré des équipements futurs).
- La littérature indique que la plupart des pays ont la possibilité de prendre des mesures "sans regrets"². Le risque global net de dommages imputables à l'évolution du climat, la prise en compte de l'aversion pour le risque et le principe de précaution justifient l'adoption de mesures plus ambitieuses que les mesures "sans regrets".
- L'amélioration de l'information sur les mécanismes et les incidences de l'évolution climatique ainsi que sur les façons de réagir à cette évolution devrait avoir un intérêt considérable. La littérature accorde une importance toute particulière aux informations relatives à la sensibilité du climat aux gaz à effet de serre et aux aérosols, aux fonctions de calcul du dommage résultant des changements climatiques et à des variables telles que les facteurs déterminant la croissance économique et les taux d'accroissement du rendement énergétique. L'amélioration de l'information sur le coût et les bénéfices des mesures d'atténuation et d'adaptation et sur leur évolution possible au cours des décennies à venir est également précieuse.
- L'analyse des problèmes économiques et sociaux liés à l'évolution du climat, surtout dans les pays en voie de développement où peu de travaux ont été réalisés dans ce domaine, constitue une priorité

¹ Selon la définition de la Convention-cadre, "on entend par "changements climatiques" des changements de climat qui sont attribués directement ou indirectement à une activité humaine altérant la composition de l'atmosphère mondiale et qui viennent s'ajouter à la variabilité naturelle du climat observée au cours de périodes comparables". La question de savoir si de tels changements sont potentiels ou s'ils sont d'ores et déjà identifiables est analysée dans le volume sur la science du changement climatique du Deuxième rapport d'évaluation (DRE) du GIEC.

² Ces mesures sont celles dont les bénéfices, tels que les économies d'énergie et la réduction de la pollution sur le plan local ou régional, sont au moins égaux à leur coût pour la société, quels que soient les avantages apportés par l'atténuation des incidences de l'évolution du climat. On les appelle parfois mesures "utiles en tout état de cause".

élevée en matière de recherche. De façon plus générale, il existe un besoin d'information sur l'évaluation et l'analyse intégrées de la prise de décision en matière de changement climatique. Il existe également un besoin de données permettant de mieux comprendre, du point de vue économique, la non-linéarité de la croissance économique et les nouvelles théories concernant cette croissance. Les activités de recherche-développement portant sur des techniques d'amélioration du rendement énergétique et sur des sources d'énergie non fossiles offrent aussi un grand intérêt. Il existe en outre un besoin de recherche sur le développement de modes de consommation écologiquement viables.

Les mesures possibles que les décideurs pourraient envisager, conformément aux accords internationaux applicables, dans le but de mettre en œuvre une politique à faible coût et/ou à bon rapport coût-efficacité permettant de réduire les émissions de gaz à effet de serre et d'adapter la société à l'évolution du climat comprennent par exemple:

- des mesures favorisant le rendement énergétique, et notamment l'élimination des obstacles institutionnels qui entravent les progrès dans ce domaine;
- la suppression des pratiques actuelles génératrices de distorsions entraînant une augmentation des émissions de gaz à effet de serre, comme certaines subventions et certains règlements, les mécanismes de prix ne reflétant pas les coûts pour l'environnement et les distorsions dans le prix des transports;
- des mesures de bon rapport coût-efficacité visant à remplacer les combustibles à teneur élevée en carbone par des combustibles à faible teneur en carbone et par des sources d'énergie non basées sur le carbone telles que les énergies renouvelables;
- des mesures visant à l'augmentation des puits ou des réservoirs de gaz à effet de serre, par exemple l'amélioration des pratiques de gestion des forêts et d'utilisation des sols;
- la mise en œuvre de mesures et le développement de nouvelles techniques visant à réduire les émissions de méthane, de protoxyde d'azote et d'autres gaz à effet de serre;
- l'incitation à diverses formes de coopération internationale en vue de limiter les émissions de gaz à effet de serre, par exemple en coordonnant la mise en place de taxes sur le carbone et l'énergie, par des activités exécutées conjointement et en fixant des contingents d'émissions négociables;
- la promotion du développement et de l'application de normes d'efficacité énergétique aux niveaux national et international;
- la promotion de mesures volontaires pour réduire les émissions de gaz à effet de serre;
- la mise en œuvre de mesures d'éducation et de formation ainsi qu'en matière d'information et de conseil sur le développement durable et les modes de consommation permettant d'atténuer l'évolution du climat et de s'y adapter;
- l'élaboration et la mise en place de mesures d'adaptation aux conséquences de l'évolution du climat;
- le lancement de recherches visant à mieux comprendre les causes et les répercussions de l'évolution du climat et l'adaptation à cette évolution;
- l'exécution de recherches techniques dans le but de réduire au minimum les émissions de gaz à effet de serre dues à l'emploi continu de combustibles fossiles et de développer des sources d'énergie commerciales non fossiles;
- l'amélioration de mécanismes institutionnels tels que les dispositions en matière d'assurances, en vue de répartir les risques de dommages dus à l'évolution du climat.

Contribution de la science économique

- Les projections concernant les coûts et bénéfices de la stabilisation des concentrations de gaz à effet de serre dépendent notamment

de la concentration finale visée, de la trajectoire des émissions choisie pour atteindre cette concentration, du taux d'actualisation et des hypothèses concernant le coût et la disponibilité des technologies et des pratiques.

- Il est couramment admis que malgré son usage répandu pour évaluer les politiques économiques, le produit intérieur brut est un indicateur imparfait de la santé d'une société, du fait essentiellement qu'il ne prend pas en compte la dégradation de l'environnement et des systèmes naturels. Il existe d'autres méthodes qui tentent de mieux refléter ces valeurs non marchandes et la soutenabilité sociale et écologique. Ces méthodes permettent d'appréhender de façon plus complète la mesure dans laquelle l'évolution du climat est susceptible d'influer sur le bien-être de la société.
- Etant donné l'interdépendance du système économique mondial, les tentatives d'atténuer le changement climatique en intervenant dans une région ou dans un secteur donné risquent d'avoir des effets économiques compensateurs tendant à accroître les émissions dans d'autres secteurs ou régions (cet effet est appelé "délocalisation"). Ces délocalisations d'émissions peuvent être réduites grâce à une action coordonnée entre divers groupes de pays.
- Selon la littérature, des politiques souples et d'un bon rapport coûts-efficacité reposant sur des incitations et des instruments économiques ainsi que la coordination des instruments devraient pouvoir réduire considérablement le coût d'atténuation ou d'adaptation ou accroître la rentabilité et l'efficacité des mesures de réduction des émissions.

Considérations sur l'équité

En matière de questions et principes d'équité liés aux émissions de gaz à effet de serre, il est important que les politiques envisagées tiennent compte en particulier des articles 3, 4.2a et 11.2 de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, du principe 2 de la Déclaration de Rio et des principes généraux du droit international.

Les analyses scientifiques ne peuvent dicter la façon dont les principes d'équité doivent être appliqués en mettant en œuvre la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, mais elles peuvent clarifier les implications des différents choix possibles et leur fondement éthique.

- Les pays en voie de développement ont besoin d'appuis pour renforcer leurs capacités propres et institutionnelles afin de pouvoir participer effectivement aux décisions concernant l'évolution du climat.
- Il est important de tenir compte à la fois du souci d'efficacité et de celui d'équité lors de l'analyse des mesures d'atténuation et d'adaptation. Pour les besoins d'analyse, il est possible de séparer efficacité et équité. Cette séparation analytique présuppose, aux fins de la prise de décision politique, l'existence ou la possibilité de créer des institutions compétentes habilitées à répartir de manière appropriée le coût du changement climatique, et n'est valable qu'à cette condition. Il pourrait être utile d'analyser les implications sur le plan de l'équité de certaines mesures visant à l'efficacité et de se pencher notamment sur leurs aspects et leurs impacts sociaux.

3. CADRE DÉCISIONNEL POUR FAIRE FACE À L'ÉVOLUTION DU CLIMAT

L'évolution du climat étant une question d'envergure mondiale, une analyse globale des mesures en matière d'atténuation, d'adaptation et de recherche est nécessaire pour déterminer la stratégie la plus efficace et la plus appropriée pour aborder ce problème. Les décisions à prendre sur le plan international pour faire face à l'évolution du climat, définies par la CCNUCC, relèvent d'un processus

collectif devant tenir particulièrement compte, dans l'intérêt des générations actuelles et à venir, de questions telles que l'équité, l'écologie, l'économie, l'éthique et la pauvreté. Jusqu'à présent, la littérature portant sur l'économie internationale de l'environnement et notamment sur l'évolution du climat ne dit pas grand-chose de la façon d'aborder le processus de prise de décision face à l'incertitude, de l'aversion pour le risque, du développement et de la diffusion des techniques ainsi que des questions de répartition.

Les décisions relatives à l'évolution du climat doivent prendre en compte les caractéristiques propres du "problème": de vastes incertitudes (scientifiques et économiques), des processus probablement non linéaires et irréversibles, une répartition asymétrique des impacts dans l'espace et le temps, des horizons temporels très longs, l'envergure mondiale du phénomène et le potentiel associé de comportements de "passagers clandestins". Outre les incertitudes scientifiques (discutées dans le volume sur la science du changement climatique du Deuxième rapport d'évaluation (DRE) du GIEC) et les incertitudes quant aux conséquences (discutées dans le volume sur les analyses scientifico-techniques des conséquences du changement climatique, des adaptations à ce changement et son atténuation du Deuxième rapport d'évaluation (DRE) du GIEC), il existe des incertitudes socio-économiques quant à la mesure dans laquelle l'évolution du climat va affecter la société – notamment de façon directe sur le plan économique et sur celui, plus large, du bien-être – et également quant aux répercussions socio-économiques de l'atténuation des émissions.

L'autre aspect qui accroît les incertitudes et complique le processus de décision est d'ordre géographiques : l'évolution du climat est un problème d'envergure mondiale qui touche un ensemble extraordinairement divers de sociétés humaines ayant des histoires, des situations et des capacités très différentes. De nombreux pays en voie de développement se trouvent dans des régions relativement chaudes, dépendent largement de l'agriculture et disposent d'une infrastructure et de structures sociales peu développées. C'est pourquoi ils risquent de souffrir plus que la moyenne de l'évolution du climat, peut-être même beaucoup plus. L'évolution du climat pourrait aussi avoir des incidences importantes dans les pays développés.

La littérature souligne également que la temporisation est elle-même une décision coûteuse. Selon certaines études, son coût serait peu élevé. Selon d'autres, elle imposerait des risques à toutes les parties, surtout les plus vulnérables, une plus grande utilisation d'une capacité de l'atmosphère limitée et l'éventuel report de progrès techniques souhaitables. Aucun consensus ne se dégage de la littérature.

La nature planétaire du problème, qui nécessite une action collective de la part d'États souverains, et les situations très diverses des différentes parties posent des problèmes de conséquences et de procédure. Les questions de conséquences ont trait aux résultats alors que les questions de procédure ont trait à la façon de prendre les décisions. En ce qui concerne l'évolution du climat, l'existence d'un cadre juridique établi implique un processus collectif dans un contexte de négociation (la CCNUCC). C'est ainsi qu'il existe trois catégories distinctes de cadres décisionnels, dont les objets et les implications diffèrent : l'optimisation à l'échelle planétaire (recherche de résultats optimaux sur le plan mondial), la prise de décision procédurale (règles de procédure) et la prise de décisions collective (problèmes de répartition, décideurs multiples et interdépendants).

L'augmentation au cas du changement climatique de la littérature relative à la prise de décision fournit des éléments permettant d'élaborer une stratégie collective et/ou axée sur le marché visant à partager les risques et à obtenir des bénéfices mutuels. Selon cette littérature, il faudrait que les mesures soient séquentielles (éche-

lonnées dans le temps), que les pays adoptent un train de mesures en matière d'atténuation, d'adaptation et de recherche et qu'ils l'ajustent constamment en fonction des nouvelles connaissances. On peut considérer la possibilité du transfert de ressources financières et de technologies vers les pays en voie de développement comme s'inscrivant dans un cadre analytique global.

Certains éléments d'une stratégie axée sur le marché ont trait à l'assurance et au marché des risques. La mise en commun des risques ne change rien à leur gravité, mais elle est susceptible d'accroître l'efficacité et le bien-être économiques. Bien qu'il n'existe pas actuellement d'assurance permettant de partager les risques de l'évolution du climat à l'échelle planétaire, une collaboration dans un cadre collectif tel que celui de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques peut avoir un avantage considérable: celui du partage des risques. Il est difficile d'assurer les risques entraînés par l'évolution du climat³, et la communauté internationale n'a pas encore adopté d'instruments aussi perfectionnés. Cela n'empêche cependant pas qu'à l'avenir, des accords internationaux puissent définir un marché suffisant à assurer certains besoins d'ordre international.

4. ÉQUITÉ ET CONSIDÉRATIONS D'ORDRE SOCIAL

L'équité est un aspect important des politiques climatiques et de la Convention-cadre. Dans le langage courant, le mot équité désigne la qualité "de ce qui est impartial" ou "de ce qui est conforme à la justice naturelle". La CCNUCC, dont les articles 3.1, 4.2.a et 11.2 font référence à l'équité, définit le contexte d'une action visant à ce que les principes de l'équité soient appliqués à la poursuite de ses buts et de son objectif. Le droit international, et notamment les décisions pertinentes de la Cour internationale de justice, peut donner également des indications.

Divers principes éthiques, dont l'importance de satisfaire les besoins fondamentaux de l'individu, peuvent s'appliquer à l'évolution du climat, mais l'application aux rapports entre États des principes établis pour guider les comportements individuels est complexe et tortueuse. Les politiques relatives aux changements climatiques ne doivent ni aggraver les disparités régionales existantes ni chercher à résoudre l'ensemble des problèmes qui se posent en matière d'équité.

La question de l'équité soulève des problèmes de procédure et de conséquences. Les problèmes de procédure ont trait à la façon de prendre les décisions alors que les problèmes de conséquences ont trait aux résultats. Pour que des accords soient efficaces et incitent à la coopération, ils doivent être considérés comme légitimes, et l'équité est un facteur important de légitimation.

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

³ Faute de connaître l'ampleur des incidences possibles des changements climatiques, on ignore la capacité du marché privé à assurer les pertes découlant de ces changements.

L'équité en matière de conséquences comporte deux aspects : la répartition du coût des dommages ou de l'adaptation et du coût des mesures d'atténuation du changement climatique. Comme les pays sont extrêmement différents de par leur vulnérabilité, leur richesse, leurs capacités, leurs ressources et autres éléments cités ci-après, les coûts des dommages, de l'adaptation et de l'atténuation risquent d'être supportés de façon inéquitable s'ils ne sont pas abordés explicitement.

Il est probable que l'évolution du climat impose des coûts aux générations à venir et aux régions touchées, notamment celles où les émissions de gaz à effet de serre sont faibles. Les incidences de cette évolution seront inégalement réparties.

L'article 3.1 de la Convention-cadre reconnaît le principe de la responsabilité commune mais différenciée et des capacités respectives des Parties. Des mesures allant au-delà d'une politique "sans regrets" imposent des coûts à la génération actuelle. Une politique d'atténuation pose inévitablement le problème du partage de ces coûts. Les intentions initiales des Parties figurant à l'Annexe I en ce qui concerne la limitation des émissions constituent un premier pas collectif de ces Parties face à l'évolution du climat.

Les arguments liés à l'équité peuvent sous-tendre diverses propositions de répartition des coûts de l'atténuation. La plupart de ces propositions s'articulent sur deux grandes approches : une allocation basée sur un niveau d'émissions par habitant égal pour tous les pays et une allocation fondée sur l'écart par rapport à un niveau national de référence (actuel ou projeté). Certaines propositions combinent ces approches afin de prendre en compte les considérations d'équité qui seraient négligées si l'on faisait appel à une seule de ces approches. Le GIEC peut expliquer scientifiquement les implications des diverses approches et propositions, mais le choix de celles-ci relève d'un jugement politique.

Il existe, tant parmi les pays développés que parmi les pays en voie de développement, des différences considérables qui influent sur l'application des principes de l'équité à la prévention du changement climatique. Ces différences portent sur les niveaux d'émission antérieurs et cumulatifs, sur leur niveau actuel total et par habitant, sur leur intensité et sur la production économique, ainsi que sur d'autres facteurs tels que la richesse, les structures énergétiques et les ressources disponibles. La littérature est évasive en ce qui concerne les répercussions de ces différences sur l'équité dans les pays développés et en voie de développement.

En outre, les incidences de l'évolution du climat ne sont pas les mêmes pour les pays en voie de développement et pour les pays développés. Les premiers, qui ont souvent des priorités différentes et des institutions plus faibles, sont généralement plus vulnérables face au changement climatique. Il est probable cependant que la part des émissions dues aux pays en voie de développement va encore s'accroître en raison de leurs besoins dans le domaine social et en matière de développement. Il est probable que les émissions de gaz à effet de serre vont prendre une dimension de plus en plus universelle malgré la persistance de disparités considérables en termes d'émissions par habitant.

Il est important de tenir compte des questions d'efficacité et d'équité dans l'analyse des mesures d'atténuation et d'adaptation. Il pourrait être utile de considérer les implications sur le plan de l'équité de certaines mesures visant à l'efficacité, et notamment leurs conséquences sociales.

5. ÉQUITÉ ENTRE GÉNÉRATIONS ET ACTUALISATION

La politique en matière de changement climatique, comme beaucoup d'autres questions stratégiques, pose des problèmes particuliers d'équité entre générations, car les générations à venir ne sont pas en mesure d'influer directement sur les politiques adoptées au

jour d'hui qui pourraient se répercuter sur leur bien-être, et du fait qu'il ne sera peut-être pas possible de les dédommager pour la réduction de leur bien-être que ces politiques auront entraîné.

Le développement durable est une approche permettant d'assurer l'équité entre générations, car il vise à répondre "aux besoins des générations actuelles sans compromettre la capacité des générations futures à faire face à leurs propres besoins"⁴. Les économistes s'accordent à dire qu'il n'est pas nécessaire pour autant d'assurer aux générations à venir la même quantité de chacune des ressources. Un développement durable exige néanmoins que l'exploitation des ressources naturelles épuisables et la dégradation de l'environnement soient convenablement contrebalancées, par exemple par une augmentation des actifs de production suffisant à ce que les générations à venir aient un niveau de vie au moins égal à celui d'aujourd'hui. La littérature met en lumière des opinions diverses sur la mesure dans laquelle l'infrastructure et les connaissances peuvent servir de substitut aux ressources naturelles telles qu'un environnement sain. Cette question est essentielle pour l'application de tels principes. Pour certains analystes, il existe des ressources uniques et absolument irremplaçables. Pour d'autres, les générations actuelles peuvent compenser la réduction qualitative et quantitative des ressources écologiques en augmentant d'autres ressources.

L'actualisation est le principal outil analytique dont se servent les économistes pour comparer des effets économiques se produisant à des périodes différentes. Le choix du taux d'actualisation a une grande importance technique pour l'analyse de la politique en matière de changement climatique, car l'horizon temporel est extrêmement long et le coût de l'atténuation a tendance à être ressenti bien plus tôt que les bénéfices des dégâts évités. Plus ce taux est élevé, plus les futurs bénéfices sont négligeables et plus les coûts actuels prennent d'importance dans l'analyse.

Le choix d'un taux d'actualisation public pose également la question des valeurs, car il est lié intrinsèquement au coût des mesures actuelles ainsi qu'aux dommages que risquent de subir les générations à venir si aucune mesure n'est adoptée⁵. La meilleure façon de choisir un taux d'actualisation est et restera sans doute une question insoluble. C'est l'une des raisons pour lesquelles ce taux est différent selon les pays. En général, les analystes font appel à plusieurs taux d'actualisation pour les études de sensibilité. Il faut également admettre qu'un taux d'actualisation public présuppose que tous les effets aboutissent à leur équivalent-consommation. C'est ce qui en rend difficile l'application aux incidences non marchandes de l'évolution du climat qui, pour des raisons éthiques ou pratiques, ne peuvent être traduites en unités de consommation.

La littérature relative à l'application d'un taux d'actualisation public à l'analyse de l'évolution du climat se divise en deux grandes catégories. Une première approche consiste à actualiser la consommation de diverses générations au moyen d'un "taux de préférence collective pour le présent", qui représente la somme du taux de "préférence pure pour le présent" (impatience) et du taux d'accroissement du bien-être dû à l'augmentation future du revenu par habitant. D'après cette approche, selon les valeurs adoptées pour les divers paramètres, le taux d'actualisation a tendance à baisser jusqu'à un minimum se situant entre 0,5 et 3,0 % par an en moyenne mondiale. Il existe cependant, à l'échelon régional, des variations sensibles de ce taux, qui concordent néanmoins avec une moyenne mondiale donnée.

⁴ Selon un principe apparenté (mais plus précis), chaque génération est en droit d'hériter d'une planète et d'un ensemble de ressources culturelles d'une qualité au moins égale à celle qu'ont connue les générations précédentes.

⁵ Un taux d'actualisation public est un taux d'actualisation utilisable par un Etat pour évaluer une politique officielle.

La deuxième approche consiste à considérer le rendement des investissements, qui, à prix constant, se situe entre 3 et 6 % pour les investissements publics à long terme ne comportant aucun risque. Théoriquement, il serait possible d'investir dans des projets ayant un tel rendement et d'utiliser le produit de ces investissements pour accroître la consommation dans l'intérêt des générations à venir.

Le choix d'un taux d'actualisation public pour des projets d'investissement public relève d'un jugement politique, mais il a des incidences considérables sur l'évaluation économique des mesures à prendre face à l'évolution du climat⁶. Dans cent ans, par exemple, en tenant compte de l'inflation, \$1000 de dommages seront évalués à \$370 si l'on prend un taux d'actualisation de 1 % (situé vers le bas de la fourchette dans le cas de la première approche), mais à \$7,60 si l'on prend un taux d'actualisation de 5 % (situé vers le haut de la fourchette dans le cas de la deuxième approche). En revanche, dans les analyses de la rentabilité à court terme des politiques, l'incidence des divers taux d'actualisation est nettement plus faible. Dans tous les domaines, les analystes devraient préciser le(s) taux qu'ils utilisent afin de faciliter la comparaison et le regroupement des résultats.

6. APPLICABILITÉ DE L'ÉVALUATION DES COÛTS ET DES BÉNÉFICES

De nombreux facteurs sont à prendre en compte lors de l'évaluation des projets et des politiques climatiques officielles, et notamment l'analyse de leur coût et de leurs bénéfices éventuels. Bien que ces coûts et bénéfices ne puissent pas tous être exprimés en termes financiers, il existe diverses techniques offrant un cadre utile pour organiser l'information sur les conséquences des diverses mesures destinées à faire face à l'évolution du climat.

Les techniques analytiques servant à l'examen des politiques et des décisions économiques relatives à l'environnement comprennent l'analyse traditionnelle coûts-bénéfices appliquée aux projets, l'analyse coût-efficacité, l'analyse à critères multiples et l'analyse des décisions. Dans l'analyse traditionnelle coûts-bénéfices, on s'efforce de comparer l'ensemble des coûts et des bénéfices exprimés dans les mêmes termes financiers. Dans l'analyse coût-efficacité, on cherche à minimiser le coût d'une mesure prise pour atteindre un objectif défini au moyen d'autres critères. L'analyse à critères multiples est conçue pour les cas où certains bénéfices et/ou certains coûts se mesurent en termes non financiers. L'analyse des décisions vise spécifiquement la prise de décisions en cas d'incertitude.

En principe cet ensemble de techniques peut contribuer à améliorer les décisions concernant l'ampleur souhaitable des mesures d'atténuation du changement climatique, le calendrier d'application de ces mesures et les méthodes à suivre.

L'analyse traditionnelle coûts-bénéfices repose sur le principe selon lequel à tout moment, le degré de réduction des émissions est déterminé de façon que les coûts marginaux soient égaux aux bénéfices marginaux. Cependant, les coûts et les bénéfices peuvent être difficiles et parfois impossibles à évaluer, en raison de l'ampleur des incertitudes, de la possibilité de catastrophes ayant de très faibles probabilités d'occurrence ou simplement du fait qu'il n'existe pas de méthode homogène pour en exprimer les effets en termes monétaires. Dans certains de ces cas, il est possible de faire appel à l'analyse à critères multiples. Celle-ci offre aux décideurs un ensemble plus vaste d'informations et leur permet notamment d'évaluer les coûts et les bénéfices considérés dans un cadre commun.

L'application pratique de l'analyse traditionnelle coûts-bénéfices au problème de l'évolution du climat est donc difficile en raison de l'aspect mondial, régional et intergénérationnel de la question. L'évaluation du coût des diverses mesures d'atténuation est extrêmement variable, ainsi que l'évaluation des dommages

physiques éventuels résultant des changements climatiques. En outre, on accorde une confiance limitée à l'évaluation chiffrée des conséquences importantes de ces changements (et notamment de leurs conséquences non marchandes). Ces incertitudes et leur résolution au cours du temps peuvent être décisives pour le choix de stratégies de lutte contre les changements climatiques. L'analyse des décisions a pour objet la résolution de tels problèmes. Par ailleurs, il n'existe pas de principes économiques largement admis pour l'évaluation de certaines catégories de répercussions sur l'environnement, la culture et la santé. Dans la mesure où certaines répercussions et certaines mesures ne peuvent pas être évaluées en termes monétaires, les économistes complètent l'analyse traditionnelle coûts-bénéfices par des techniques telles que l'analyse à critères multiples, ce qui permet d'exprimer quantitativement les compromis envisageables. Ces techniques ne permettent pas de résoudre les questions d'équité, consistant par exemple à déterminer la répartition des coûts. Elles donnent cependant d'importantes informations sur les conséquences des dommages, sur les coûts de l'atténuation et de l'adaptation et sur les domaines dans lesquels des mesures rentables peuvent être adoptées.

Malgré leurs nombreuses imperfections, ces techniques offrent un cadre utile pour identifier les principales questions auxquelles doivent faire face les décideurs en matière d'évolution du climat:

- De combien les émissions de gaz à effet de serre devraient-elles être réduites?
- A quel moment ces émissions devraient-elles être réduites ?
- De quelle façon devraient-elles être réduites ?

Ces techniques analytiques permettent aux décideurs d'établir une comparaison quantitative des conséquences de diverses mesures ou de l'absence de mesures, ce qui peut assurément contribuer à la résolution de ces questions.

7. COÛT SOCIAL DU CHANGEMENT CLIMATIQUE RÉSULTANT DES ACTIVITÉS HUMAINES : DOMMAGES IMPUTABLES À L'AUGMENTATION DES GAZ À EFFET DE SERRE

La littérature concernant le sujet abordé ici est controversée. Elle se fonde essentiellement sur des recherches effectuées dans des pays développés, dont les résultats sont souvent extrapolés pour les pays en voie de développement. Il n'existe aucun consensus quant à la façon d'évaluer la valeur d'une vie statistique ou de regrouper les vies statistiques pour plusieurs pays⁷. Une valorisation monétaire ne doit pas occulter les conséquences humaines des bouleversements climatiques d'origine anthropique, car la vie possède une valeur qui dépasse la simple évaluation monétaire. Il est à noter que la Déclaration de Rio et le programme Action 21 stipulent que le développement durable doit rester axé sur l'homme. L'approche adoptée pour une telle évaluation pourrait se répercuter sur l'ampleur des stratégies de réduction des dommages. On notera aussi que dans la presque totalité de la littérature consultée au titre de la présente section, i) l'évaluation de la valeur de la vie statistique est différente pour les pays en voie de développement et pour les pays développés, ii) l'évaluation des dommages est également différente pour les deux types de pays. Comme les circonstances nationales, y compris les coûts d'option, ne sont pas les mêmes selon les pays, les économistes évaluent parfois certaines catégories d'impacts de façon distincte pour chaque pays.

⁶ Malgré la diversité des valeurs attribuées au taux d'actualisation, les politiques s'inspirant des deux approches peuvent aboutir à des résultats semblables.

⁷ La valeur d'une vie statistique se définit comme la valeur attribuée à une variation du risque de décès dans une population donnée.

Les bénéfices de la limitation des émissions de gaz à effet de serre et l'augmentation des puits comprennent: a) les dommages évités; et b) les avantages secondaires découlant des politiques applicables. Les avantages secondaires comprennent la réduction des polluants produits parallèlement aux gaz à effet de serre et la conservation de la diversité biologique. Les dommages nets dus au changement climatique comprennent les incidences marchandes et non marchandes, dans la mesure où elles peuvent être quantifiées aujourd'hui, et, dans certains cas, les coûts d'adaptation. On indique la valeur nette des dommages pour tenir compte de certains effets bénéfiques du réchauffement planétaire, bien que ceux-ci soient nettement inférieurs au coût des dommages. Les incidences non marchandes telles que la dégradation de la santé humaine, le risque de mortalité et la détérioration des écosystèmes représentent une part importante des estimations disponibles en matière de coût social de l'évolution du climat. Les ouvrages sur l'évaluation financière de ces incidences reflètent des opinions et des approches divergentes. Les estimations des dommages non marchandes sont très incomplètes et possèdent un caractère hautement spéculatif.

Elles constituent donc une source d'incertitudes considérables pour l'évaluation des répercussions de l'évolution mondiale du climat sur le bien-être de l'humain. Certains considèrent l'évaluation monétaire de ces répercussions comme essentielle pour prendre des décisions avisées. D'autres, pour des raisons éthiques, rejettent la valorisation monétaire de certaines de ces répercussions, telles que le risque de mortalité humaine. Il existe en outre un risque de disparition de civilisations entières. Ce risque, qui ne peut être considéré en termes financiers, implique une perte de diversité humaine, dont nous ne possédons aucun indicateur capable de mesurer la valeur économique.

La littérature consultée contient très peu d'évaluations des dommages, exprimés en termes financiers, qu'entraînerait un doublement de la concentration équivalente de CO₂. Ces évaluations, regroupées à l'échelle mondiale, illustrent les incidences possibles de l'évolution du climat selon certains scénarios choisis. Le regroupement des divers dommages chiffrés en vue d'obtenir l'impact total sur le bien-être collectif implique des décisions délicates en matière d'équité entre nations. Les évaluations à l'échelle planétaire reposent sur la totalisation des dommages chiffrés pour chaque pays (correspondant eux-mêmes à une agrégation implicite d'éléments individuels), qui reflètent les différences de patrimoine et de revenu existant entre les pays, ce qui influe fondamentalement sur la valorisation monétaire de ces dommages. Si l'on tient compte des différences de revenu entre les pays, une incidence comparable (telle que l'accroissement du taux de mortalité) aura un poids très différent selon les pays dans le calcul des dommages à l'échelle planétaire.

Pour que les choix entre diverses façons de promouvoir le bien-être humain puissent se faire sur une base cohérente, les économistes cherchent depuis de nombreuses années, au moyen de différentes techniques, à exprimer en termes financiers une large gamme d'incidences sur l'homme et l'environnement. Parmi ces techniques, la plus couramment utilisée repose sur le consentement observé à payer le prix de divers avantages non marchands⁸. Cette approche est celle qui a été adoptée dans la plus grande partie de la littérature consultée.

La vie humaine est un élément extérieur au marché que les sociétés voudront protéger partout de manière égale. Si l'on utilise une approche impliquant une valorisation uniforme des incidences sur la vie humaine où qu'elles se produisent, les évaluations globales, à l'échelle planétaire, seront sans doute différentes de celles indiquées ci-après. Si, par exemple, on donnait partout la même valeur à la vie statistique en moyenne mondiale, la valeur totale des dommages au niveau mondial demeurerait inchangée, mais la part de ces dommages supportée par les pays en voie de développement serait nettement plus élevée. Si l'on lui donnait partout la même valeur que

celle qu'on lui attribue généralement dans les pays développés, le coût des dommages exprimés en termes monétaires serait multiplié plusieurs fois et la proportion du dommage total estimatif supportée par les pays en voie de développement s'accroîtrait encore.

On peut faire appel à d'autres techniques d'agrégation pour tenir compte des différences de patrimoine ou de revenu entre les pays dans le calcul chiffré des dommages. Comme les estimations chiffrées des dommages ont tendance à représenter un pourcentage du PIB plus élevé pour les pays à faible revenu que pour les pays à revenu élevé, on s'attend à ce que les techniques d'agrégation prévoyant un ajustement en fonction des effets sur le patrimoine ou sur le revenu aboutissent à des évaluations des dommages sur le plan mondial supérieures à celles présentées dans le présent rapport.

Pour un réchauffement de 2 à 3 °C, la littérature consultée aboutit à des estimations ponctuelles très diverses des dommages totaux compte tenu de l'augmentation prévue de la concentration de gaz à effet de serre dans l'atmosphère. Les estimations globales des dommages, qui correspondent généralement à quelques points de pourcentage du PIB mondial, représentent en général une proportion nettement plus élevée du PIB dans les pays en voie de développement. De telles estimations comportent une incertitude considérable, mais la littérature consultée n'a pas permis de déterminer l'ampleur de cette incertitude. Il est impossible de considérer la fourchette des estimations comme un intervalle de précision, étant donné les hypothèses et les méthodologies très diverses adoptées pour les différentes études. Comme nous l'avons noté ci-dessus, l'agrégation est susceptible de masquer des incertitudes encore plus grandes à propos des divers éléments des dommages considérés.

Dans les évaluations régionales ou sectorielles des conséquences de l'évolution du climat, la fourchette des estimations des effets économiques nets est beaucoup plus large. Dans certaines régions, les dommages, qu'on estime devoir être nettement plus élevés, risquent de nuire au développement économique. Dans d'autres, l'évolution du climat est susceptible d'augmenter la production économique et d'offrir des possibilités de développement économique. Pour les pays disposant en général d'une économie industrielle et diversifiée ainsi que d'une population active instruite et adaptable, les quelques prévisions publiées quant aux dommages sont de l'ordre de quelques points de pourcentage du PIB. Pour les pays ayant en général une économie spécialisée et axée sur les ressources naturelles (sur l'agriculture ou l'exploitation forestière, par exemple) ainsi qu'une population active peu instruite et attachée à la terre, les rares estimations publiées sont nettement plus élevées. Les petites îles et les zones côtières de faible altitude sont particulièrement vulnérables. Ces estimations ne tiennent pas compte des dommages pouvant découler d'éventuelles catastrophes à grande échelle telles que le bouleversement de la circulation océanique. Les diverses études ne s'accordent pas sur l'ampleur exacte des dommages de chaque catégorie et quant à l'ordre d'importance de ces catégories⁹. Des changements climatiques d'une telle ampleur n'étant

⁸ La notion de consentement à payer donne une indication, selon les souhaits exprimés, des ressources mobilisables et de la sensibilisation de l'opinion à un moment donné. Les valeurs retenues peuvent évoluer avec le temps. D'autres notions (telles que celle de consentement à accepter un dédommagement des dégâts) ont été proposées, mais elles sont encore d'un emploi peu courant dans la littérature. L'interprétation et l'application au problème du climat de la notion de consentement à payer et d'autres notions sont susceptibles d'évoluer.

⁹ Étant donné les délais s'écoulant entre l'obtention de résultats scientifiques, l'utilisation de ces résultats pour évaluer les impacts physiques et biologiques éventuels et leur prise en compte dans les analyses économiques de l'évolution du climat, les estimations concernant les dommages imputables à cette évolution sont fondées principalement sur les résultats scientifiques présentés dans les rapports de 1990 et de 1992 du GIEC.

pas attendus avant plusieurs dizaines d'années, les dommages d'ici là pourraient être moins importants. En revanche, ils risquent d'être plus importants à plus longue échéance¹⁰.

Le GIEC n'endosse aucune des fourchettes de valeurs publiées en ce qui concerne les dommages marginaux imputables aux émissions de CO₂. Selon les chiffres publiés, les dommages estimatifs se situeraient entre US\$5 et 125 (au taux de 1990) par tonne de carbone actuellement émise. Cette fourchette ne correspond pas à l'intégralité de l'intervalle de confiance. Fondées sur des modèles au demeurant simplistes, les estimations donnent une représentation limitée des processus climatiques réels et se basent sur les rapports scientifiques antérieurs du GIEC. La large gamme des dommages estimatifs reflète les différences des scénarios, des taux d'actualisation et d'autres hypothèses. Il faut souligner que les estimations concernant le coût social de l'évolution du climat sont caractérisées par un degré d'incertitude important en raison de notre connaissance limitée des incidences de cette évolution, à des incertitudes quant à l'avenir des développements technologiques et socio-économiques et à l'éventualité d'événements catastrophiques ou inattendus.

8. ÉVALUATION GÉNÉRALE DES STRATÉGIES D'INTERVENTION

Il existe de nombreuses possibilités d'adaptation aux incidences de l'évolution du climat. A chacune des techniques, des pratiques et des mesures considérées correspondent un prix et des bénéfices économiques et écologiques. La présente section passe en revue l'ensemble des mesures actuellement envisageables ou abordées dans la littérature. Etant donné l'évolution des conditions locales et des coûts, l'assortiment optimal des diverses possibilités d'intervention dépend du pays et du moment considérés.

L'examen des mesures d'atténuation des émissions de CO₂ indique que :

- De nombreux secteurs offrent de vastes possibilités **d'accroître l'efficacité et les économies** dans le domaine de l'approvisionnement et de la consommation d'énergie. Ces mesures ont des avantages économiques et écologiques en plus de permettre la réduction des émissions de gaz à effet de serre. Nombre d'entre elles peuvent être mises en œuvre rapidement grâce à la taille réduite des unités, à une conception modulaire et au faible coût global du cycle de vie.

Les mesures visant à **réduire les émissions de CO₂ imputables à la consommation d'énergie** font appel à des alternatives techniques et aux améliorations de rendement, notamment dans les secteurs du bâtiment, de l'habitat, du commerce, de l'agriculture et de l'industrie. Les stratégies de bon rapport coût-efficacité ne sont pas toutes fondées sur de nouvelles technologies : certaines se basent sur une meilleure diffusion de l'information, la sensibilisation du public, des stratégies de gestion, des politiques des prix et des réformes institutionnelles.

- L'évaluation du potentiel technique du **passage à des combustibles à moindre teneur en carbone** varie selon les régions, les types de mesures et la disponibilité rentable de réserves de combustibles fossiles et de carburants de remplacement. Ces études doivent tenir compte du risque de rejet de méthane dû aux fuites de gaz naturel en cours de production et de distribution.
- Les **technologies faisant appel à des sources d'énergie renouvelables** (énergie solaire, énergie hydroélectrique, énergie éolienne, biomasse traditionnelle et moderne, énergie thermique des mers, par exemple) en sont à divers stades de développement technique et de maturité économique et commerciale. Le potentiel de ces sources d'énergie n'est pas entièrement exploité. Le coût estimatif des technologies de ce type dépend de caractéristiques propres aux sites, de la variabilité des ressources et de la forme sous laquelle

l'énergie finale est distribuée. Ce coût estimatif est extrêmement variable.

- **L'énergie nucléaire**¹¹ est une technologie qui est exploitée depuis plusieurs dizaines d'années dans de nombreux pays. Cependant, de nombreux facteurs ont ralenti le développement de l'énergie nucléaire, parmi lesquels : a) la méfiance du public découlant des accidents nucléaires, b) des problèmes imparfaitement résolus concernant la sécurité des réacteurs, la prolifération de matières fissiles, le déclassement des installations nucléaires et le stockage à long terme des déchets nucléaires, ainsi, dans certains cas, qu'une demande d'électricité inférieure aux prévisions. Des difficultés réglementaires et de choix des sites ont augmenté les délais de construction des centrales, entraînant un accroissement des frais d'investissement dans certains pays. Si ces problèmes, et notamment leurs aspects sociaux, politiques et écologiques mentionnés ci-dessus, peuvent être résolus, la part de l'énergie nucléaire dans la production mondiale d'énergie est susceptible de s'accroître.
- A terme, la **séquestration et l'élimination du CO₂** risquent d'être limitées pour des raisons techniques et écologiques, car les techniques d'élimination ne garantissent pas toutes que le carbone ne sera pas réintroduit dans l'atmosphère.
- Dans certains cas, les mesures dans le secteur de la **foresterie** offrent de vastes possibilités pour un prix modique et un faible risque, ainsi que d'autres avantages. En outre, le potentiel de l'utilisation par des techniques modernes de la biomasse en tant que combustible et que source d'électricité pourrait devenir intéressante. L'arrêt ou le ralentissement du déboisement et l'accélération du reboisement grâce à des programmes d'accroissement de la productivité sylvicole et de gestion écologiquement viable permettant d'augmenter la productivité agricole, le développement des réserves forestières et la promotion de l'écotourisme s'inscrivent parmi les solutions rentables pour ralentir l'accumulation de CO₂ dans l'atmosphère. Les programmes d'exploitation forestière posent d'importants problèmes en matière d'équité¹².

Il existe également un grand nombre de techniques et de pratiques permettant de réduire les émissions de **méthane** provenant de sources telles que les réseaux de distribution de gaz naturel, les mines de charbon, les décharges et les exploitations agricoles. Cependant, la question de la réduction des émissions liées à la production alimentaire pourrait impliquer des compromis touchant au rythme de production alimentaire. Ces compromis doivent être soigneusement évalués, car ils pourraient nuire à la satisfaction des besoins fondamentaux dans certains pays, notamment de développement.

La plupart des émissions de **protoxyde d'azote** proviennent de sources diffuses liées à l'agriculture et à la foresterie. Ces émissions sont difficiles à réduire rapidement. Les émissions industrielles de **protoxyde d'azote** et de **composés halogénés** ont tendance à se concentrer dans quelques secteurs clés et sont plus faciles à maîtriser. Les mesures visant à limiter ces émissions pourraient être attrayantes pour de nombreux pays.

¹⁰ Voir le volume sur la science du changement climatique et le volume sur les analyses scientifico-techniques des conséquences du changement climatique, des adaptations à ce changement et son atténuation du Deuxième rapport d'évaluation (DRE) du GIEC.

¹¹ Pour de plus amples renseignements sur les aspects techniques de l'énergie nucléaire, voir le volume sur les analyses scientifico-techniques des conséquences du changement climatique, des adaptations à ce changement et son atténuation du Deuxième rapport d'évaluation (DRE) du GIEC.

¹² Ces problèmes sont traités dans la section 4 ci-dessus et dans le volume sur les dimensions économiques et sociales du changement climatique du deuxième rapport d'évaluation (DRE) du GIEC.

La lenteur avec laquelle une bonne partie des mesures rentables et techniquement intéressantes citées ci-dessus sont mises en œuvre s'explique de diverses façons, et notamment par les coûts réels et perçus. Entre autres facteurs, les capitaux disponibles, le manque d'information, les obstacles institutionnels et les imperfections du marché influent sur la vitesse de diffusion de ces techniques. Il est nécessaire d'identifier les raisons propres à chaque pays pour pouvoir définir des politiques avisées et efficaces d'incitation à une plus large adoption de ces techniques.

L'enseignement, la formation, l'information et les services consultatifs sont des éléments importants des diverses mesures envisageables.

Nombre des techniques et des pratiques de réduction des émissions décrites ci-dessus offrent également d'autres avantages à la société : ceux-ci comprennent l'amélioration de la qualité de l'air, une protection accrue des eaux superficielles et souterraines, un accroissement de productivité de l'élevage, la réduction des risques d'explosion et d'incendie et une meilleure utilisation des ressources énergétiques.

Il existe aussi de nombreuses solutions d'adaptation aux incidences de l'évolution du climat qui permettent ainsi de réduire les dommages subis par les économies nationales et les écosystèmes naturels. Des solutions de ce type existent dans de nombreux secteurs : agriculture, énergie, santé, gestion des zones côtières, pêche hauturière et loisirs. Certaines de ces solutions permettent de mieux faire face aux conséquences actuelles de la variabilité du climat. Dans le cadre des recherches qui seront effectuées à l'avenir, il sera important d'étudier compromis possibles entre l'application de mesures d'atténuation et des mesures d'adaptation. Les mesures sectorielles d'adaptation sont récapitulées dans le Deuxième Rapport d'évaluation du Groupe de travail II du GIEC.

Les stratégies optimales d'intervention à l'échelon national dépendront des conditions et des circonstances propres à chaque pays. Cependant, de nombreuses études et observations empiriques récentes semblent indiquer que la meilleure façon de mettre en œuvre certaines des mesures les plus rentables passe par un effort commun ou par une collaboration entre les nations.

9. COÛT DES DIVERSES POSSIBILITÉS D'INTERVENTION

Il est à noter que la présente section constitue une évaluation de la littérature technique et qu'on n'y trouvera aucune recommandation en matière de politique à appliquer. La littérature disponible provient essentiellement de pays développés.

Considérations en matière de coût

Dans cette section, qui porte sur l'évaluation du coût des mesures d'atténuation et d'adaptation, nous nous intéresserons au coût net (coût total moins les bénéfices et coûts secondaires). Le coût net s'entend à l'exclusion du coût social de l'évolution du climat, qui est abordé à la section 7. La littérature consultée donne des estimations très diverses en ce qui concerne le coût des diverses possibilités d'intervention. Cette diversité est largement due à des différences significatives entre les hypothèses concernant l'efficacité du marché de l'énergie et d'autres marchés, et la capacité des organismes d'État à agir face aux défaillances et aux imperfections perçues de ces marchés.

Les mesures visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre pourront avoir d'autres répercussions économiques (telles que des effets externes technologiques liés à la stimulation des programmes de recherche-développement) et/ou écologiques (telles que la réduction des émissions de précurseurs des pluies acides et des smogs urbains). Certaines études indiquent que les avantages secondaires pour l'environnement pourraient être substantiels mais différents selon les pays.

Résultats spécifiques

Le coût estimatif de la réduction des émissions de gaz à effet de serre dépend beaucoup des hypothèses concernant l'amélioration du rendement énergétique dans le scénario de base (c'est-à-dire en l'absence de toute politique climatique) ainsi que d'un grand nombre de facteurs tels que les modes de consommation, la disponibilité des ressources et des technologies, le niveau souhaité et l'échelonnement dans le temps des réductions et le choix des instruments d'intervention. Les décideurs ne devraient pas accorder une confiance excessive aux chiffres ressortant d'analyses particulières. Les analyses du coût des mesures d'atténuation définissent par exemple ce coût par rapport à un niveau de référence donné, mais ni le niveau de référence ni les scénarios d'intervention ne doivent être considérés comme étant nécessairement représentatifs d'éventuelles conditions à l'avenir. Ils devraient plutôt s'attacher à comprendre en général les facteurs fondamentaux qui déterminent les coûts.

Le coût de la stabilisation des concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère à un niveau et dans un délai "qui empêche toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique" (objectif ultime de la CCNUCC) dépendra de la trajectoire choisie pour les émissions. Le coût du programme de réduction des émissions sera influencé par le rythme de remplacement des installations, du taux d'actualisation et de l'effet des activités de recherche-développement.

Si une politique d'incitation à des investissements permettant de remplacer efficacement les installations et l'équipement à la fin de leur durée de vie utile (c'est-à-dire au moment de la rotation du stock de capital) n'est pas adoptée aussi rapidement que possible, la société devra payer le prix économique de cette inaction. La réduction des émissions à un rythme pouvant être absorbé au cours de la rotation normale du stock de capital est susceptible d'être plus économique qu'un remplacement prématuré dès maintenant.

Le choix des trajectoires d'émissions suppose donc la mise en balance des risques économiques d'une réduction rapide dès maintenant (un remplacement prématuré des installations risquant de s'avérer inutile ultérieurement) et des risques équivalents d'une temporisation (une réduction plus rapide devenant alors nécessaire et exigeant ultérieurement le remplacement prématuré de futures installations).

Des signaux appropriés à long terme sont nécessaires pour que les producteurs et les consommateurs s'adaptent efficacement aux contraintes de l'atténuation des émissions de gaz à effet de serre et pour que les activités de recherche-développement soient stimulées. Les bénéfices d'une politique "sans regrets" contrebalanceront, du moins en partie, le coût d'un train complet de mesures d'atténuation. Une telle politique donnera également davantage de temps pour en apprendre plus sur les risques liés à l'évolution du climat et pour introduire de nouvelles technologies sur le marché.

Malgré de vastes différences d'opinions, les auteurs consultés conviennent qu'il est possible d'obtenir des gains d'efficacité de l'ordre de 10 à 30 % par rapport à la tendance de base au cours des 20 à 30 prochaines années pour un coût net négatif ou nul (un coût net négatif correspondant à un bénéfice économique). Sur un plus long terme, qui permet une rotation plus complète du stock de capital et qui donne aux politiques de recherche-développement et de transformation du marché une chance de se répercuter sur plusieurs cycles de remplacement, le potentiel d'une politique "sans regrets" est nettement plus élevé. L'ampleur de ce potentiel dépend de l'existence d'obstacles institutionnels et d'imperfections du marché importants qui empêchent la mise en œuvre de mesures rentables de réduction des émissions. Ainsi, la question clef est de savoir dans quelle mesure de tels obstacles ou imperfections peuvent être éliminés efficacement par des initiatives telles que : normes d'efficacité,

ENCADRÉ 1 : MODÈLES DESCENDANTS ET ASCENDANTS

Les modèles descendants sont des modèles globaux prenant en compte l'ensemble de la macro-économie. Ces modèles, qui reposent sur l'analyse rétrospective des tendances et des relations, permettent de prévoir les interactions à grande échelle devant se produire entre les divers secteurs de l'économie, et notamment entre le secteur énergétique et le reste de l'économie. En général, par rapport aux modèles ascendants, ils tiennent compte de la consommation d'énergie et de l'évolution technologique de façon relativement peu détaillée.

Les modèles ascendants, quant à eux, intègrent des études détaillées des coûts de conception d'un grand nombre de technologies actuelles et prévues et tiennent compte de la consommation d'énergie de façon très détaillée. Par rapport aux modèles descendants, cependant, ils intègrent généralement relativement peu de détails quant au comportement des consommateurs en matière autre qu'énergétique et quant aux interactions avec d'autres secteurs de l'économie.

La caractérisation simple des modèles descendants et ascendants est de plus en plus trompeuse, car les versions récentes des modèles de chaque type présentent davantage de détails sur des points qui étaient moins développés par le passé. Cette convergence de structure fait que les résultats obtenus à partir des deux types de modèles ont tendance à converger, les distinctions restantes résultant d'hypothèses différentes quant à la rapidité et à l'efficacité avec laquelle les institutions liées au marché adoptent de nouvelles technologies rentables ou sont portées à les adopter par des mesures nouvelles.

Nombre des modèles existants sont mal adaptés à l'étude des économies en transition et des pays en voie de développement. De plus amples recherches sont nécessaires pour mettre au point des méthodes, des données et des modèles, ainsi que pour renforcer la capacité d'analyse des institutions locales.

incitations, suppression de subventions, programmes d'information et financement de transferts de technologies.

De nombreux pays ont accompli des progrès en matière de diminution des obstacles institutionnels et les imperfections du marché grâce à des moyens d'intervention reposant sur des accords volontaires, à des mesures d'incitation à l'efficacité énergétique, à des normes d'efficacité des produits, à des programmes d'acquisition visant à améliorer l'efficacité énergétique dans le secteur de la fabrication et à des réformes réglementaires des services. Nombre des évaluations empiriques réalisées ont abouti à la conclusion que le ratio coûts-bénéfices de l'accroissement du rendement énergétique est favorable, ce qui semble indiquer que les politiques "sans regrets" peuvent être réalisées en pratique pour un coût net négatif. De plus amples renseignements sont nécessaires à propos de programmes semblables et plus perfectionnés pour un plus grand nombre de pays.

Les choix en matière d'infrastructure sont essentiels pour déterminer le coût à long terme des émissions et de leur réduction, car ils peuvent élargir ou restreindre le nombre et les types de possibilités pour l'avenir. Ces choix, qui déterminent les schémas de développement en matière de transports, d'habitat urbain et d'aménagement du territoire, et influencent sur l'essor des filières énergétiques et sur les pratiques de déboisement. La question revêt une importance particulière pour les pays en voie de développement et de

nombreuses économies en transition, où vont être prises, dans un proche avenir, d'importantes décisions en matière d'infrastructure.

Si l'on fait appel à une taxe sur le carbone ou à une taxe mixte carbone-énergie comme instrument d'une politique de réduction des émissions, cette taxe pourra produire des recettes substantielles dont la répartition sera susceptible d'influer profondément sur le coût des mesures d'atténuation. Si l'on répartit les recettes en réduisant les taxes génératrices de distorsions dans le système actuel, on contribuera à abaisser les charges excessives imposées par les régimes fiscaux en vigueur, ce qui, en outre, pourrait offrir un avantage économique (double dividende). Les études les plus optimistes réalisées en Europe à propos des possibilités de recyclage fiscal indiquent par exemple que les coûts seraient plus faibles et même légèrement négatifs dans certains cas. À l'inverse, un recyclage inefficace des recettes fiscales pourrait aboutir à une augmentation des coûts. Si, par exemple, on utilise les recettes fiscales pour financer des programmes d'Etat ayant un rendement moindre que les investissements dans le secteur privé abandonnés en raison de la taxe, les coûts vont augmenter globalement.

Le coût de la réduction des émissions de gaz à effet de serre varie sensiblement selon les pays en fonction de leur niveau de développement économique, de leurs choix en matière d'infrastructure et de leurs ressources naturelles. Une collaboration internationale pourrait aboutir à une baisse significative du coût global des mesures de réduction d'émissions. En effet, la recherche indique qu'en principe, des économies substantielles pourraient être réalisées si les émissions étaient réduites aux endroits où l'opération est la moins chère. Dans la pratique, cela exigerait la mise en place de mécanismes internationaux présidant à un flux approprié des capitaux et à des transferts de technologies entre pays. À l'inverse, l'absence d'une collaboration internationale risquerait de compromettre l'action unilatérale de pays ou de groupes de pays en vue de limiter les émissions de gaz à effet de serre. Cependant, les estimations quant à la délocalisation d'activités polluantes sont tellement variables qu'elles ont peu d'utilité pour les décideurs.

À ce jour, les analyses des possibilités et des coûts en matière de réduction des émissions sont plus nombreuses pour les pays développés que pour d'autres parties du monde. En outre, de nombreux modèles existants ne sont pas adaptés à l'étude des économies en transition ou de l'économie des pays en voie de développement. Il reste beaucoup à faire pour mettre au point et appliquer du modèles utilisables dans les pays autres que développés (modèles qui, par exemple, tiendraient plus explicitement compte des imperfections du marché, des obstacles institutionnels, de l'économie traditionnelle et de l'économie parallèle). De plus, le texte ci-après et la plus grande partie du rapport dont il s'inspire portent sur le coût des diverses possibilités d'intervention à l'échelon national ou régional dans la mesure où il affecte le PIB. Il convient d'analyser de façon plus approfondie les incidences des diverses interventions envisageables sur l'emploi, l'inflation, la compétitivité en matière commerciale et d'autres questions d'intérêt public.

Un grand nombre d'études faisant appel à une démarche descendante ou ascendante (voir les définitions dans l'encadré 1) ont été examinées. Les évaluations concernant le coût de la limitation du dioxyde de carbone rejeté par les combustibles fossiles (exprimé en unités de carbone) sont très variables et dépendent du choix des méthodes, des hypothèses de base, des scénarios concernant les émissions, des instruments d'intervention, de l'année de déclaration, etc. On trouvera les résultats précis de ces études au chapitre 9.

Pays de l'OCDE. Bien qu'il soit difficile de généraliser, les analyses descendantes indiquent que le coût de réductions substantielles permettant de ramener le niveau des émissions au-dessous de celui de 1990 pourrait atteindre plusieurs points de pourcentage du PIB. Dans le cas précis d'une stabilisation des émissions au niveau de

1990, la plupart des études estiment que le coût annuel se situe entre -0,5 % du PIB (ce qui équivaut à un gain total d'environ 60 milliards de dollars pour les pays de l'OCDE, au niveau actuel du PIB) et + 2 % du PIB (ce qui équivaut à une perte d'environ 240 milliards de dollars) pour les prochaines décennies. Cependant, des études indiquent également qu'un choix convenable du calendrier d'application des mesures d'abattement et la possibilité d'adopter des solutions de remplacement à bas prix pourraient réduire sensiblement la facture globale.

Les études ascendantes sont plus optimistes quant au potentiel de réduction des émissions à coût faible ou négatif et quant à la capacité de réaliser ce potentiel. De telles études indiquent que le coût d'une réduction de 20 % des émissions dans les pays développés d'ici 20 ou 30 ans est négligeable ou même négatif. Selon d'autres études ascendantes, il existe des possibilités de réduction absolue dépassant les 50 % à long terme, sans augmenter et peut-être même en réduisant le coût total pour la filière énergétique.

Les différences observées entre les résultats des analyses descendantes et ascendantes s'expliquent par des facteurs tels qu'une évaluation plus élevée du potentiel des politiques "sans regrets" et du progrès des technologies, ainsi que par une saturation plus précoce des services énergétiques dans chaque PIB. Les évaluations les plus favorables indiquent une possibilité d'économie de 10 à 20 % sur le coût total des services énergétiques.

Economies en transition. Les possibilités de réduction rentable de la consommation d'énergie pourraient être considérables, mais leur concrétisation va dépendre de la voie de développement économique et technologique choisie ainsi que des capitaux disponibles pour suivre diverses voies. La future évolution des structures dans les pays susceptibles de modifier radicalement le niveau des émissions de base et le coût de la réduction de ces émissions constitue une question déterminante.

Pays en voie de développement. Les analyses indiquent que les pays en voie de développement auraient des possibilités considérables de réduire à bas prix les émissions de dioxyde de carbone dues aux combustibles fossiles. Les voies de développement qui augmentent l'efficacité énergétique, encouragent les technologies énergétiques alternatives, réduisent le déboisement et favorisent la productivité agricole et la production de biomasse énergétique peuvent être bénéfiques sur le plan économique. Le choix d'une telle voie pourrait exiger une importante collaboration internationale ainsi que des transferts financiers et technologiques. Ce choix risque cependant de ne pas être suffisant pour contrebalancer la tendance à une augmentation rapide des émissions, qui est associée à l'accélération de la croissance économique et à l'accroissement global de la prospérité. La stabilisation des émissions de dioxyde de carbone risque d'être coûteuse.

Il est à noter que dans l'analyse des coûts pour les économies en transition et les pays en voie de développement, on ne tient habituellement pas compte des répercussions des mesures prises unilatéralement par les pays développés. Ces répercussions peuvent être soit positives soit négatives. Leur ampleur est difficile à quantifier.

Il est à noter également que des coûts ou des bénéfices estimatifs de l'ordre de quelques points de pourcentage du PIB, bien qu'ils puissent n'entraîner qu'une faible différence dans le taux de croissance de celui-ci, sont néanmoins considérables en termes absolus.

La protection et le développement des puits de carbone constituent un élément appréciable et souvent rentable d'une stratégie d'atténuation des gaz à effet de serre. Selon certaines études, la fixation du carbone dans les forêts pour une période de 50 à 100 ans pourrait compenser jusqu'à 15 à 30 % des émissions mondiales liées à l'énergie en 1990. Le coût de la fixation du carbone, qui est compétitif par rapport aux techniques de maîtrise des émissions à la source, pourrait être différent selon les régions du monde.

La maîtrise des émissions d'autres gaz à effet de serre, dont spécialement le méthane et le protoxyde d'azote, présente des possibilités importantes et rentable dans certains pays. Il serait possible, pour un coût négatif ou faible, de réduire d'environ 10 % les émissions de méthane imputables aux activités humaines en faisant appel aux mesures actuellement disponibles pour limiter les sources de méthane telles que les réseaux de gaz naturel, la gestion de déchets et l'agriculture.

10. MODÈLES D'ÉVALUATION INTÉGRÉE

Les modèles d'évaluation intégrée associent des connaissances provenant d'un grand nombre de disciplines pour donner des éclairages qu'il ne serait pas possible d'observer par la recherche disciplinaire traditionnelle. Ces modèles servent à l'exploration de diverses conditions d'existence possibles des sociétés humaines et des systèmes naturels, à analyser les grandes questions liées à l'élaboration des politiques et à contribuer à fixer des priorités en matière de recherche. L'intégration permet de coordonner les hypothèses émanant de diverses disciplines et d'analyser les rétroactions et les interactions qui n'existent pas dans les disciplines prises isolément. Cependant, les résultats de ces analyses ne sont pas meilleurs que ceux obtenus au moyen des sciences économiques, atmosphériques et biologiques sur lesquelles elles reposent. Les modèles d'évaluation intégrée sont limités tant par les connaissances qui leur servent de base que par l'expérience relativement restreinte de leur utilisation.

La plupart des modèles actuels d'évaluation intégrée ne reflètent pas la dynamique sociale et économique propre aux pays en voie de développement et aux économies en transition. Aucun de ces modèles, par exemple, ne tient compte de la plupart des imperfections du marché, des obstacles institutionnels ou de l'économie parallèle de ces pays. Cela peut conduire à des erreurs systématiques dans les évaluations à l'échelle planétaire si l'on donne aux mesures d'atténuation et à leurs incidences sur les pays en voie de développement et les économies en transition la même valeur que si leur fonctionnement économique était comparable à celui des pays développés.

Bien que d'apparition récente, les modèles d'évaluation intégrée des changements climatiques ont progressé rapidement. Ces modèles se divisent habituellement en deux types : les modèles d'évaluation des politiques et les modèles d'optimisation des politiques. Les modèles d'évaluation des politiques, qui abondent en paramètres physiques, ont été utilisés pour analyser le potentiel de déboisement résultant des interactions entre la démographie, la productivité agricole et la croissance économique, ainsi que les rapports existant entre l'évolution du climat et l'étendue des zones potentiellement sujettes au risque de paludisme. Dans les modèles d'optimisation des politiques, on fait appel à des variables clés (taux d'émission ou taxes sur le carbone, par exemple) pour formuler des objectifs de politique (minimisation des coûts ou optimisation de la prospérité, par exemple).

Les principales incertitudes inhérentes aux modèles actuels d'évaluation intégrée sont la sensibilité du système climatique aux variations des concentrations de gaz à effet de serre, la caractérisation et la valorisation monétaire des incidences là où il n'existe pas de marché, l'évolution de la démographie nationale et régionale, le choix des taux d'actualisation et les hypothèses sur le coût, la disponibilité et la diffusion des technologies.

11. ÉVALUATION ÉCONOMIQUE DES INSTRUMENTS DE LUTTE CONTRE LES GAZ À EFFET DE SERRE

Les gouvernements peuvent faire appel à divers ensembles de critères pour évaluer les instruments nationaux et internationaux de politique en matière de gaz à effet de serre. Parmi ces critères figurent l'efficacité/rentabilité, la capacité à atteindre les objectifs

déclarés en matière d'environnement, l'équité en matière de répartition (y compris entre générations), la souplesse d'adaptation à de nouvelles connaissances, l'intelligibilité pour le grand public et la cohérence par rapport aux priorités, aux politiques, aux institutions et aux traditions nationales. Le choix des instruments peut également traduire la volonté des gouvernements d'atteindre d'autres objectifs tels qu'un développement économique durable, la concrétisation des objectifs en matière de développement social et de fiscalité ou la maîtrise des niveaux de pollution indirectement liés aux émissions de gaz à effet de serre. Certains gouvernements se soucient également des répercussions de leurs politiques sur la compétitivité.

L'économie mondiale et plusieurs économies nationales souffrent de diverses distorsions dans la structure des prix qui entraînent une augmentation des gaz à effet de serre : certaines subventions accordées à l'agriculture ou pour les carburants et des distorsions dans le prix des transports, par exemple. Quelques études de la question indiquent que l'élimination des subventions sur les carburants permettrait de réduire les émissions de 4 à 18 % sur le plan mondial et d'accroître le revenu réel. Dans la plupart des cas, la réduction de ces distorsions pourrait conduire à une diminution des émissions et à un gain d'efficacité économique. Cependant, il arrive fréquemment que des subventions soient créées et que les distorsions dans la structure des prix soient maintenues en raison de considérations sociales et pour des motifs de répartition, ce qui en rend difficile l'élimination.

Les instruments peuvent s'envisager à deux niveaux distincts : ceux qui pourraient être employés par un groupe de pays et ceux qui pourraient être utilisés individuellement par chaque pays, unilatéralement ou en application d'accords multilatéraux.

Un groupe de pays¹³ peut choisir parmi des mesures et des moyens d'action tels que l'incitation aux accords volontaires et au développement de la recherche, les contingents d'émissions négociables, la mise en œuvre conjointe d'activités (relevant spécifiquement de la phase pilote¹⁴), l'harmonisation des taxes nationales sur le carbone, une taxe internationale sur le carbone, des contingents non négociables et diverses normes internationales. Si un tel groupe devait ne pas inclure la totalité des pays grands émetteurs, les pays exclus pourraient d'avoir tendance à accroître leur consommation de combustibles fossiles. Cela pourrait réduire la compétitivité sur le plan international de certaines industries des pays participants ainsi que l'efficacité pour l'environnement des efforts engagés par ces pays.

La littérature économique indique qu'à l'échelon international comme à l'échelon national, les instruments économiques d'incitation – taxes et contingents ou permis négociables, par exemple – sont susceptibles d'être plus rentables que d'autres approches.

L'uniformisation des normes parmi les groupes de pays participant à un accord international risque d'être difficile à obtenir. Il existe cependant, pour un certain groupe de pays, un accord sur l'application de certaines normes uniformes.

Sur le plan international, tous les instruments potentiellement efficaces axés sur le marché pourraient être examinés au cours de futures négociations. Un système fondé sur un contingent d'émissions négociable a pour inconvénient de créer des incertitudes quant au coût marginal des émissions, tandis qu'une taxe sur le carbone – et les instruments apparentés – a pour inconvénient de créer des incertitudes quant à son effet sur le niveau d'émission. L'importance attribuée à la réduction de ces deux types d'incertitudes serait un facteur essentiel d'une évaluation plus approfondie de tels instruments. Étant donné l'insuffisance des connaissances scientifiques nécessaires, il resterait de grandes incertitudes quant aux résultats obtenus en limitant les émissions à des niveaux déterminés. L'adoption d'un système reposant sur des contingents négociables ou de taxes internationales aurait des répercussions sur la répartition des richesses dans le monde. Ces répercussions feraient l'objet de négociations. Il est nécessaire de procéder à d'autres études sur la conception éventuelle de contingents négociables et de taxes harmonisées, ainsi que sur le cadre institutionnel dans lequel ces instruments pourraient être mis en place, afin d'en assurer l'applicabilité en pratique.

Les pays qui cherchent individuellement à mettre en œuvre une politique d'atténuation peuvent faire appel à une vaste gamme de mesures et d'instruments: taxes sur le carbone, permis négociables, systèmes de consigne (et instruments apparentés) et subventions, normes techniques, normes liées aux prestations, interdictions de produits, investissements directs de l'État et accords volontaires. L'éducation du public à l'utilisation durable des ressources pourrait contribuer notablement à faire évoluer les modes de consommation et autres types de comportement humain. Le choix des mesures sur le plan national peut répondre à des objectifs autres que la rentabilité – d'ordre fiscal, par exemple. On pourrait utiliser les recettes provenant des taxes sur le carbone et des permis négociables mis aux enchères pour remplacer les taxes existantes, génératrices de distorsions. Le choix des instruments peut aussi refléter d'autres objectifs en matière d'environnement : réduction des émissions de polluants atmosphériques, accroissement du couvert forestier ou autres considérations telles que les impacts précis sur des régions ou des communautés données.

¹³ Un groupe peut se composer de quelques, d'un grand nombre ou même de tous les pays.

¹⁴ Voir la décision 5/CP.1 de la Conférence des Parties (COP1) à la CCNUCC.

APPENDICE : AUTEURS PRINCIPAUX, AUTEURS ET CONTRIBUTEURS

ÉQUIPE DE RÉDACTION DU DOCUMENT DE SYNTHÈSE DES INFORMATIONS SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES RELATIVES À L'INTERPRÉTATION DE L'ARTICLE 22 DE LA CONVENTION-CADRE DES NATIONS UNIES SUR LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Bert Bolin (Chairman of the IPCC and Chairman of the Drafting Team); John T. Houghton, UK; Gylvan Meira Filho, Brazil; Robert T. Watson, USA; Marufu C. Zinyowera, Zimbabwe; James Bruce, Canada; Hoesung Lee, Republic of Korea; Bruce Callander, UK; Richard Moss, USA; Erik Haites, Canada; Roberto Acosta Moreno, Cuba; Tariq Banuri, Pakistan; Zhou Dadi, China;

Bronson Gardner, USA; José Goldemberg, Brazil; Jean-Charles Hourcade, France; Michael Jefferson, UK; Jerry Melillo, USA; Irving Mintzer, USA; Richard Odingo, Kenya; Martin Parry, UK; Martha Perdomo, Venezuela; Cornelia Quennet-Thielen, Germany; Pier Vellinga, Netherlands; Narasimhan Sundararaman (Secretary of the IPCC).

RAPPORT DU GROUPE DE TRAVAIL I DU GIEC, 1995

Résumé technique

D. Albritton, USA; B. Bolin, Sweden; B. Callander, UK; K. Denman, Canada; R. Dickinson, USA; L. Gates, USA; H. Grassl, Switzerland; M. Grubb, UK; N. Harris, UK; J. Houghton, UK; P. Jonas, UK; A. Kattenberg, The Netherlands; K. Maskell, UK; G. McBean, Canada; M. McFarland, Kenya; G. Meira, Brazil; J. Melillo, USA; N. Nicholls, Australia; L. Ogallo, Kenya; M. Oppenheimer, USA; M. Prather, USA; B. Santer, USA; D. Schimel, USA; K. Shine, UK; K. Trenberth, USA; R. Warrick, New Zealand; R. Watson, USA; J. Zillman, Australia

Chapitre 1: The climate system: an overview

Coordinateur principal

K. Trenberth, USA

Auteurs principaux

J. Houghton, UK; G. Meira, Brazil

Chapitre 2: Radiative forcing of climate change

Coordinateurs principaux

D. Albritton, USA; P. Jonas, UK; M. Prather, USA; D. Schimel, USA; K. Shine, UK

Auteurs principaux

D. Alves, Brazil; R. Charlson, USA; R. Derwent, UK; D. Ehhalt, Germany; I. Enting, Australia; Y. Fouquart, France; P. Fraser, Australia; M. Heimann, Germany; I. Isaksen, Norway; F. Joos, Switzerland; M. Lal, India; V. Ramaswamy, USA; D. Raynaud, France; H. Rodhe, Sweden; S. Sadasivan, India; E. Sanhueza, Venezuela; S. Solomon, USA; J. Srinivasan, USA; T. Wigley, USA; D. Wuebbles, USA; X. Zhou, China

Contributeurs

F. Alyea, USA; T. Anderson, USA; M. Andreae, Germany; D. Blake, USA; O. Boucher, France; C. Brühl, Germany; J. Butler, USA; D. Cunnold, USA; J. Dignon, USA; E. Dlugokenchy, USA; J. Elkins, USA; I. Fung, Canada; M. Geller, USA; D. Hauglustaine, France; J. Haywood, USA; J. Heintzenberg, Germany; D. Jacob, USA; A. Jain, USA; C. Keeling, USA; S. Khmelevtsov, Russian Federation; J. Lelieveld, The Netherlands; H. Le Treut, France; I. Levin, Germany; M. Maiss, Germany; G. Marland, USA; S. Marshall, USA; P. Midgley, Germany; B. Miller, USA; J. Mitchell, UK; S. Montzka, USA; H. Nakane, Japan; P. Novelli, USA; B. O'Neill, USA; D. Oram, UK; S. Penkett, UK; J. Penner, USA; S. Prinn, USA; P. Quay, USA; A. Robock, USA; S. Schwartz, USA;

P. Simmonds, UK; S. Singh, India; A. Slingo, UK; F. Stordal, Norway; E. Sulzman, USA; P. Tans, USA; R. Weiss, USA; A. Wharner, Germany; T. Whorf, USA

Chapitre 3: Observed climate variability and change

Coordinateur principal

N. Nicholls, Australia

Auteurs principaux

G. Gruza, Russian Federation; J. Jouzel, France; T. Karl, USA; L. Ogallo, Kenya; D. Parker, UK

Contributeurs

J. Angell, USA; S. Anjjan, China; P. Arkin, USA; R. Balling Jr, USA; M. Bardin, Russian Federation; R. Barry, USA; W. Bomin, China; R. Bradley, USA; K. Briffa, UK; A. Carleton, USA; D. Cayan, USA; F. Chiew, Australia; J. Christy, USA; J. Church, Australia; E. Cook, USA; T. Crowley, USA; N. Datsenko, Russian Federation; R. Davis, USA; B. Dey, USA; H. Dia, USA; W. Drosowsky, Australia; M. Duarte, Argentina; J. Duplessy, France; D. Easterling, USA; J. Eischeid, USA; W. Elliott, USA; B. Findlay, Canada; H. Flohn, Germany; C. Folland, UK; R. Franke, Germany; P. Frich, Denmark; D. Gaffen, USA; V. Georgievsky, Russian Federation; T. Ginsburg, Russian Federation; W. Gould, UK; P. Groisman, Russian Federation; D. Gullet, Canada; W. Haeberli, Switzerland; S. Hastenrath, USA; A. Henderson-Sellers, Australia; M. Hoelzle, Switzerland; W. Hogg, Canada; G. Holland, Australia; L. Hopkins, Australia; M. Hulme, UK; N. Ivachtchenko, Russian Federation; P. Jones, UK; R. Kat, USA; B. Kininmonth, Australia; R. Knight, USA; N. Kononova, Russian Federation; L. Korovkina, Russian Federation; G. Kukla, USA; K. Kumar, India; P. Lamb, USA; C. Landsea, USA; S. Levitus, USA; T. Lewis, Canada; H. Lins, USA; J. Lough, Australia; L. Malone, Canada; J. Marengo, Brazil; T. McMahon, Australia; E. Mekis, Canada; A. Meshcherskya, Russian Federation; P. Michaels, USA; S. Nicholson, USA; J. Oerlemans, The Netherlands; G. Ohring, USA; G. Pant, India; N. Plummer, Australia; F. Quinn, USA; E. Ran'kova, Russian Federation; E.V. Rocheva, Russian Federation; C. Ropelewski, USA; B. Santer, USA; H. Schmidt, Germany; E. Semenyuk, Russian Federation; I. Shiklomanov, Russian Federation; M. Shinoda, Japan; N. Sidorenkov, Russian Federation; I. Soldatova, Russian Federation; D. Sonechkin, Russian Federation; R. Spencer, USA;

N. Speranskaya, Russian Federation; K. Trenberth, USA; C. Tsay, Taiwan; J. Walsh, USA; K. Wang, Canada; N. Ward, Italy; S. Warren, USA; T. Yasunari, Japan; Q. Zu, China

Chapitre 4: Climate processes

Coordinateur principal

R. Dickinson, USA

Auteurs principaux

V. Meleshko, Russian Federation; D. Randall, USA; E. Sarachik, USA; P. Silva-Dias, Brazil; A. Slingo, UK

Contributeurs

A. Barros, USA; O. Boucher, France; R. Cess, USA; A. Del Genio, USA; L. Dumenil, Germany; R. Fu, USA; P. Gleckler, USA; J. Hansen, USA; R. Lindzen, USA; E. Maier-Reimer, Germany; K. McNaughton, New Zealand; J. McWilliams, USA; G. Meehl, USA; M. Miller, UK; D. Neelin, USA; E. Olaguer, USA; T. Palmer, UK; C. Penland, USA; R. Pinker, USA; V. Ramaswamy, USA; D. Rind, USA; A. Robock, USA; M. Salby, USA; M. Schlessinger, USA; H. Schmid, Switzerland; C. Senior, UK; Q. Shao, USA; K. Shine, UK; H. Sundquist, Sweden; A. Vogelmann, USA; A. Weaver, Canada

Chapitre 5: Climate models — evaluation

Coordinateur principal

W. Gates, USA

Auteurs principaux

G. Boer, Canada; A. Henderson-Sellers, Australia; C. Folland, UK; A. Kitoh, Japan; B. McAvaney, Australia; F. Semazzi, USA; N. Smith, Australia; A. Weaver, Canada; Q. Zeng, China

Contributeurs

J. Boyle, USA; R. Cess, USA; T. Chen, Australia; J. Christy, USA; C. Covey, USA; T. Crowley, USA; U. Cubasch, Germany; J. Davies, UK; M. Fiorino, USA; G. Flato, Canada; C. Fredericksen, Australia; F. Giorgi, USA; P. Gleckler, USA; J. Hack, USA; J. Hansen, USA; G. Hegerl, Germany; R. Huang, USA; P. Irannejad, Australia; T. Johns, UK; J. Kiehl, USA; H. Koide, Japan; R. Koster, USA; J. Kutzbach, USA; S. Lambert, Canada; R. Latif, Germany; N. Lau, USA; P. Lemke, Germany; R. Livezey, USA; P. Love, Australia; N. McFarlane, Canada; K. McGuffie, USA; G. Meehl, USA; I. Mokhov, Russian Federation; A. Noda, Japan; B. Otto-Bliesner, USA; T. Palmer, UK; T. Phillips, USA; A. Pitman, Australia; J. Polcher, France; G. Potter, USA; S.B. Power, Australia; D. Randall, USA; P. Rasch, USA; A. Robock, USA; B. Santer, USA; E. Sarachik, USA; N. Sato, Japan; A. Semtner Jr, USA; J. Slingo, UK; I. Smith, UK; K. Sperber, USA; R. Stouffer, USA; M. Sugi, Japan; J. Syktus, Australia; K. Taylor, USA; S. Tett, UK; S. Tibaldi, Italy; W. Wang, USA; W. Washington, USA; B. Weare, USA; D. Williamson, USA; T. Yamagata, Japan; Z. Yang, USA; R. Zhang, China; M. Zhang, USA; F. Zwiers, Canada

Chapitre 6: Climate models — projections of future climate

Coordinateur principal

A. Kattenberg, The Netherlands

Auteurs principaux

F. Giorgi, USA; H. Grassl, Germany; G. Meehl, USA; J. Mitchell, UK; R. Stouffer, USA; T. Tokioka, Japan; A. Weaver, Canada; T. Wigley, USA

Contributeurs

A. Barros, USA; M. Beniston, Switzerland; G. Boer, Canada; T. Buishand, The Netherlands; J. Christensen, Denmark; R. Colman,

Australia; J. Copeland, USA; P. Cox, UK; A. Cress, Germany; U. Cubasch, Germany; M. Deque, France; G. Flato, Canada; C. Fu, China; I. Fung, Canada; J. Garratt, Australia; S. Ghan, USA; H. Gordon, Australia; J. Gregory, UK; P. Guttorp, USA; A. Henderson-Sellers, Australia; K. Hennessy, Australia; H. Hirakuchi, Japan; G. Holland, Australia; B. Horton, UK; T. Johns, UK; R. Jones, UK; M. Kanamitsu, USA; T. Karl, USA; D. Karoly, Australia; A. Keen, UK; T. Kittel, USA; T. Knutson, USA; T. Koide, Japan; G. Können, The Netherlands; M. Lal, India; R. Laprise, Canada; R. Leung, USA; A. Lupo, USA; A. Lynch, Australia; C. Ma, USA; B. Machehauer, Germany; E. Maier-Reimer, Germany; M. Marinucci, USA; B. McAvaney, Australia; J. McGregor, Australia; L. Mearns, USA; N. Miller, USA; J. Murphy, UK; A. Noda, Japan; M. Noguer, UK; J. Oberhuber, Germany; S. Parey, France; H. Pleym, Norway; J. Raisanen, Finland; D. Randall, USA; S. Raper, UK; P. Rayner, USA; J. Roads, USA; E. Roeckner, Germany; G. Russell, USA; H. Sasaki, Japan; F. Semazzi, USA; C. Senior, UK; C. Skelly, Australia; K. Sperber, USA; K. Taylor, USA; S. Tett, UK; H. von Storch, Germany; K. Walsh, Australia; P. Whetton, Australia; D. Wilks, USA; I. Woodward, UK; F. Zwiers, Canada

Chapitre 7: Changes in sea level

Coordinateur principal

D. Warrick, New Zealand

Auteurs principaux

C. Le Provost, France; M. Meier, USA; J. Oerlemans, The Netherlands; P. Woodworth, UK

Contributeurs

R. Alley, USA; C. Bentley, USA; R. Bindshadler, USA; R. Braithwaite, UK; B. Douglas, USA; M. Dyrugerov, Russian Federation; N. Flemming, UK; C. Genthon, France; V. Gornit, USA; J. Gregory, UK; W. Haeberli, Switzerland; P. Huybrechts, Germany; T. Jóhannesson, Iceland; U. Mikolajewic, Germany; S. Raper, UK; D. Sahagian, USA; T. Wigley, USA; J. de Wolde, The Netherlands

Chapitre 8: Detection of climate change and attribution of causes

Coordinateur principal

B. Santer, USA

Auteurs principaux

E. Anyamba, USA; T. Barnett, USA; T. Wigley, USA

Contributeurs

P. Bloomfield, USA; E. Cook, USA; C. Covey, USA; T. Crowley, USA; T. Delworth, USA; L. Gates, USA; N. Graham, USA; J. Gregory, UK; J. Hansen, USA; K. Hasselmann, Germany; G. Hegerl, Germany; T. Johns, UK; P. Jones, UK; T. Karl, USA; D. Karoly, Australia; H. Kheshgi, USA; M. MacCracken, USA; K. Maskell, UK; G. Meehl, USA; J. Mitchell, UK; J. Murphy, UK; N. Nicholls, Australia; G. North, USA; M. Oppenheimer, USA; J. Penner, USA; S. Power, Australia; A. Robock, USA; C. Senior, UK; K. Taylor, USA; S. Tett, UK; F. Zwiers, Canada

Chapitre 9: Terrestrial biotic responses to environmental change and feedbacks to climate

Coordinateur principal

J. Melillo, USA

Auteurs principaux

G. Farquhar, Australia; C. Prentice, Sweden; O. Sala, Argentina; E. Schulze, Germany

Contributeurs

P. Bartlein; USA; F. Bazzaz; USA; R. Bradshaw, Sweden; J. Clark, USA; M. Claussen, Germany; G. Collat, USA; M. Coughenour, USA; C. Field, USA; J. Foley, Australia; A. Friend, UK; B. Huntley, UK; C. Körner, Switzerland; W. Kur, Canada; R. Leemans, The Netherlands; J. Lloyd, Australia; P. Martin, Italy; K. McNaughton, New Zealand; A. McGuire, USA; R. Neilson, USA; W. Oechel, USA; J. Overpeck, USA; W. Parton, USA; L. Pitelka, USA; D. Rind, USA; S. Running, USA; D. Schimel, USA; T. Smith, USA; T. Webb, USA; C. Whitlock, USA

Chapitre 10: Marine biotic responses to environmental change and feedbacks to climate**Coordinateur principal**

K. Denman, Canada

Auteurs principaux

E. Hofmann, USA; H. Marchant, Australia

Contributeurs

M. Abbott, USA; T. Bates, USA; S. Calvert, Canada ; M. Fasham, UK; R. Jahnke, USA; S. Kempe, Germany; R. Lara, Germany; C. Law, UK; P. Liss, UK; A. Michaels, Bermuda; T. Pederson, Canada ; M. Peña, Canada; T. Platt, Canada; K. Van Scoy, UK; J. Sharp, USA; D. Thomas, Israel; J. Walsh, USA; A. Watson, UK

Chapitre 11: Advancing our understanding**Coordinateur principal**

G. McBean, Canada

Auteurs principaux

P. Liss, UK; S. Schneider, USA

RAPPORT DU GROUPE DE TRAVAIL II DU GIEC, 1995**Auteurs/contributeurs du résumé à l'intention des décideurs et du résumé technique**

R.T. Watson, USA; M.C. Zinyowera, Zimbabwe; R.H. Moss, USA; R. Acosta Moreno, Cuba; S. Adhikary, Nepal; M. Adler, USA; S. Agrawala, India; A. Guillermo Aguilar, Mexico; S. Al-Khouli, Saudi Arabia; B. Allen-Diaz, USA; M. Ando, Japan; R. Andressen, Venezuela; B.W. Ang, Singapore; N. Arnell, UK; A. Arquit-Niederberger, Switzerland; W. Baethgen, Uruguay; B. Bates, Australia; M. Beniston, Switzerland; R. Bierbaum, USA; L. Bijlsma, The Netherlands; M. Boko, Benin; B. Bolin, Sweden; S. Bolton, USA; E. Bravo, Venezuela; S. Brown, USA; P. Bullock, UK; M. Cannell, UK; O. Canziani, Argentina; R. Carcavallo, Argentina; C. Clemente Cerri, Brazil; W. Chandler, USA; F. Cheghe, Kenya; Chunzhen Liu, China; V. Cole, USA; W. Cramer, Germany; R.V. Cruz, Philippines; O. Davidson, Sierra Leone; E. Desa, India; Deying Xu, China; S. Diaz, Argentina; A. Dlugolecki, UK; J. Edmonds, USA; J. Everett, USA; A. Fischlin, Switzerland; B. Fitzharris, New Zealand; D. Fox, USA; J. Friaa, Tunisia; A. Rauja Gacuhi, Kenya; W. Galinski, Poland; H. Gitay, Australia; P. Groffman, USA; A. Grubler, Austria; H. Gruenspecht, USA; S. Hamburg, USA; T. Hoffman, South Africa; J.I. Holten, Norway; H. Ishitani, Japan; V. Ittekkot, Germany; T. Johansson, Sweden; Z. Kaczmarek, Poland; T. Kashiwagi, Japan; M. Kirschbaum, Australia; P. Komor, USA; A. Krovnin, Russian Federation; R. Klein, The Netherlands; S. Kulshrestha, India; H. Lang, Switzerland; H. Le Houerou, France; R. Leemans, The Netherlands; M. Levine, USA; Lin Erda, China; D. Lluch-Belda, Mexico; M. MacCracken, USA; J. Magnuson, USA; G. Mailu, Kenya; J. Mworio Maitima, Kenya; G. Marland, USA; K. Maskell, UK; R. McLean, Australia; A. McMichael, Australia/UK; L. Michaelis, France; E. Miles, USA; W. Moomaw, USA; R. Moreira, Brazil; P. Mulholland, USA; N. Nakicenovic, Austria; R. Nicholls, UK; S. Nishioka, Japan; I. Noble, Australia; L. Nurse, Barbados; R. Odongo, Kenya; R. Ohashi, Japan; E. Okemwa, Kenya; M. Oquist, Sweden; M. Parry, UK; M. Perdomo, Venezuela; M. Petit, France; W. Piver, USA; P.S. Ramakrishnan, India; N.H. Ravindranath, India; J. Reilly, USA; A. Riedacker, France; H.-H. Rogner, Canada; J. Sathaye, USA; D. Sauerbeck, Germany; M. Scott, USA; S. Sharma, India; D. Shriner, USA; S.K. Sinha, India; J. Skea, UK; A. Solomon, USA; E. Stakhiv, USA; O. Starosolszky,

Hungary; Su Jilan, China; A. Suarez, Cuba; B. Svensson, Sweden; H. Takakura, Japan; M. Taylor, USA; L.Tessier, France; D. Tirpak, USA; Tran Viet Lien, Vietnam; J.-P. Troade, France; H. Tsukamoto, Japan; I. Tsuzaka, Japan; P. Vellinga, The Netherlands; T. Williams, USA; P. Young, USA; Youyu Xie, China; Zhou Fengqi, China

Chapitre A: Ecophysiological, ecological, and soil processes in terrestrial ecosystems: a primer on general concepts and relationships**Coordinateur principal**

M.U.F. Kirschbaum, Australia

Auteurs principaux

P. Bullock, UK; J.R. Evans, Australia; K. Goulding, UK; P.G. Jarvis, UK; I.R. Noble, Australia; M. Rounsevell, UK; T.D. Sharkey, USA

Contributeurs

M.P. Austin, Australia; P. Brookes, UK; S. Brown, USA; H.K.M. Bugmann, Germany; W.P. Cramer, Germany; S. Diaz, Argentina; H. Gitay, Australia; S.P. Hamburg, USA; J. Harris, UK; J.I. Holten, Norway; P.E. Kriedemann, Australia; H.N. Le Houerou, France; S. Linder, Sweden; R.J. Luxmoore, USA; R.E. McMurtrie, Australia; L.F. Pitelka, USA; D. Powlson, UK; R.J. Raison, Australia; E.B. Rastetter, USA; R. Roetter, Germany; J. Rogasik, Germany; D.R. Sauerbeck, Germany; W. Sombroek, FAO; S.C. van de Geijn, The Netherlands

Chapitre B: Energy primer**Coordinateur principal**

N. Nakicenovic, IIASA

Auteurs principaux

A. Grübler, IIASA; H. Ishitani, Japan; T. Johansson, Sweden; G. Marland, USA; J.R. Moreira, Brazil; H.-H. Rogner, Canada

Chapitre 1: Climate change impacts on forests**Coordinateurs principaux**

M.U.F. Kirschbaum, Australia; A. Fischlin, Switzerland

Auteurs principaux

M.G.R. Cannell, UK; R.V.O. Cruz, Philippines; W. Galinski, Poland; W.P. Cramer, Germany

Contributeurs

A. Alvarez, Cuba; M.P. Austin, Australia; H.K.M. Bugmann, Germany; T.H. Booth, Australia; N.W.S. Chipompha, Malawi; W.M. Ciesla, FAO; D. Eamus, Australia; J.G. Goldammer, Germany; A. Henderson-Sellers, Australia; B. Huntley, UK; J.L. Innes, Switzerland; M.R. Kaufmann, USA; N. Kräuchi, Switzerland; G.A. Kile, Australia; A.O. Kokorin, Russian Federation; Ch. Körner, Switzerland; J. Landsberg, Australia; S. Linder, Sweden; R. Leemans, The Netherlands; R.J. Luxmoore, USA; A. Markham, WWF; R.E. McMurtrie, Australia; R.P. Neilson, USA; R.J. Norby, USA; J.A. Odera, Kenya; I.C. Prentice, Sweden; L.F. Pitelka, USA; E.B. Rastetter, USA; A.M. Solomon, USA; R. Stewart, Canada; J. van Minnen, The Netherlands; M. Weber, Germany; D. Xu, China

Chapitre 2: Rangelands in a changing climate: impacts, adaptations, and mitigation**Coordinateur principal**

B. Allen-Diaz, USA

Directeurs de rédaction

F.S. Chapin, USA; S. Diaz, Argentina; M. Howden, Australia; J. Puigdefábregas, Spain; M. Stafford Smith, Australia

Auteurs principaux

T. Benning, USA; F. Bryant, USA; B. Campbell, New Zealand; J. du Toit, Zimbabwe; K. Galvin, USA; E. Holland, USA; L. Joyce, USA; A.K. Knapp, USA; P. Matson, USA; R. Miller, USA; D. Ojima, USA; W. Polley, USA; T. Seastedt, USA; A. Suarez, Cuba; T. Svejcar, USA; C. Wessman, USA

Contributeurs

W.N. Ekaya, Kenya; J. Ellis, USA; L.D. Incoll, UK; J. Kinyamario, Kenya; N. Maceira, Argentina; C. Magadza, Zimbabwe; T. Oikawa, Japan; R. Rodriguez, Argentina; O. Sala, Argentina; C. Scoppa, Argentina

Chapitre 3: Deserts in a changing climate: impacts**Coordinateurs principaux**

I.R. Noble, Australia; H. Gitay, Australia

Contributeurs

A.N. Alwelaie, Saudi Arabia; M.T. Hoffman, South Africa; A.R. Saunders, Australia

Chapitre 4: Land degradation and desertification**Coordinateurs principaux**

P. Bullock, UK; H. Le Houerou, France

Directeurs de rédaction

M.T. Hoffman, South Africa; M. Rounsevell, UK; J. Sehgal, India; G. Várallyay, Hungary

Contributeurs

A. Aidoud, Algeria; R. Balling, USA; C. Long-Jun, China; K. Goulding, UK; L.N. Harsh, India; N. Kharin, Turkmenistan; J. Labraga, Argentina; R. Lal, USA; S. Milton, South Africa; H. Muturi, Kenya; F. Nachtergaele, FAO; A. Palmer, South Africa; D. Powlson, UK; J. Puigdefábregas, Spain; J. Rogasik, Germany; M. Rostagno, Argentina; P. Roux, South Africa; D. Sauerbeck, Germany; W. Sombroek, FAO; C. Valentin, France; W. Lixian, China; M. Yoshino, Japan

Chapitre 5: Impacts of climate change on mountain regions**Auteurs principaux coordinateurs**

M. Beniston, Switzerland; D.G. Fox, USA

Directeurs de rédaction

S. Adhikary, Nepal; R. Andressen, Venezuela; A. Guisan, Switzerland; J.I. Holten, Norway; J. Innes, Switzerland; J. Maitima, Kenya; M.F. Price, UK; L. Tessier, France

Contributeurs

R. Barry, USA; C. Bonnard, Switzerland; F. David, France; L. Graumlich, USA; P. Halpin, USA; H. Henttonen, Finland; F.-K. Holtmeier, Germany; A. Jaervinen, Finland; S. Jonasson, Denmark; T. Kittel, USA; F. Kloetzli, Switzerland; C. Körner, Switzerland; N. Kräuchi, Switzerland; U. Molau, Sweden; R. Musselman, USA; P. Ottesen, Norway; D. Peterson, USA; N. Saelthun, Norway; Xuemei Shao, China; O. Skre, Norway; O. Solomina, Russian Federation; R. Spichiger, Switzerland; E. Sulzman, USA; M. Thimon, France; R. Williams, Australia

Chapitre 6: Non-tidal wetlands**Coordinateurs principaux**

M.G. Öquist, Sweden; B.H. Svensson, Sweden

Directeurs de rédaction

P. Groffman, USA; M. Taylor, USA

Contributeurs

K.B. Bartlett, USA; M. Boko, Benin; J. Brouwer, Holland; O.F. Canziani, Argentina; C.B. Craft, USA; J. Laine, Finland; D. Larson, USA; P.J. Martikainen, Finland; E. Matthews, USA; W. Mullié, Holland; S. Page, UK; C.J. Richardson, USA; J. Rieley, UK; N. Roulet, Canada; J. Silvola, Finland; Y. Zhang, China

Chapitre 7: The cryosphere: changes and their impacts**Coordinateur principal**

B. Blair Fitzharris, New Zealand

Directeurs de rédaction

I. Allison, Australia; R.J. Braithwaite, Denmark; J. Brown, USA; P.M.B. Foehn, Switzerland; W. Haeblerli, Switzerland; K. Higuchi, Japan; V.M. Kotlyakov, Russian Federation; T.D. Prowse, Canada; C.A. Rinaldi, Argentina; P. Wadhams, UK; M.-K. Woo, Canada; Xie Youyu, China

Contributeurs

O. Anisimov, Russian Federation; A. Aristarain, Argentina; R.A. Assel, USA; R.G. Barry, USA; R.D. Brown, Canada; F. Dramis, Italy; S. Hastenrath, USA; A.G. Lewkowicz, Canada; E.C. Malagnino, Argentina; S. Neale, New Zealand; F.E. Nelson, USA; D.A. Robinson, USA; P. Skvarca, Argentina; A.E. Taylor, Canada; A. Weidick, Denmark

Chapitre 8: Oceans**Coordinateur principal**

V. Ittekkot, Germany

Directeurs de rédaction

Su Jian, China; E. Miles, USA

Auteurs principaux

E. Desai, India; B.N. Desai, India; J.T. Everett, USA; J.J. Magnuson, USA; A. Tsyban, Russian Federation; S. Zuta, Peru

Contributeurs

E. Aquize, Peru; S. Arnott, USA; P. Ayon Dejo, Peru; D. Binet, France; H.S. Bolton, USA; R. Calienes, Peru; S. Carrasco Barrera, Peru; J.A. Church, Australia; A. Copping, USA; D.L. Fluharty, USA; B.V. Glebov, Russian Federation; K.P. Koltermann, Germany; A.S. Kulikov, Russian Federation; S. Nicol, Australia; P.D. Nunn, Fiji; G.V. Panov, Russian Federation; P.K. Park, USA; A.B. Pittock, Australia;

P. Schaefer, Germany; S. Shchuka, Russian Federation; H. Trevino, Peru; D.J. Webb, UK; R. Zahn, Germany

Chapitre 9: Coastal zones and small islands

Coordinateur principal

L. Bijlsma, The Netherlands

Auteurs principaux

C.N. Ehler, USA; R.J.T. Klein, The Netherlands; S.M. Kulshrestha, India; R.F. McLean, Australia; N. Mimura, Japan; R.J. Nicholls, UK; L.A. Nurse, Barbados; H. Pérez Nieto, Venezuela; E.Z. Stakhiv, USA; R.K. Turner, UK; R.A. Warrick, New Zealand

Contributeurs

W.N. Adger, UK; Du Bilan, China; B.E. Brown, UK; D.L. Elder, Switzerland; V.M. Gornitz, USA; K. Hofius, Germany; P.M. Holligan, UK; F.M.J. Hoozemans, The Netherlands; D. Hopley, Australia; Y. Hosokawa, Japan; G.A. Maul, USA; K. McInnes, Australia; D. Richardson, UK; S. Subak, UK; M. Sullivan, Australia; L. Vallianos, USA; W.R. White, UK; P.L. Woodworth, UK; Yang Huating, China

Chapitre 10: Hydrology and freshwater ecology

Coordinateurs principaux

N. Arnell, UK; B. Bates, Australia; H. Lang, Switzerland; J.J. Magnuson, USA; P. Mulholland, USA

Directeurs de rédaction

S. Fisher, USA; C. Liu, China; D. McKnight, USA; O. Starosolszky, Hungary; M. Taylor, USA

Contributeurs

E. Aquize, Peru; S. Arnott, Canada; D. Brakke, USA; L. Braun, Germany; S. Chalise, Nepal; C. Chen, USA; C.L. Folt, USA; S. Gafny, Israel; K. Hanaki, Japan; R. Hecky, Canada; G.H. Leavesley, USA; H. Lins, USA; J. Nemeč, Switzerland; K.S. Ramasastri, India; L. Somlyódy, Hungary; E. Stakhiv, USA

Chapitre 11: Industry, energy, and transportation: impacts and adaptation

Coordinateurs principaux

R. Acosta Moreno, Cuba; J. Skea, UK

Directeurs de rédaction

A. Gacuhi, Kenya; D.L. Greene, USA; W. Moomaw, USA; T. Okita, Japan; A. Riedacker, France; Tran Viet Lien, Vietnam

Auteurs principaux

R. Ball, USA; W.S. Breed, USA; E. Hillsman, USA

Chapitre 12: Human settlements in a changing climate: impacts and adaptation

Coordinateur principal

M.J. Scott, USA

Directeurs de rédaction

A.G. Aguilar, Mexico; I. Douglas, UK; P.R. Epstein, USA; D. Liverman, USA; G.M. Mailu, Kenya; E. Shove, UK

Auteurs principaux

A.F. Dlugolecki, UK; K. Hanaki, Japan; Y.J. Huang, USA; C.H.D. Magadza, Zimbabwe; J.G.J. Olivier, The Netherlands; J. Parikh, India; T.H.R. Peries, Sri Lanka; J. Skea, UK; M. Yoshino, Japan

Chapitre 13: Agriculture in a changing climate: impacts and adaptation

Coordinateur principal

J. Reilly, USA

Auteurs principaux

W. Baethgen, Uruguay; F.E. Chege, Kenya; S.C. van de Geijn, The Netherlands; Lin Erda, China; A. Iglesias, Spain; G. Kenny, New Zealand; D. Patterson, USA; J. Rogasik, Germany; R. Rötter, The Netherlands; C. Rosenzweig, USA; W. Sombroek, FAO; J. Westbrook, USA

Contributeurs

D. Bachelet, France; M. Brklacich, Canada; U. Dämmgen, Germany; M. Howden, Australia; R.J.V. Joyce, Wales; P.D. Lingren, USA; D. Schimmelpennig, USA; U. Singh, IRRI, Philippines; O. Sirotenko, Russian Federation; E. Wheaton, Canada

Chapitre 14: Water resources management

Coordinateur principal

Z. Kaczmarek, Poland

Directeurs de rédaction

N.W. Arnell, UK; E.Z. Stakhiv, USA

Auteurs principaux

K. Hanaki, Japan; G.M. Mailu, Kenya; L. Somlyódy, Hungary; K. Strzepek, USA

Contributeurs

A.J. Askew, Switzerland; F. Bultot, Belgium; J. Kindler, USA; Z. Kundzewicz, Switzerland; D.P. Lettenmaier, USA; H.J. Liebscher, Germany; H.F. Lins, USA; D.C. Major, USA; A.B. Pittock, Australia; D.G. Rutashobya, Tanzania; H.H.G. Savenije, The Netherlands; C. Somorowski, Poland; K. Szesztay, Hungary

Chapitre 15: Wood production under changing climate and land use

Coordinateur principal

A.M. Solomon, USA

Directeurs de rédaction

N.H. Ravindranath, India; R.B. Stewart, Canada; M. Weber, Germany; S. Nilsson, Sweden

Auteurs principaux

P.N. Duinker, Canada; P.M. Fearnside, USA; P.J. Hall, Canada; R. Ismail, Malaysia; L.A. Joyce, USA; S. Kojima, Japan; W.R. Makundi, Tanzania; D.F.W. Pollard, Canada; A. Shvidenko, Russian Federation; W. Skinner, Canada; B.J. Stocks, Canada; R. Sukumar, India; Xu Deying, China

Chapitre 16: Fisheries

Coordinateur principal

J.T. Everett, USA

Auteurs principaux

A. Krovnin, Russian Federation; D. Lluch-Belda, Mexico; E. Okemwa, Kenya; H.A. Regier, Canada; J.-P. Troadec, France

Contributeurs

D. Binet, France; H.S. Bolton, USA; R. Callendar, USA; S. Clark, USA; I. Everson, UK; S. Fiske, USA; G. Flittner, USA; M. Glantz, USA; G.J. Glova, New Zealand; C. Grimes, USA; J. Hare, USA; D. Hinckley, USA; B. McDowall, New Zealand; J. McVey, USA; R. Methot, USA; D. Mountain, USA; S. Nicol, Australia; L. Paul, New Zealand; R. Park, USA; I. Poiner, Australia; J. Richey, USA; G. Sharp, USA; K. Sherman, USA; T. Sibley, USA; R. Thresher, Australia; D. Welch, Canada

Chapitre 17: Financial services

Coordinateur principal

A.F. Dlugolecki, UK

Auteurs principaux

K.M. Clark, USA; F. Knecht, Switzerland; D. McCaulay, Jamaica; J.P. Palutikof, UK; W. Yambi, Tanzania

Chapitre 18: Human population health**Coordinateur principal**

A.J. McMichael, Australia/UK

Directeurs de rédaction

M. Ando, Japan; R. Carcavallo, Argentina; P. Epstein, USA; A. Haines, UK; G. Jendritzky, Germany; L. Kalkstein, USA; R. Odongo, Kenya; J. Patz, USA; W. Piver, USA

Contributeurs

R. Anderson, UK; S. Curto de Casas, Argentina; I. Galindez Giron, Venezuela; S. Kovats, UK; W.J.M. Martens, The Netherlands; D. Mills, USA; A.R. Moreno, Mexico; W. Reisen, USA; R. Slooff, WHO; D. Waltner-Toews, Canada; A. Woodward, New Zealand

Chapitre 19: Energy supply mitigation options**Coordinateurs principaux**

H. Ishitani, Japan; T.B. Johansson, Sweden

Auteurs principaux

S. Al-Khouli, Saudi Arabia; H. Audus, IEA; E. Bertel, IAEA; E. Bravo, Venezuela; J.A. Edmonds, USA; S. Frandsen, Denmark; D. Hall, UK; K. Heinloth, Germany; M. Jefferson, WEC; P. de Laquil III, USA; J.R. Moreira, Brazil; N. Nakicenovic, IIASA; Y. Ogawa, Japan; R. Pachauri, India; A. Riedacker, France; H.-H. Rogner, Canada; K. Saviharju, Finland; B. Sørensen, Denmark; G. Stevens, OECD/NEA; W.C. Turkenburg, The Netherlands; R.H. Williams, USA; Zhou Fengqi, China

Contributeurs

I.B. Friedleifsson, Iceland; A. Inaba, Japan; S. Rayner, USA; J.S. Robertson, UK

Chapitre 20: Industry**Coordinateur principal**

T. Kashiwagi, Japan

Directeurs de rédaction

J. Bruggink, The Netherlands; P.-N. Giraud, France; P. Khanna, India; W.R. Moomaw, USA

Chapitre 21: Mitigation options in the transportation sector**Coordinateur principal**

L. Michaelis, OECD

Directeurs de rédaction

D. Bleviss, USA; J.-P. Orfeuill, France; R. Pischinger, Austria

Auteurs principaux

J. Crayston, ICAO; O. Davidson, Sierra Leone; T. Kram, The Netherlands; N. Nakicenovic, IIASA; L. Schipper, USA

Contributeurs

G. Banjo, Nigeria; D. Banister, UK; H. Dimitriou, Hong Kong; D. Greene, USA; L. Greening, USA; A. Grübler, IIASA; S. Hausberger, Austria; D. Lister, UK; J. Philpott, USA; J. Rabinovitch, Brazil; N. Sagawa, Japan; C. Zegras, USA

Chapitre 22: Mitigation options for human settlements**Coordinateur principal**

M.D. Levine, USA

Directeurs de rédaction

H. Akbari, USA; J. Busch, USA; G. Dutt, Argentina; K. Hogan, USA; P. Komor, USA; S. Meyers, USA; H. Tsuchiya, Japan

Auteurs principaux

G. Henderson, UK; L. Price, USA; K.R. Smith, USA; Lang Siwei, China

Chapitre 23: Agricultural options for mitigation of greenhouse gas emissions**Coordinateur principal**

V. Cole, USA

Directeurs de rédaction

C. Cerri, Brazil; K. Minami, Japan; A. Mosier, USA; N. Rosenberg, USA; D. Sauerbeck, Germany

Auteurs principaux

J. Dumanski, Canada; J. Duxbury, USA; J. Freney, Australia; R. Gupta, India; O. Heinemeyer, Germany; T. Kolchugina, Russia; J. Lee, USA; K. Paustian, USA; D. Powlson, UK; N. Sampson, USA; H. Tiessen, Canada; M. van Noordwijk, Indonesia; Q. Zhao, China

Contributeurs

I.P. Abrol, India; T. Barnwell, USA; C.A. Campbell, Canada; R.L. Desjardin, Canada; C. Feller, France; P. Garin, France; M.J. Glendinning, UK; E.G. Gregorich, Canada; D. Johnson, USA; J. Kimble, USA; R. Lal, USA; C. Monreal, Canada; D. Ojima, USA; M. Padgett, USA; W. Post, USA; W. Sombroek, Netherlands; C. Tarnocai, Canada; T. Vinson, USA; S. Vogel, USA; G. Ward, USA

Chapitre 24: Management of forests for mitigation of greenhouse gas emissions**Coordinateur principal**

S. Brown, USA

Directeurs de rédaction

J. Sathaye, USA; Melvin Cannell, UK; P. Kauppi, Finland

Contributeurs

P. Burschel, Germany; A. Grainger, UK; J. Heuveland, Germany; R. Leemans, The Netherlands; P. Moura Costa, Brazil; M. Pinard, USA; S. Nilsson, Sweden; W. Schopfhauser, Austria; R. Sedjo, USA; N. Singh, India; M. Trexler, USA; J. van Minnen, The Netherlands; S. Weyers, Germany

Chapitre 25: Mitigation: cross-sectoral and other issues**Coordinateur principal**

R. Leemans, The Netherlands

Auteurs principaux

S. Agrawala, India; J.A. Edmonds, USA; M.C. MacCracken, USA; R. Moss, USA; P.S. Ramakrishnan, India

Chapitre 26: Technical guidelines for assessing climate change impacts and adaptations**Coordinateurs principaux**

T. Carter, Finland; H. Harasawa, Japan; S. Nishioka, Japan; M. Parry, UK

Contributeurs

R. Christ, UNEP; P. Epstein, USA; N.S. Jodha, Nepal; J. Scheraga, USA; E. Stakhiv, USA

Chapitre 27: Methods for assessment of mitigation options**Coordinateur principal**

D.A. Tirpak, USA

Auteurs principaux

M. Adler, USA; D. Bleviss, USA; J. Christensen, Denmark; O. Davidson, Sierra Leone; D. Phantumvanit, Thailand; J. Rabinovitch, Argentina; J. Sathaye, USA; C. Smyser, USA

Chapitre 28: Inventory of technologies, methods, and practices

Coordinateur principal

D.G. Streets, USA

Directeurs de rédaction

W.B. Ashton, USA; K. Hogan, USA; P. Wibulswas, Thailand; T. Williams, USA

RAPPORT DU GROUPE DE TRAVAIL III DU GIEC, 1995

Chapitre 1: Introduction: scope of the assessment

Auteurs principaux

J. Goldemberg, Brazil; R. Squitieri, USA; J. Stiglitz, USA; A. Amano, Japan; X. Shaoxiong, China; R. Saha, Mauritius

Contributeurs

S. Kane, USA; J. Reilly, USA; T. Teisberg, USA

Chapitre 2: Decision-making frameworks for addressing climate change

Auteurs principaux

K.J. Arrow, USA; J. Parikh, India; G. Pillet, Switzerland

Contributeurs principaux

M. Grubb, UK; E. Haites, Canada; J.-C. Hourcade, France; K. Parikh, India; F. Yamin, UK

Contributeurs

P.G. Babu, India; G. Chichilnisky, USA; S. Faucheux, France; G. Froger, France; F. Gassmann, Switzerland; W. Hediger, Switzerland; S. Kavi Kumar, India; S.C. Peck, USA; R. Richels, USA; C. Suarez, Argentina; R. Tol, The Netherlands

Chapitre 3: Equity and social considerations

Auteurs principaux

T. Banuri, Pakistan; K. Goran-Maler, Sweden; M. Grubb, UK; H.K. Jacobson, USA; F. Yamin, UK

Chapitre 4: Intertemporal equity, discounting, and economic efficiency

Auteurs principaux

K.J. Arrow, USA; W.R. Cline, USA; K. Goran-Maler, Sweden; M. Munasinghe, Sri Lanka; R. Squitieri, USA; J.E. Stiglitz, USA

Chapitre 5: Applicability of techniques of cost-benefit analysis to climate change

Auteurs principaux

M. Munasinghe, Sri Lanka; P. Meier, USA; M. Hoel, Norway; S.W. Hong, Republic of Korea; A. Aaheim, Norway

Chapitre 6: The social costs of climate change: greenhouse damage and the benefits of control

Auteurs principaux

D.W. Pearce, UK; W.R. Cline, USA; A.N. Achanta, India; S. Fankhauser, UK; R.K. Pachauri, India; R.S.J. Tol, The Netherlands; P. Vellinga, The Netherlands

Chapitre 7: A generic assessment of response options

Auteurs principaux

C.J. Jepma, The Netherlands; M. Asaduzzaman, Bangladesh; I. Mintzer, USA; R.S. Maya, Zimbabwe; M. Al-Moneef, Saudi Arabia

Contributeurs

J. Byrne, USA; H. Geller, USA; C.A. Hendriks, Spain; M. Jefferson, UK; G. Leach, UK; A. Qureshi, USA; W. Sassin, Austria; R.A. Sedjo, USA; A. van der Veen, The Netherlands

Chapitre 8: Estimating the costs of mitigating greenhouse gases

Coordinateur

J.-C. Hourcade, France

Directeurs de rédaction

R. Richels, USA; J. Robinson, Canada

Auteurs principaux

W. Chandler, USA; O. Davidson, Sierra Leone; J. Edmonds, USA; D. Finon, France; M. Grubb, UK; K. Halsnaes, Denmark; K. Hogan, USA; M. Jaccard, Canada; F. Krause, USA; E. La Rovere, Brazil; W.D. Montgomery, USA; P. Nastari, Brazil; A. Pegov, Russian Federation; K. Richards, USA; L. Schrattenholzer, Austria; D. Siniscalco, Italy; P.R. Shukla, India; Y. Sokona, Senegal; P. Sturm, France; A. Tudini, Italy

Chapitre 9: A review of mitigation cost studies

Coordinateur

J.-C. Hourcade, France

Directeurs de rédaction

K. Halsnaes, Denmark; M. Jaccard, Canada; W. D. Montgomery, USA; R. Richels, USA; J. Robinson, Canada; P.R. Shukla, India; P. Sturm, France

Auteurs principaux

W. Chandler, USA; O. Davidson, Sierra Leone; J. Edmonds, USA; D. Finon, France; K. Hogan, USA; F. Krause, USA; A. Kolesov, Russian Federation; E. La Rovere, Brazil; P. Nastari, Brazil; A. Pegov, Russian Federation; K. Richards, USA; L. Schrattenholzer, Austria; R. Shackleton, USA; Y. Sokona, Senegal; A. Tudini, Italy; J. Weyant, USA

Chapitre 10: Integrated assessment of climate change: an overview and comparison of approaches and results

Coordinateur principal

J. Weyant, USA

Directeurs de rédaction

O. Davidson, Sierra Leone; H. Dowlatabadi, USA; J. Edmonds, USA; M. Grubb, UK; E.A. Parson, USA; R. Richels, USA; J. Rotmans, The Netherlands; P.R. Shukla, India; R.S.J. Tol, The Netherlands

Auteurs principaux

W. Cline, USA; S. Fankhauser, UK

Chapitre 11: An economic assessment of policy instruments for combatting climate change

Auteurs principaux

B.S. Fisher, Australia; S. Barrett, UK; P. Bohm, Sweden; M. Kuroda, Japan; J.K.E. Mubazi, Uganda; A. Shah, USA; R.N. Stavins, USA

Contributeurs

E. Haites, Canada; M. Hinchey, Australia; S. Thorpe, Australia

LISTE DES DOCUMENTS PUBLIÉS PAR LE GIEC

I. PREMIER RAPPORT D'ÉVALUATION DU GIEC (1990)

- a) **ASPECTS SCIENTIFIQUES DU CHANGEMENT CLIMATIQUE.** Rapport 1990 rédigé pour le GIEC par le Groupe de travail I (*en anglais, chinois, espagnol, français et russe*).
- b) **INCIDENCES POTENTIELLES DU CHANGEMENT CLIMATIQUE.** Rapport 1990 rédigé pour le GIEC par le Groupe de travail II (*en anglais, chinois, espagnol, français et russe*).
- c) **STRATÉGIES D'ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE.** Rapport 1990 rédigé pour le GIEC par le Groupe de travail III (*en anglais, chinois, espagnol, français et russe*).
- d) **Overview and Policymaker Summaries, 1990.**

Emissions Scenarios (préparé par le Groupe de travail III du GIEC), 1990.

Assessment of the Vulnerability of Coastal Areas to Sea Level Rise — A Common Methodology, 1991.

II. SUPPLÉMENT DU GIEC (1992)

- a) **CLIMATE CHANGE 1992 — The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment.** The 1992 report of the IPCC Scientific Assessment Working Group.
- b) **CLIMATE CHANGE 1992 — The Supplementary Report to the IPCC Impacts Assessment.** The 1990 report of the IPCC Impacts Assessment Working Group.

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 (*en anglais, chinois, espagnol, français et russe*).

Global Climate Change and the Rising Challenge of the Sea. Coastal Zone Management Subgroup of the IPCC Response Strategies Working Group, 1992.

Report of the IPCC Country Study Workshop, 1992.

Preliminary Guidelines for Assessing Impacts of Climate Change, 1992.

III. RAPPORT SPÉCIAL DU GIEC, 1994

- a) **Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre** (3 volumes), 1994 (*en anglais, espagnol, français et russe*).
- b) **Directives techniques du GIEC pour l'évaluation des incidences de l'évolution du climat et des stratégies d'adaptation**, 1994 (*en anglais, arabe, chinois, espagnol, français et russe*).
- c) **CLIMATE CHANGE 1994 — Radiative Forcing of Climate Change and An Evaluation of the IPCC IS92 Emission Scenarios.**

IV. DEUXIÈME RAPPORT D'ÉVALUATION DU GIEC, 1995

- a) **CLIMATE CHANGE 1995 — The Science of Climate Change.** (Avec résumé destiné aux décideurs). Report of IPCC Working Group I, 1995.
- b) **CLIMATE CHANGE 1995 — Scientific-Technical Analyses of Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate Change.** (Avec résumé destiné aux décideurs). Report of IPCC Working Group II, 1995.
- c) **CLIMATE CHANGE 1995 — The Economic and Social Dimensions of Climate Change.** (Avec résumé destiné aux décideurs). Report of IPCC Working Group III, 1995.
- d) **Document de synthèse des informations scientifiques et techniques relatives à l'interprétation de l'article 2 de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques**, 1995.

(A noter que le Document de synthèse des informations scientifiques et techniques relatives à l'interprétation de l'article 2 de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques et les trois résumés destinés aux décideurs sont disponibles en anglais, arabe, chinois, espagnol, français et russe).