



RAPPORT SPÉCIAL DU GIEC
INCIDENCES DE L'ÉVOLUTION DU
CLIMAT DANS LES RÉGIONS:
ÉVALUATION DE LA VULNÉRABILITÉ

Résumé à l'intention des décideurs



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



Résumé à l'intention des décideurs

**Incidences de l'évolution du
climat dans les régions :**

Evaluation de la vulnérabilité

Publié sous la direction de

Robert T. Watson
Banque mondiale

Marufu C. Zinyowera
Services météorologiques du Zimbabwe

Richard H. Moss
*Battelle Pacific Northwest
National Library*

David J. Dokken
Administrateur du projet

Rapport spécial du Groupe de travail II du GIEC

Novembre 1997

© 1997, Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat

ISBN: 92-9169-210-7

Table des matières

Avant-propos	v
Préface	vii
1. Objet de l'évaluation	1
2. Nature du problème	1
3. Optique de l'évaluation	1
4. Aperçu de la vulnérabilité des régions face à l'évolution du climat mondial	2
4.1. Ecosystèmes	2
4.2. Hydrologie et ressources en eau	3
4.3. Produits alimentaires et fibres	4
4.4. Zones côtières	4
4.5. Santé	5
5. Adaptation anticipée dans le contexte des politiques et conditions actuelles	6
6. Vulnérabilité des régions face à l'évolution mondiale du climat	6
6.1. Afrique	6
6.2. Régions polaires : l'Arctique et l'Antarctique	7
6.3. Asie occidentale aride (Moyen-Orient et Asie aride)	8
6.4. Australasie	9
6.5. Europe	10
6.6. Amérique latine	11
6.7. Amérique du Nord	12
6.8. Petits États insulaires	13
6.9. Asie tempérée	14
6.10. Asie tropicale	15
7. Recherches à entreprendre	16
Auteurs/Contributeurs	16

Avant-propos

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 d'évaluer les textes scientifiques et techniques portant sur l'évolution du climat, les incidences potentielles de cette évolution, les possibilités d'adaptation aux changements attendus et les moyens d'atténuer leurs effets. Depuis sa création, le GIEC a publié une série de rapports d'évaluation, de rapports spéciaux, de documents techniques, de textes de méthodologies et d'autres documents qui sont devenus des ouvrages de référence largement consultés par les décideurs, les scientifiques et les experts de divers domaines.

Le Groupe de travail II du GIEC s'est inspiré de sa contribution passée au Deuxième Rapport d'évaluation (SAR) et a intégré des informations plus récentes, disponibles depuis le milieu de 1995, pour produire le présent rapport spécial. Ce document a été rédigé à la demande de l'Organe subsidiaire chargé de fournir des avis scientifiques et techniques (OSAST), de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC). Il examine une question importante soulevée par la Conférence des Parties à la CCNUCC, à savoir le degré de vulnérabilité du milieu naturel et des conditions d'existence de l'homme face aux effets de l'évolution du climat. Il constitue une source commune d'informations sur les coûts et les avantages éventuels des changements climatiques (avec une évaluation des incertitudes actuelles) qui devrait aider la Conférence des Parties à déterminer l'opportunité des mesures d'adaptation et d'atténuation possibles. On trouvera dans ce rapport une analyse de la vulnérabilité de dix régions, qui englobent l'ensemble des terres émergées de la planète ainsi que les eaux côtières qui les bordent, soit l'Afrique, l'Asie occidentale aride (qui comprend le Moyen-Orient), l'Australasie, l'Europe, l'Amérique latine, l'Amérique du Nord, les régions polaires (Arctique et Antarctique), les petits États insulaires, l'Asie tempérée et l'Asie tropicale. Plusieurs annexes

fournissent des informations sur les observations et les prévisions du climat, les projections de la répartition de la végétation et les tendances socio-économiques.

Comme toujours au sein du GIEC, la production de ce rapport a reposé sur l'enthousiasme et sur la collaboration de nombreux scientifiques et autres experts du monde entier. Ces personnes ont accordé généreusement leur temps, allant souvent bien au-delà de ce qu'exigeait leur devoir. Nous sommes remplis d'admiration et de gratitude pour leur dévouement envers les travaux du GIEC. Par ailleurs, nous sommes heureux de souligner que les efforts constants du GIEC ont permis d'élargir la participation de scientifiques et d'experts des pays en développement et des nations dont l'économie est en transition. L'approche régionale de la présente évaluation rendait leur collaboration d'autant plus essentielle à la réussite de cette entreprise. Nous tenons à remercier également les nombreux gouvernements qui ont apporté leur soutien à ces scientifiques et experts, notamment dans les pays en développement et à économie de transition.

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

- le professeur B. Bolin, président du GIEC
- MM. R.T. Watson (Etats-Unis d'Amérique) et M.C. Zinyowera (Zimbabwe), coprésidents du Groupe de travail II
- MM. M. Beniston (Suisse), O. Canziani (Argentine), J. Friaa (Tunisie), Mme M. Perdomo (Venezuela), MM. S.K. Sharma (Inde) H. Tsukamoto (Japon) et le professeur P. Vellinga (Pays Bas), vice-présidents du Groupe de travail II
- M. R.H. Moss, chef du service d'appui technique du Groupe de travail II, M. D.J. Dokken, administrateur du projet, et les autres membres du service d'appui technique, dont Mmes S. MacCracken, L. Van Wie McGrory et F. Ormond
- M. N. Sundararaman, secrétaire du GIEC, et son personnel, Mmes R. Bourgeois, C. Etori et C. Taniki.

G.O.P. Obasi

Secrétaire général
Organisation météorologique mondiale

Mme E. Dowdeswell

Directeur exécutif
Programme des Nations Unies pour l'environnement

Préface

Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) a publié une série de rapports d'évaluation, de rapports spéciaux, de documents techniques et de textes de méthodologies. En tant qu'organe intergouvernemental, le GIEC est tenu d'observer les procédures régissant la production de chacun de ces ouvrages. Le présent Rapport spécial sur les incidences de l'évolution du climat dans les régions a été élaboré à la demande de l'Organe subsidiaire chargé de fournir des avis scientifiques et techniques (OSAST) de la Conférence des Parties à la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC); au départ, ce dernier souhaitait recevoir un document technique sur le sujet, ce qui aurait obligé les auteurs à se limiter au contenu des rapports d'évaluation et des rapports spéciaux préalablement publiés par le GIEC. Lors de la phase de rédaction, les auteurs ont pensé qu'en intégrant les textes parus depuis le Deuxième Rapport d'évaluation (SAR) du GIEC, y compris les travaux menés dans le cadre de plusieurs "programmes nationaux d'étude", le document final serait plus complet, plus actuel et plus représentatif des tendances et des facteurs de vulnérabilité observés dans les régions. Cette façon de procéder aurait toutefois contrevenu aux règles imposées pour la rédaction des documents techniques; le GIEC a donc décidé lors de sa douzième session (Mexico, 11 au 13 septembre 1996) de modifier la forme du document technique de manière à en faire un rapport spécial.

Le présent rapport examine les conséquences éventuelles de l'évolution du climat dans dix régions continentales et sous-continentales. Les incertitudes entourant les prévisions régionales des changements climatiques ont contraint les auteurs à évaluer la sensibilité et la vulnérabilité de chaque région, plutôt que de tenter de chiffrer les incidences prévues. Comme dans le SAR, la vulnérabilité définit la mesure dans laquelle l'évolution du climat risque d'endommager un système quelconque ou de lui nuire; elle est fonction de sa sensibilité au climat et de sa capacité à s'adapter à de nouvelles conditions.

Cette évaluation confirme les résultats publiés dans le SAR et montre que l'évolution du climat est susceptible de modifier l'aptitude des systèmes physiques et biologiques de la Terre (terre, atmosphère et océans) à procurer les biens et les services essentiels au développement économique durable.

Il s'agit d'une étape importante dans le processus d'évaluation entrepris par le GIEC. Les études précédentes tentaient surtout d'apprécier les incidences potentielles des changements climatiques à l'échelle mondiale. Ici, les effets sont analysés à l'échelle des continents ou des sous-continentes, ce qui présente un plus grand intérêt pratique pour les décideurs. On découvre l'existence de vastes écarts dans la vulnérabilité des populations et des écosystèmes, à cause des particularités de chaque milieu naturel, des conditions socio-économiques et politiques, de la dépendance à l'égard de ressources sensibles au climat et d'autres facteurs. La finesse d'analyse permet de fournir plus de renseignements sur les possibilités d'adaptation des systèmes, des activités et de l'infrastructure que ce n'était le cas dans le SAR. Le rapport souligne cependant la nécessité d'entre-

prendre des recherches et analyses beaucoup plus poussées sur les mesures d'adaptation et les mécanismes d'ajustement possibles si l'on veut que les entreprises privées et les autorités publiques puissent accroître la résistance de certains secteurs face à la variabilité actuelle du climat et atténuer les dommages ou tirer parti des avantages que pourraient produire des modifications à long terme.

Cette évaluation constitue par ailleurs une première étape dans l'examen des interactions possibles entre, d'une part, les changements climatiques prévus et, d'autre part, diverses formes d'altération de l'environnement (diminution de la diversité biologique, détérioration des terres, raréfaction de l'ozone stratosphérique, dégradation des ressources en eau, etc.) et différentes tendances sociales (accroissement démographique, développement économique, progrès techniques, etc.). D'autres recherches devront être menées sur l'interdépendance des questions relatives à l'environnement.

Les prochaines évaluations pourront s'appuyer sur le présent rapport en vue de préparer le Troisième Rapport d'évaluation (TAR) du GIEC, dont la publication est prévue à la fin de l'an 2000. Il faudra préalablement revoir et affiner la méthode suivie ici (ainsi que la délimitation des régions) et s'attacher à accroître notre capacité à prévoir les modifications du climat et de l'environnement à des échelles réduites. Le TAR pourra également s'inspirer d'une autre particularité de la présente étude, à savoir la collaboration importante de scientifiques et d'experts techniques des pays en développement et des nations dont l'économie est en transition. Le GIEC est déterminé à poursuivre dans cette voie et s'engage à ne pas relâcher ses efforts pour trouver des experts de ces régions et s'assurer leur concours dans les évaluations à venir.

Remerciements

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude aux nombreuses personnes et organisations qui ont rendu possible la réalisation de cette étude et, en premier lieu, aux membres du milieu scientifique et technique qui ont bénévolement préparé et examiné les chapitres et annexes de ce rapport en leurs qualités de coordinateurs principaux, auteurs principaux, contributeurs/réviseurs, coordinateurs régionaux et contributeurs sectoriels (auteurs du SAR qui ont recherché dans les chapitres consacrés à leur secteur des informations pouvant servir de point de départ aux évaluations régionales). Nous sommes aussi reconnaissants envers les gouvernements d'avoir aidé un certain nombre d'auteurs principaux à accomplir leur tâche.

Mais toutes ces contributions auraient été vaines sans les efforts incessants et l'égalité d'humeur de David John Dokken, administrateur du projet, qui a assumé une multitude de fonctions et de responsabilités pour mener à bien ce projet et sans lequel il n'aurait pas été possible de publier ce rapport de manière aussi rapide et compétente. D'autres membres du service d'appui technique du Groupe de travail II nous ont aussi apporté une aide précieuse, notamment Sandy MacCracken, Laura Van Wie McGrory et Flo Ormond. Le personnel du Secrétariat du GIEC, plus particulière-

ment Rudie Bourgeois, Chantal Etori et Cecilia Tanikie, nous ont prodigué un soutien essentiel et des conseils judicieux.

Les autres personnes qui ont collaboré à cette entreprise sur le plan de l'analyse et de l'organisation et auxquelles nous désirons exprimer nos remerciements comprennent Tererei Abete, Isabel Alegre, Ron Benioff, Carroll Curtis, Paul Desanker, Robert Dixon et ses collègues du U.S. Country Studies Program, Roland Fuchs, Christy Goodale, David Gray, Mike Hulme, Jennifer Jenkins, Richard Klein,

S.C. Majumdar, Scott Ollinger, Erik Rodenberg, Robert Scholes, Joel Smith, Regina Tannon, David Theobald et Hassan Virji.

Bert Bolin

Robert Watson

Marufu Zinyowera

Narasimhan Sundararaman

Richard Moss

INCIDENCES DE L'ÉVOLUTION DU CLIMAT DANS LES RÉGIONS: ÉVALUATION DE LA VULNÉRABILITÉ

1. Objet de l'évaluation

Ce rapport a été élaboré à la demande de la Conférence des Parties à la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) et de ses organes subsidiaires (plus précisément l'Organe subsidiaire chargé de fournir des avis scientifiques et techniques – OSAST). Il récapitule, région par région, les informations les plus récentes sur la vulnérabilité des écosystèmes, des secteurs socio-économiques (agriculture, pêche, ressources en eau et établissements humains) et de la santé face à d'éventuels changements climatiques. On y examine également la sensibilité de ces systèmes ainsi que leurs possibilités d'adaptation. Ce rapport s'inspire largement de l'évaluation des incidences sectorielles publiée dans le Deuxième Rapport d'évaluation, mais il englobe également des documents plus récents évalués par des pairs (entre autres les programmes nationaux d'étude).

2. Nature du problème

Les activités humaines (notamment l'emploi de combustibles fossiles, la modification de l'occupation des sols et de la couverture végétale) accroissent la concentration de gaz à effet de serre dans l'atmosphère, ce qui influe sur les bilans radiatifs et tend à produire un réchauffement du climat. Dans certaines régions, ces activités entraînent aussi l'apparition d'aérosols qui ont un effet inverse sur les bilans radiatifs et tendent à refroidir l'atmosphère. Pour le moment, l'effet de refroidissement des aérosols est sans doute suffisant pour neutraliser le réchauffement imputable aux gaz à effet de serre dans des régions situées en majorité dans l'hémisphère Nord. Mais les aérosols ne restent pas longtemps dans l'atmosphère et on ne prévoit pas d'augmentation notable des émissions de leurs précurseurs à l'échelle de la planète. Par conséquent, ils ne pourront compenser à long terme les effets mondiaux des gaz à effet de serre, qui ont, eux, une longue durée de vie. Les aérosols risquent d'avoir des conséquences importantes sur la configuration des changements climatiques à l'échelle des continents.

Les variations de la concentration de gaz à effet de serre et d'aérosols devraient conduire à une évolution mondiale et régionale de la température, des précipitations et d'autres paramètres climatiques, se traduisant par un changement de l'humidité du sol et l'élévation du niveau moyen de la mer à l'échelle du globe et par l'apparition de températures extrêmes, d'inondations et de sécheresses graves dans certaines régions. A partir de modèles climatiques couvrant la gamme des sensibilités du climat à la modification de la concentration de gaz à effet de serre (IPCC 1996, WGI) et l'amplitude des variations vraisemblables des émissions de gaz à effet de serre et d'aérosols (IS92a-f, scénarios de l'absence de politiques climatiques), on prévoit un accroissement, d'ici l'an 2100, de la température moyenne mondiale en surface d'environ 1 à 3,5 °C, une élévation de 15 à 95 cm du niveau moyen de la mer à l'échelle du globe et une variation dans la configuration spatio-temporelle des précipitations. La vitesse moyenne de réchauffement sera sans doute plus rapide qu'au cours de n'importe quelle autre période des 10 000 dernières années et ce, même si le rythme annuel à décennal réel présentera une variabilité naturelle considérable et si les modifications régionales pourront s'écarter notablement de la valeur moyenne à

l'échelle mondiale. Ces effets anthropiques à long terme et de grande ampleur seront en interaction avec la variabilité naturelle sur des échelles de temps de quelques jours à plusieurs décennies (par exemple le phénomène *El Niño*/Oscillation australe - ENSO) et influenceront donc sur les conditions socio-économiques à la surface du globe. On n'a pas tenu compte d'effets locaux éventuels attribuables à des événements inattendus (par exemple un changement dans le régime du Gulf Stream ou d'autres courants marins), car ces phénomènes sont encore difficiles à prévoir avec suffisamment d'exactitude.

Les travaux scientifiques montrent que la santé, les écosystèmes et les secteurs socio-économiques (hydrologie et ressources en eau, produits alimentaires et fibres, zones côtières, établissements humains, etc.), éléments essentiels au développement durable, sont sensibles à l'ampleur et à la rapidité des changements climatiques ainsi qu'à la modification de la variabilité du climat. Si les effets de l'évolution du climat risquent d'être néfastes dans de nombreuses régions, et parfois irréversibles, ils pourraient s'avérer bénéfiques ailleurs. L'évolution du climat représente un stress supplémentaire important pour les systèmes déjà touchés par l'exploitation croissante des ressources, les pratiques de gestion non durables et la pollution, agressions dont les effets sont bien souvent égaux ou supérieurs à ceux du changement climatique. On peut craindre que ces contraintes, qui interagiront de diverses façons dans les régions, ne réduisent la capacité de certains systèmes environnementaux à fournir de manière constante les biens et les services absolument nécessaires au bon développement économique et social : denrées alimentaires, air et eau propres, énergie, logement, faible taux de maladie et possibilités d'emploi. Par ailleurs, l'évolution du climat surviendra dans un contexte de développement économique, lequel pourrait rendre certains groupes ou pays moins vulnérables à ses conséquences néfastes, par exemple en élargissant les ressources disponibles pour l'adaptation. Au contraire, une croissance faible, une population en rapide augmentation et un environnement détérioré risquent d'accentuer la fragilité du système considéré.

3. Optique de l'évaluation

Le rapport examine la vulnérabilité des systèmes naturels et sociaux des grandes régions du monde face à l'évolution du climat. La vulnérabilité d'un système naturel ou social définit la mesure dans laquelle l'évolution du climat risque d'endommager ce système ou de lui nuire. Elle dépend non seulement de sa sensibilité (capacité à réagir à une transformation des conditions climatiques, ce qui comprend les effets bénéfiques et néfastes), mais aussi de son adaptabilité (capacité à ajuster ses mécanismes, ses processus et sa structure de manière à atténuer ou à annuler les dommages potentiels ou à profiter des occasions créées par un changement donné du climat). Selon ces définitions, un système très vulnérable est un système qui présente une grande sensibilité à de légères modifications du climat (quand cette sensibilité risque d'avoir de graves effets préjudiciables) alliée à une capacité d'adaptation extrêmement limitée.

L'évaluation de la vulnérabilité à l'échelle régionale ne peut être que qualitative en raison de la variabilité des méthodes employées et des scénarios considérés dans les études déjà réalisées et en raison de

l'incertitude qui entache l'appréciation de la sensibilité et de l'adaptabilité des systèmes naturels et sociaux. Le rapport renferme néanmoins nombre d'informations essentielles sur nos connaissances actuelles en la matière.

A plusieurs reprises, les incidences de l'évolution du climat sont chiffrées dans le rapport. Ces estimations dépendent, d'une part, des hypothèses retenues concernant les changements futurs et, d'autre part, des méthodes et des modèles utilisés dans les analyses. Pour interpréter correctement ces chiffres, il faut constamment garder à l'esprit que l'on ne connaît pas avec certitude la nature, l'ampleur et la vitesse des modifications à venir. Cela limite la capacité des scientifiques à prévoir les effets de l'évolution du climat, surtout aux échelles régionales et locales.

C'est en partie à cause de ces incertitudes que l'on a préféré évaluer ici la vulnérabilité des systèmes plutôt que de chiffrer les incidences du changement climatique. Les estimations avancées visent à indiquer la nature probable et l'ampleur approximative des conséquences prévues par différents scénarios. Ce sont essentiellement des indicateurs de la sensibilité et de la vulnérabilité potentielle des systèmes. Elles reposent, le plus souvent, sur les modifications du climat d'équilibre qui, selon les simulations effectuées, résulteraient d'un doublement de la concentration équivalente de dioxyde de carbone (CO₂) dans l'atmosphère. Les simulations intègrent rarement les effets des aérosols. Augmentation de la température moyenne mondiale obtenue avec ces scénarios se situe généralement entre 2 et 5 °C. Pour situer ces chiffres dans le temps, précisons que le réchauffement moyen à l'échelle du globe serait de 1 à 3,5 °C d'ici 2100 et devrait s'accompagner d'une élévation du niveau moyen de la mer de 15 à 95 cm, selon le Deuxième Rapport d'évaluation du GIEC. On utilise ici les résultats fournis par les modèles de la circulation générale (MCG) afin de justifier l'ordre de grandeur des changements servant aux analyses de sensibilité. Ce ne sont pas des prévisions de l'ampleur de l'évolution du climat dans une région ou dans un pays donné. Les documents qui permettent de procéder à une évaluation varient en quantité et en qualité d'une région à l'autre.

4. Aperçu de la vulnérabilité des régions face à l'évolution du climat mondial

L'article 2 de la CCNUCC souligne l'importance des écosystèmes naturels, de la production alimentaire et du développement économique durable (voir encadré). Dans ce rapport, l'évaluation de la

Article 2 de la CCNUCC : Objectif

L'objectif ultime de cette Convention et de tout autre instrument juridique qui pourrait être adopté par la Conférence des parties est d'atteindre, conformément aux dispositions correspondantes de la Convention, à la stabilisation des concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère à un niveau qui empêcherait toute interférence dangereuse d'origine anthropique dans le système climatique. Un tel niveau devrait être atteint dans un laps de temps suffisant pour permettre aux écosystèmes de s'adapter naturellement au changement de climat, pour veiller à ce que la production alimentaire ne soit pas menacée et assurer un développement économique durable.

vulnérabilité face à l'évolution du climat est centrée sur les écosystèmes, l'hydrologie, les ressources en eau, les produits alimentaires et les fibres, les zones côtières, les établissements humains, la santé et d'autres secteurs ou systèmes importants (y compris le système climatique). Ensemble des terres émergées de la planète a été divisé pour cela en dix grandes régions. On doit s'attendre à ce que la vulnérabilité de secteurs ou de systèmes similaires varie fortement d'une région à l'autre, à cause des conditions propres à chaque milieu, des agressions préalablement subies par les écosystèmes, des modes d'exploitation des ressources et des nombreux éléments qui influent sur le processus décisionnel (politiques du gouvernement, prix, préférences, valeurs, etc.). Toutefois, certaines observations générales, fondées sur les renseignements présentés dans le Deuxième Rapport d'évaluation et élaborées à partir des analyses régionales que renferme cette étude, définissent un contexte global pour l'évaluation de la vulnérabilité de chaque région.

4.1. Ecosystèmes

Les écosystèmes sont fondamentaux tant pour l'environnement que pour la durabilité. Ils sont à l'origine d'une multitude de biens et de services essentiels aux individus et aux sociétés, dont: i) la production de nourriture, de fibres, de fourrage, d'abris, de médicaments et d'énergie, ii) la transformation et le stockage du carbone et des éléments nutritifs, iii) l'assimilation des déchets, iv) l'épuration de l'eau, la régularisation du ruissellement et l'atténuation des inondations, v) la formation des sols et la réduction de leur dégradation, vi) la création d'espaces de loisirs et de tourisme, et vii) la constitution d'un habitat qui renferme toute la diversité génétique et biologique de notre planète. Les écosystèmes naturels ont aussi une valeur culturelle, religieuse, esthétique et intrinsèque. L'évolution du climat est susceptible de modifier leur emplacement géographique, la variété des espèces qu'ils abritent et leur aptitude à procurer les nombreux avantages dont dépend l'existence même des sociétés humaines. Les écosystèmes sont intrinsèquement dynamiques et sensibles à la variabilité du climat. Il est probable que les premiers effets des changements climatiques d'origine anthropique seront liés à la vitesse et à l'ampleur de la variation des valeurs climatiques moyennes et extrêmes (variation qui devrait survenir rapidement par rapport à la vitesse à laquelle les écosystèmes s'adaptent et rétablissent leur équilibre) ainsi qu'à l'augmentation des concentrations de CO₂ dans l'atmosphère, laquelle pourrait accroître la productivité et l'efficacité de l'utilisation de l'eau chez certaines espèces végétales. Les effets secondaires comprendront la modification des propriétés des sols et du régime des perturbations (incendies, animaux nuisibles, maladies, etc.) qui favoriseront certaines espèces au détriment d'autres et transformeront ainsi la composition des écosystèmes.

D'après les résultats des simulations portant sur la répartition de la végétation, réalisées avec des scénarios climatiques reposant sur les MCG, les limites de la végétation seront profondément modifiées aux latitudes et altitudes élevées. La variété des espèces à l'intérieur d'une catégorie de végétation donnée devrait changer. Avec les scénarios MCG du climat à l'équilibre, de vastes régions souffriront d'un déclin de la végétation imputable à la sécheresse et ce, même en tenant compte des effets directs de la fertilisation par le CO₂. A titre de comparaison, si l'on utilise les scénarios du climat à l'état transitoire (dans lesquels les gaz en trace augmentent lentement sur plusieurs années), on voit que les effets de la variation de la tem-

pérature et des précipitations surviennent dans toute leur ampleur plusieurs décennies après les effets de la modification de la composition de l'atmosphère; par conséquent, les incidences positives du CO₂ précéderaient les incidences de l'évolution du climat.

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 (on estime que la migration des espèces arboricoles a été, dans le passé, de 4 à 200 km par siècle). Aux latitudes moyennes, un réchauffement de 1 à 3,5°C en moyenne au cours des 100 prochaines années équivaldrait à un déplacement des isothermes (bandes géographiques de même température) actuels vers les pôles de 150 à 550 km ou à leur déplacement en altitude de 150 à 550 m. La composition des forêts en serait probablement modifiée; dans certaines régions, des types entiers de forêts pourraient disparaître et être remplacés par une nouvelle diversité d'essences et donc par de nouveaux écosystèmes. En raison de l'évolution 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 (1/3 dans le monde, variant de 1/7 à 2/3 selon les régions) subirait de vastes mutations dans les types de végétation; ces transformations seraient maximales aux latitudes élevées et minimales aux latitudes tropicales. Dans les zones de prairies tropicales, les variations de la quantité et de la répartition saisonnière des pluies et l'augmentation de l'évapotranspiration modifieront profondément la productivité et la variété des espèces; une élévation des températures moyennes n'entraînerait pas à elle seule de tels changements.

Les écosystèmes aquatiques à l'intérieur des terres seront touchés par les variations de la température de l'eau, des régimes d'écoulement et du niveau des eaux ainsi que par la fonte du pergélisol aux hautes latitudes. Dans les lacs et les cours d'eau, le réchauffement aurait les plus fortes répercussions biologiques aux latitudes élevées (où la productivité biologique augmenterait et entraînerait une expansion de l'habitat des espèces d'eau fraîche) et aux basses latitudes, à la limite entre les zones de répartition des espèces d'eau froide et d'eau fraîche (où l'on observerait le plus grand nombre d'extinctions d'espèces). L'accentuation de la variabilité du débit hydrologique, notamment de la fréquence et de la durée des grandes crues et des grandes sécheresses, pourrait réduire la qualité de l'eau, la productivité biologique et l'habitat dans les cours d'eau. La répartition géographique des zones humides devrait se modifier en raison de l'évolution des températures et des précipitations, les conséquences sur les émissions nettes de gaz à effet de serre par les terres humides non soumises aux marées étant difficiles à apprécier. Certains écosystèmes côtiers (marais d'eau saumâtre, mangroves, marécages, récifs et atolls coralliens, deltas fluviaux) sont particulièrement menacés par l'évolution du climat et par d'autres facteurs. L'altération de ces écosystèmes aurait de lourdes conséquences sur les réserves d'eau douce, la pêche, la biodiversité et le tourisme.

Les mesures susceptibles de favoriser l'adaptation des écosystèmes sont limitées et leur efficacité est incertaine. On pourrait, entre autres, créer des couloirs de "migration", améliorer la gestion de l'occupation des sols, effectuer des plantations et remettre en état les zones détériorées. Les écosystèmes (particulièrement les zones boisées, les régions de montagne et les récifs coralliens) sont menacés par l'évolution du climat étant donné la rapidité prévue des changements climatiques par rapport au rythme de rétablissement

des espèces, les risques accrus de morcellement et d'isolement, l'accumulation de multiples stress (modification de l'utilisation des terres, pollution, etc.) et les mesures limitées d'adaptation que l'on pourrait mettre en œuvre.

4.2. Hydrologie et ressources en eau

Eau est essentielle au bien-être et à la productivité. De nos jours, 1,3 milliard de personnes n'ont pas accès à des réserves adéquates d'eau propre et 2 milliards n'ont pas d'installations sanitaires convenables. Cette population est répartie sur tout le globe, reflétant les écarts infranationaux dans la disponibilité et la qualité de l'eau, mais 19 pays (surtout au Moyen-Orient, en Afrique du Nord et en Afrique australe) souffrent d'une pénurie telle qu'ils sont classés dans les catégories "zone aréique" ou "zone de stress hydrique" Ce chiffre devrait doubler d'ici 2025, surtout à cause de la hausse de la demande provoquée par le développement économique et par la croissance démographique. La majorité des décideurs reconnaissent aujourd'hui que la sécheresse est une caractéristique récurrente du climat en Afrique. Toutefois, les changements climatiques augmenteront la fréquence et la gravité des sécheresses en certains endroits.

La pénurie périodique et chronique d'eau pourrait être aggravée par l'évolution du climat, surtout dans les régions arides et semi-arides du monde. Les pays en développement y sont particulièrement exposés parce que beaucoup se trouvent précisément dans ce type de régions et que l'approvisionnement en eau se fait souvent à partir d'un point unique, comme un puits ou un réservoir isolé. Ces modes d'approvisionnement sont fragiles car il n'existe pas de source d'appoint en cas de défaillance de l'installation principale. De plus, vu les ressources limitées des pays en développement en matière de techniques, de financement et de gestion, l'ajustement aux pénuries ou la mise en œuvre de mesures d'adaptation représenterait un lourd fardeau pour l'économie nationale. Les inondations risquent d'être plus graves dans nombre de régions humides et tempérées, ce qui exigera de se préserver des risques et dommages de ces catastrophes (en s'assurant de la résistance des barrages et des digues) en plus de s'adapter, par ailleurs, aux sécheresses et aux pénuries chroniques d'eau.

Les incidences des changements climatiques dépendront de l'état initial des réseaux d'alimentation 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.

Diverses mesures peuvent être envisagées pour réduire la vulnérabilité éventuelle du secteur de l'eau: systèmes de tarification, projets de rationalisation, améliorations techniques et structurelles des installations, politiques agricoles et planification/gestion urbaine. A l'échelon national ou régional, il faudrait en priorité favoriser une gestion intégrée et intersectorielle des ressources, recourir aux bassins fluviaux comme unités de gestion des ressources et encourager de bonnes pratiques de tarification et de gestion. Etant donné la hausse de la consommation, le grand nombre de systèmes sommaires actuellement en place, leur sensibilité aux fluctuations des précipitations et du ruissellement, le délai et les coûts considérables nécessaires pour mettre en œuvre nombre de mesures d'adaptation, le secteur des ressources en eau est, dans beaucoup de régions et de pays, vulnérable face à l'évolution probable du climat.

4.3. Produits alimentaires et fibres

Huit cents millions de personnes souffrent de malnutrition dans le monde; la consommation alimentaire devrait doubler d'ici 30 à 40 ans sous l'effet de l'accroissement démographique et de l'élévation du niveau de vie dans certains pays. La production alimentaire a doublé sur une période de 25 ans, grâce à l'irrigation, aux apports chimiques et aux variétés à haut rendement. Il n'est pas certain que les gains considérables réalisés depuis un quart de siècle pourront se répéter: les problèmes liés à l'intensification de la production sur des terres déjà exploitées sont chaque jour plus évidents (ruissellement des substances chimiques et biologiques, engorgement et salinisation des terres, érosion et compactage des sols). Étendre les superficies cultivées (ce qui comprend la remise en culture de terres maintenues délibérément en friche dans le but de diminuer la production agricole) permettrait d'accroître la production totale, mais cela pourrait accentuer la compétition pour la terre et les pressions sur les écosystèmes naturels, augmenter les émissions de gaz à effet de serre d'origine agricole, diminuer les puits naturels de carbone et étendre l'agriculture aux terres marginales - conséquences qui risqueraient d'entamer la capacité de produire de manière durable un plus grand volume de denrées agricoles.

L'évolution du climat entrera en interaction avec les stress découlant des mesures visant à intensifier la production, qui modifient le rendement des cultures et la productivité de diverses façons selon le type de pratiques et de régimes agricoles en place. Les principaux effets directs seront la modification de paramètres tels que la température, les précipitations, la longueur de la saison de végétation, le moment où surviennent des phénomènes extrêmes ou critiques pour la croissance des cultures et la modification de la concentration de CO₂ dans l'atmosphère (qui pourrait favoriser la croissance de nombreux types de cultures). Mentionnons, au titre des effets indirects, les changements potentiellement néfastes relatifs aux maladies, aux animaux nuisibles et aux plantes adventices, dont les conséquences ne sont pas chiffrées dans la plupart des études réalisées. Les données dont on dispose confirment encore la conclusion du Deuxième Rapport d'évaluation du GIEC selon laquelle "... la production agricole mondiale pourrait se maintenir par rapport au niveau actuel" pour une population en croissance, dans des conditions de climat à l'équilibre avec doublement des concentrations de CO₂. En outre, les résultats du présent rapport viennent appuyer les inquiétudes formulées relativement aux conséquences potentiellement graves du risque accru de famine dans certaines régions, notamment dans les zones tropicales et subtropicales. Dans l'ensemble, les régions des latitudes moyennes et hautes pourraient bénéficier d'une amélioration de la productivité, selon le type de culture, la saison de végétation, les variations du régime de température et la saisonnalité des précipitations. Une baisse du rendement est probable dans les régions tropicales et subtropicales où les températures approchent des valeurs maximales tolérées par certaines cultures et où l'agriculture non irriguée domine. On peut craindre également une réduction des moyens d'existence des personnes qui pratiquent une agriculture de subsistance et l'élevage extensif, lesquelles composent une bonne partie des populations rurales dans certaines régions. L'agriculture pourrait souffrir profondément dans les zones où l'on prévoit une diminution des précipitations.

La pêche et la production piscicole sont sensibles aux variations des conditions climatiques et sont actuellement menacées par la surex-

ploitation, par la réduction des zones de reproduction et par la pollution côtière à grande échelle. Globalement, la production des pêcheries maritimes devrait rester à peu près stable en dépit de l'évolution du climat; la pêche en eau douce et l'aquaculture devraient être plus productives si l'on admet que la variabilité naturelle du climat et que la structure et la force des courants océaniques resteront plus ou moins les mêmes. Les principales répercussions seront ressenties à l'échelle nationale et locale en raison du déplacement des centres de production. Les effets bénéfiques de l'évolution du climat (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 divers effets négatifs tels que la transformation des modes de reproduction, des voies de migration et des rapports entre écosystèmes.

Eu égard aux nombreuses forces qui bouleversent le secteur agricole, les possibilités d'adaptation qui améliorent la résistance à la variabilité naturelle du climat et aux changements éventuels des valeurs moyennes et extrêmes et qui s'attaquent à d'autres problèmes (érosion des sols, salinisation, etc.) constituent des mesures sans regrets ou quasi sans regrets. Par exemple, établir des liens entre la gestion agricole et les prévisions climatiques à échéance saisonnière peut permettre une adaptation progressive, surtout dans les régions dont le climat est fortement touché par le phénomène ENSO. Ces possibilités sont plus ou moins adaptées aux différentes régions, en partie parce que les secteurs privé et public n'ont pas partout les mêmes moyens financiers et institutionnels de les exploiter. Les mesures d'adaptation consistent par exemple à modifier les cultures ou les variétés cultivées, à développer de nouvelles variétés, à modifier le calendrier de plantation et les modes de culture, à introduire de nouvelles biotechnologies et à améliorer la gestion des eaux et les techniques d'irrigation, mesures coûteuses en immobilisations et limitées par la disponibilité des ressources en eau. D'autres options, tel le travail minimum et réduit du sol, ne nécessitent pas d'investissements aussi lourds mais exigent en revanche un haut degré de formation et de soutien en techniques agricoles.

Dans les régions où l'agriculture est bien adaptée à la variabilité actuelle du climat et où les mécanismes du marché et les institutions assurent la redistribution des excédents agricoles pour compenser les pénuries, la vulnérabilité face aux changements des valeurs climatiques moyennes et extrêmes est généralement faible. Au contraire, si l'agriculture est déjà incapable de supporter les paramètres extrêmes actuels, s'il n'existe ni marchés ni institutions pour répartir les déficits ou les excédents, ou si les moyens d'adaptation sont limités, on doit considérer que le secteur agricole est très vulnérable à l'évolution du climat. D'autres facteurs encore influenceront sur la vulnérabilité de la production agricole d'une région ou d'un pays donné, notamment : l'écart entre les températures ou la configuration des précipitations actuelles et les limites de tolérance des principales cultures, le revenu par habitant, la proportion des activités économiques qui reposent sur la production agricole et l'état préexistant du territoire agricole.

4.4. Zones côtières

Les zones côtières renferment une grande diversité d'écosystèmes et sont le lieu de nombreuses activités socio-économiques. Dans beaucoup de pays, la population des zones côtières a grossi deux fois plus rapidement que la moyenne nationale. On estime qu'environ la moitié de la population mondiale vit aujourd'hui dans ces espaces,

mais les écarts sont grands d'un pays à l'autre. L'évolution du climat entraînera une élévation du niveau de la mer et une augmentation des risques d'onde de tempête et pourra modifier la fréquence ou l'intensité des phénomènes extrêmes.

De nombreux pays sont confrontés aux problèmes créés par l'élévation du niveau de la mer provoquée par la subsidence d'origine tectonique et anthropique. Quelque 46 millions de personnes vivent sur des terres qui risquent chaque année d'être inondées par une onde de tempête. Les changements climatiques accentueront ces phénomènes et pourront avoir des conséquences néfastes sur les écosystèmes et sur l'infrastructure humaine. Une multitude de gens sont également menacés par l'élévation du niveau de la mer. Au Bangladesh, en l'absence de mesures d'adaptation, des dizaines de millions de personnes seraient déplacées par une hausse de 1 m (limite supérieure des estimations établies par le Groupe de travail 1 du GIEC pour 2100). De plus en plus de mégapoles sont situées sur la côte, ce qui signifie qu'un volume important d'infrastructures pourrait être endommagé. Bien que les coûts annuels de protection soient relativement modestes dans nombre de pays - environ 0, 1 % du produit intérieur brut (PIB) - ils représentent plusieurs points de pourcentage du PIB de beaucoup de petits Etats insulaires. Pour certains d'entre eux, il est à toutes fins pratiques impossible d'engager les dépenses nécessaires, d'autant que les fonds destinés aux investissements sont limités.

Les plages, les dunes, les estuaires et les zones humides côtières s'adaptent de manière naturelle et dynamique à l'évolution des vents et des courants marins dominants ainsi qu'à la fluctuation du niveau de la mer; quand l'infrastructure n'est pas importante, on peut envisager un déplacement planifié et une adaptation aux changements. Il serait également possible de reconstruire ou de relocaliser les immobilisations à la fin de leur vie utile. Ailleurs, ces mesures ne seraient pas viables et devraient être remplacées par la construction d'ouvrages en dur (digues, levées, murs de protection et barrages) et par l'aménagement des zones à risque (entretien des plages, reconstitution des dunes et création de zones humides). Parmi les facteurs susceptibles de limiter le recours à ces options, mentionnons les restrictions financières, l'insuffisance de moyens institutionnels et techniques ainsi que le manque de personnel qualifié. Dans la plupart des régions, les cadres actuels de planification et de gestion des zones côtières ne tiennent pas compte de la vulnérabilité des écosystèmes essentiels face à l'évolution du climat et à l'élévation du niveau de la mer, ni du long délai nécessaire pour mettre en œuvre de nombreuses mesures d'adaptation. Certaines politiques inadaptees favorisent le développement dans des zones à risque. On doit considérer que les zones côtières sont vulnérables à l'évolution du climat étant donné l'augmentation de la densité de population, les longs délais requis pour mettre en œuvre un grand nombre de mesures d'adaptation et les restrictions d'ordre institutionnel, financier et technique (surtout dans les pays en développement).

4.5. Santé

L'espérance de vie s'allonge dans presque toutes les régions du monde et la mortalité infantile et juvénile décroît dans la plupart des pays en développement. On doit toutefois déplorer une forte recrudescence d'anciennes et de nouvelles maladies infectieuses et transmises par des vecteurs, comme la dengue, le paludisme, les maladies associées au virus Hantaan et le choléra. De plus, dans les pays en développement, la population citadine devrait passer de 25 % (en

1960) à plus de 50 % en 2020, les pourcentages estimés dans certaines régions excédant notablement ces moyennes. Cette évolution ne sera bénéfique que si elle s'accompagne d'un meilleur accès à l'hygiène, l'eau potable et autres services; dans le cas contraire, elle risque de détériorer le milieu urbain, notamment par la pollution de l'air (particules, ozone troposphérique, plomb, etc.), l'insalubrité et les problèmes associés à la mauvaise qualité de l'eau.

L'évolution du climat pourrait entraîner une augmentation de la mortalité imputable à la chaleur, des maladies tropicales à transmission vectorielle et de la pollution urbaine, ainsi qu'une diminution des maladies dues au froid. Ces conséquences ne devraient pas se traduire par une dégradation majeure de l'état de santé général. Toutefois, globalement, les effets directs et indirects des changements climatiques constituent bel et bien un risque pour la santé de la population, surtout dans les pays en développement des zones tropicales et subtropicales; ils risquent fort d'accroître considérablement la mortalité, de toucher les collectivités, de majorer les coûts de santé et de multiplier les arrêts de travail. Selon les 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 du paludisme s'étendrait et la population mondiale concernée passerait de quelque 45 % à 60 % d'ici le milieu du prochain siècle. La transmission pourrait s'intensifier dans les régions de paludisme endémique (de 50 à 80 millions de cas supplémentaires par an, par rapport à un total mondial de référence évalué à 500 millions de cas). 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. Il est cependant difficile de quantifier les incidences de l'évolution du climat sur la santé car l'importance des problèmes sanitaires imputables à cette évolution dépend d'autres facteurs : flux migratoires, salubrité des milieux urbains, amélioration de la nutrition, accès à l'eau potable, amélioration de l'hygiène, ampleur des mesures de lutte contre les vecteurs de maladies, modification de la résistance des organismes vecteurs aux insecticides et accessibilité aux services de santé. La santé de la population est donc vulnérable aux changements climatiques, surtout dans les milieux urbains où l'accès à la climatisation est parfois limité, ainsi que dans les régions où l'exposition aux maladies contagieuses et transmises par vecteurs risque d'augmenter et où l'hygiène et les autres services de base et de santé sont insuffisants.

5. Adaptation anticipée dans le contexte des politiques et conditions actuelles

L'évaluation à l'échelle régionale qui fait l'objet du présent rapport veut surtout montrer que de nombreux systèmes et politiques ne sont pas même adaptés au climat actuel et à sa variabilité naturelle. L'accroissement du nombre de victimes et l'ampleur des dégâts dus aux inondations, tempêtes et sécheresses révèlent la vulnérabilité présente. Cela donne à penser que certaines mesures d'adaptation permettraient d'accroître la capacité de nombreux secteurs à faire face aux conditions actuelles et faciliteraient en cela l'adaptation aux changements futurs. Ces options, appelées mesures sans regrets ou mesures utiles en tout état de cause, offriraient de multiples avantages et s'avéreraient sans doute bénéfiques même dans l'éventualité où l'évolution du climat n'aurait pas d'incidences fâcheuses.

Dans de nombreux pays, les politiques et conditions économiques (fiscalité, subventions et réglementation) qui façonnent le processus décisionnel, les stratégies de mise en valeur et les modes de consommation des ressources (et donc l'état de l'environnement) dans le secteur privé s'opposent à la mise en place de mesures d'adaptation. Par exemple, le prix de l'eau est fréquemment inférieur à son coût réel, ce qui favorise une surconsommation (qui épuise les réserves) et défavorise les mesures de conservation, lesquelles pourraient faire partie des stratégies futures d'adaptation. De même, les plans inappropriés d'occupation des sols ou les assurances subventionnées contre les sinistres encouragent l'installation d'infrastructure dans des secteurs susceptibles d'être inondés ou de subir d'autres catastrophes naturelles - secteurs qui risquent d'être encore plus vulnérables en raison des changements climatiques. Divers mécanismes permettraient d'encourager l'adaptation et de mieux intégrer les conséquences à long terme de l'utilisation des ressources, notamment le renforcement des cadres juridiques et institutionnels, la suppression des biais du marché (subventions, etc.), le comblement des lacunes du marché (par exemple, prix ne tenant pas compte des dommages à l'environnement ou de l'épuisement des ressources, ou évaluation économique inadéquate de la biodiversité) et la promotion de la participation et de l'information du public. Ce genre de mesures ajusterait les modes de consommation des ressources aux conditions actuelles et préparerait mieux les systèmes aux futurs changements climatiques.

La difficulté consiste à trouver les moyens de favoriser le développement durable par la mise en œuvre des techniques dont on dispose et par l'adoption de politiques qui rendent les secteurs sensibles au climat mieux adaptés à la variabilité actuelle. Pour cela, de nombreuses régions du monde devront avoir accès aux techniques, à l'information et aux sources de financement nécessaires. En outre, l'évaluation à l'échelle régionale montre l'importance d'anticiper et de planifier pour pouvoir s'adapter; si les systèmes ne sont pas préparés aux changements attendus dans les moyennes, la variabilité et les extrêmes climatiques, on risque d'effectuer de lourds investissements dans des équipements d'infrastructure ou des technologies mal adaptés aux conditions à venir et de manquer des occasions de réduire le coût des mesures d'adaptation. Il faudrait analyser de manière plus approfondie la vulnérabilité actuelle des systèmes face aux fluctuations climatiques et les mécanismes d'adaptation déjà en place afin de concevoir des mesures plus efficaces d'adaptation à l'évolution possible du climat.

6. Vulnérabilité des régions face à l'évolution mondiale du climat

6.1 Afrique

Plusieurs climats sont présents sur le continent africain, les plus fréquents étant le climat tropical humide, le climat tropical sec et les formes alternées sec et humide. De nombreux pays souffrent de périodes récurrentes de sécheresse, dont certaines sont liées au phénomène ENSO, surtout dans le Sud-Est. Il est souvent difficile dans ces pays d'adopter un mode de vie qui réduirait les contraintes exercées sur les ressources naturelles en raison de la détérioration des échanges commerciaux, de la mise en place de politiques inadéquates, de la forte croissance démographique et du manque d'investissements importants, le tout conjugué à un climat extrêmement variable. Si l'on ne facilite pas l'accès aux sources de financement voulues, l'Afrique sera le continent le plus vulnérable aux incidences

des changements climatiques prévus, car la pauvreté généralisée limite les capacités d'adaptation.

Ecosystèmes: Aujourd'hui, les forêts tropicales et les grandes zones de pâturage sont menacées par la pression démographique et par les régimes d'occupation des sols. Les effets évidents de ces menaces comprennent l'appauvrissement de la diversité biologique, la détérioration rapide de la couverture végétale et l'épuisement des réserves d'eau par la destruction des bassins hydrographiques et des formations aquifères. L'évolution du climat entrera en interaction avec ces modifications sous-jacentes et ajoutera des stress dans un environnement qui se détériore. Une augmentation soutenue des températures ambiantes moyennes supérieure à 1 °C modifierait profondément la couverture forestière et les pâturages, la répartition, la variété et les comportements migratoires des espèces, ainsi que la répartition des biomes. Dans les déserts, on approche déjà des limites de tolérance de nombreux organismes, dont certains risquent de ne pas supporter des températures plus chaudes. Les sous-régions arides et semi-arides, les prairies de l'Est et du Sud, et les secteurs menacés par la dégradation des terres et la désertification sont particulièrement vulnérables. Si, comme le prévoient certains MCG, la pluviosité s'accroît sur les zones montagneuses de l'Est et du Centre équatorial, les terres peu productives donneraient un meilleur rendement qu'actuellement. Mais ces effets seraient sans doute annulés par la pression démographique exercée sur les forêts et les pâturages marginaux. Les mesures d'adaptation comprennent la limitation du déboisement, l'amélioration des techniques de gestion des pâturages, l'agrandissement des zones protégées et la gestion durable des forêts.

Hydrologie et ressources en eau : Des 19 pays du monde qui entrent dans la catégorie "zone de stress hydrique", un plus grand nombre se trouve en Afrique que dans toute autre région et ce chiffre pourrait augmenter, indépendamment de l'évolution du climat, sous l'influence de divers facteurs : hausse de la demande provoquée par la croissance démographique, dégradation des bassins versants imputable à la modification de l'utilisation des terres, et envasement des bassins fluviaux. La diminution des précipitations prévue par certains MCG dans le Sahel et en Afrique australe, si elle s'accompagne d'une forte variabilité interannuelle, pourrait nuire au bilan hydrologique du continent et perturber plusieurs activités socio-économiques qui dépendent de l'eau. La variabilité des conditions climatiques risque de rendre plus difficile la gestion des ressources en eau, à l'intérieur des pays et entre les pays. Une chute du niveau d'eau dans les retenues et dans les cours d'eau pourrait réduire la qualité de l'eau par augmentation de la teneur en eaux usées et en effluents industriels, ce qui multiplierait les risques de maladies et diminuerait la qualité et le volume d'eau douce destinée à la consommation domestique. Les mesures d'adaptation comprennent la récupération de l'eau, la gestion du débit sortant des barrages et la rationalisation de la consommation.

Agriculture et sécurité alimentaire : Mis à part dans les pays exportateurs de pétrole, l'agriculture est la principale activité économique de l'Afrique, puisqu'elle représente 20 à 30 % du PIB en Afrique subsaharienne et 55 % de la valeur totale des exportations du continent. Dans la plupart des pays, la qualité de la saison des pluies est déterminante, ce qui rend cette région très vulnérable à l'évolution du climat. L'aggravation des sécheresses pourrait réduire notablement la production alimentaire, comme cela a été le cas dans la Corne de l'Afrique et en Afrique australe dans les années 80 et 90.

L'élévation des températures hivernales moyennes pourrait aussi nuire à la production de blé et de fruits d'hiver qui ont besoin de basses températures. Au contraire, en Afrique subsaharienne, l'adoucissement des hivers diminuerait les dégâts causés par le gel, ce qui permettrait de cultiver des plantes horticoles sensibles au gel à des altitudes supérieures à celles d'aujourd'hui. Il est possible que la productivité de la pêche en eau douce augmente, même si la diversité des espèces présentes peut se modifier. La transformation de la dynamique des océans pourrait se traduire par une modification du comportement migratoire des poissons et, peut-être, par une diminution des prises, surtout dans les pêcheries côtières artisanales.

Zones côtières : Plusieurs zones côtières, dont beaucoup subissent déjà les effets de la pression démographique et d'une utilisation contradictoire des terres, souffriraient d'une élévation du niveau de la mer consécutive à l'évolution du climat. La côte des pays d'Afrique centrale et occidentale (Sénégal, Gambie, Sierra Leone, Nigéria, Cameroun, Gabon et Angola notamment) comporte des lagunes basses sensibles à l'érosion qui pourraient donc pâtir de l'élévation du niveau de la mer, d'autant que de grandes villes en expansion rapide y sont souvent implantées. La façade ouest, fréquemment secouée par des ondes de tempête, est actuellement menacée par l'érosion, les inondations et des tempêtes extrêmes. La façade est serait également touchée, même si cette partie du continent bénéficie de conditions calmes sur une bonne partie de l'année. On peut craindre une accentuation de l'érosion si l'élévation du niveau de la mer et la variation du climat atténuent l'effet tampon des récifs et des pâtés de corail qui s'étendent le long de la côte est. Un certain nombre d'études montrent qu'une partie assez importante de la section nord du delta du Nil disparaîtrait sous l'effet des inondations et de l'érosion, entraînant la perte de terres agricoles et de zones urbaines. Il existe des mesures d'adaptation mais leur coût serait très élevé par rapport au PIB de beaucoup de pays d'Afrique. Elles pourraient comprendre la construction de murs longitudinaux de défense et le déplacement des établissements humains fragiles et d'autres installations socio-économiques.

Etablissements humains, industrie et transport : Les risques les plus graves pour les populations africaines découleront de phénomènes climatiques extrêmes tels que les inondations (accompagnées parfois de glissements de terrain), les vents forts, la sécheresse et les raz de marée. Si la productivité des terres marginales diminue en raison de l'évolution du climat, les agriculteurs risquent d'avoir à migrer vers les zones urbaines (où l'on approche déjà de la capacité maximale de l'infrastructure en raison de la concentration démographique). Les changements climatiques pourraient accentuer la surexploitation actuelle des ressources énergétiques de la biomasse. La production hydro-électrique chuterait du fait de la baisse du débit des cours d'eau, ce qui aurait des conséquences néfastes sur la productivité industrielle et obligerait à déménager certaines usines. La réduction de la pollution, la prestation des services d'hygiène et de santé, l'élimination des déchets, l'approvisionnement en eau et la fourniture d'une infrastructure adéquate en milieu urbain seraient plus difficiles et plus coûteux advenant une évolution du climat.

Santé : Les principaux effets dans le domaine de la santé seront l'incidence accrue des maladies à transmission vectorielle et la détérioration de l'état nutritionnel de la population. L'élévation des températures pourrait favoriser l'extension de la zone de paludisme; la modification des températures et de la configuration des précipitations risque égale-

ment d'augmenter l'incidence de la fièvre jaune, de la dengue, de l'onchocercose et de la trypanosomiase. La hausse de la morbidité et de la mortalité dans les sous-régions plus durement frappées par les maladies à transmission vectorielle par suite des changements climatiques aurait des conséquences graves sur le plan économique. Eu égard à la piètre situation de la plupart des nations africaines, des efforts devront être faits à l'échelle mondiale pour atténuer les incidences possibles de l'évolution du climat sur la santé des populations.

Tourisme et espèces sauvages : Le tourisme, l'un des secteurs qui prend le plus d'essor en Afrique, repose sur l'existence d'espèces sauvages, de réserves naturelles, de stations balnéaires et d'importants approvisionnements en eau pour les loisirs. Les sécheresses ou la baisse de la pluviosité que l'on prévoit dans le Sahel ainsi que dans l'Est et le Sud dévasteraient la faune et réduiraient l'attrait de plusieurs réserves naturelles, restreignant en cela les revenus tirés des vastes investissements actuellement réalisés dans ce secteur.

Conclusions : Le continent africain serait particulièrement touché par les incidences de l'évolution du climat à cause de plusieurs facteurs : pauvreté générale, récurrence de la sécheresse, répartition inéquitable des terres, dépendance excessive à l'égard de la culture sous pluie, etc. S'il existe en théorie des mesures d'adaptation, dont les stratégies traditionnelles suivies par les peuples africains, en pratique, la réaction rapide aux effets prévisibles dans le domaine de l'infrastructure, de l'économie et des populations risque d'exiger des moyens financiers que ne possèdent pas certains pays.

6.2 Régions polaires : l'Arctique et l'Antarctique

L'Arctique et l'Antarctique sont deux régions très différentes qui renferment chacune des paysages divers. L'Arctique est délimité ici par le cercle polaire boréal tandis que l'Antarctique comprend la zone de convergence antarctique qui englobe le continent lui-même, l'océan Antarctique et les îles sub-antarctiques. L'Arctique est en quelque sorte un océan gelé entouré de terre tandis que l'Antarctique est un continent gelé entouré par l'océan. Le réchauffement attendu devrait être plus important dans les régions polaires que dans bien d'autres parties du monde. Là où les températures sont proches du point de congélation en moyenne, le réchauffement de la planète réduira le volume des glaces de terre, ce qui contribuera à élever le niveau de la mer, et des glaces de mer. A l'intérieur des calottes glaciaires, la hausse des températures ne serait peut-être pas suffisante pour faire fondre la glace et la neige, mais tendrait à accroître la couche de neige.

Ecosystèmes : On prévoit de profondes modifications physiques et écologiques dans l'Arctique. Les zones gelées proches du point de congélation commenceront à fondre et se modifieront sensiblement sous l'effet de la chaleur. L'océan Arctique devrait perdre beaucoup de glace. Le dégel du pergélisol sera considérable et changera le drainage, augmentera les décrochements et transformera les paysages sur de vastes étendues. Le réchauffement des températures favorisera probablement la production biologique mais pourrait modifier la diversité des espèces présentes sur la terre et dans la mer. Les grands biomes terrestres (toundra, forêt boréale, etc.) et la faune qu'ils abritent auront tendance à se déplacer vers le pôle, avec de fortes incidences sur l'ours, le caribou et d'autres espèces. Néanmoins, l'océan Arctique limite géographiquement le mouvement vers le nord. Les effets devraient être nettement plus modestes dans

l'Antarctique, mais on devrait observer là aussi un déplacement des espèces. Dans l'océan, les écosystèmes marins s'approcheront du pôle. Les animaux qui vivent dans des habitats de glace risquent de souffrir de l'évolution du climat dans les deux régions polaires.

Hydrologie et ressources en eau : L'élévation des températures entraînera le dégel du pergélisol et la fonte d'une plus grande quantité de neige et de glace. Le volume des eaux courantes et des eaux stagnantes sera accru. Les réseaux de drainage de l'Arctique seront sans doute modifiés à l'échelle locale. La débâcle des rivières et des lacs surviendra plus tôt et l'embâcle plus tard.

Produits alimentaires et fibres : Les possibilités de culture sont extrêmement limitées du fait de la rudesse du climat. Il en ira globalement de même à l'avenir, même si l'agriculture pourrait s'étendre quelque peu vers le nord, dans l'Arctique. De manière générale, on prévoit un accroissement de la productivité écologique des océans. Le réchauffement devrait accélérer la vitesse de croissance et de développement des espèces animales, à l'exception des mammifères; en revanche, le rayonnement ultraviolet B (UV-B) continue d'augmenter, ce qui pourrait réduire la productivité primaire et piscicole.

Zones côtières : La couche de glace risque de s'amenuiser et de se rétrécir sous l'effet du réchauffement. La navigation côtière et fluviale s'intensifiera en raison des nouvelles possibilités de transport, de tourisme et de commerce. L'Océan Arctique pourrait devenir une route importante pour le commerce mondial. La production de pétrole en mer bénéficiera de la fonte des glaces. Le littoral de l'Arctique devrait s'éroder davantage à cause de l'élévation du niveau de la mer, du dégel du pergélisol et de l'action accrue des vagues attribuable à l'élargissement des eaux libres. Il est probable que les plateaux de glace de la péninsule Antarctique continueront à se disloquer. Ailleurs en Antarctique, on n'attend pas de grands changements sur les rivages ni dans les grandes plates-formes de glace.

Etablissements humains : Les groupements humains de l'Arctique seront fortement touchés par les transformations physiques et écologiques anticipées. Les effets seront particulièrement sensibles chez les autochtones qui ont conservé un mode de vie traditionnel. De nouvelles possibilités apparaîtront dans la navigation, l'exploitation pétrolière, la pêche, l'exploitation minière, le tourisme et le déplacement des populations. Les modifications attendues dans l'Arctique en ce qui concerne la glace de mer auront des conséquences stratégiques pour le commerce, notamment entre l'Asie et l'Europe.

Conclusions : La péninsule Antarctique et l'Arctique sont très vulnérables face à l'évolution du climat et à ses incidences. Même si relativement peu de personnes sont directement concernées, le mode de vie de nombreuses communautés autochtones subira une profonde évolution. Les effets directs pourraient comprendre le déplacement des écosystèmes, la réduction du volume des glaces de mer et de rivière et le dégel du pergélisol. Les effets indirects seraient des rétroactions sur le système climatique, par exemple un renforcement des émissions de gaz à effet de serre, des changements dans les facteurs responsables de la circulation océanique et une augmentation des températures et des précipitations avec déperdition de glace, ce qui pourrait influencer sur le climat et le niveau de la mer à l'échelle du globe. L'intérieur de l'Antarctique serait moins atteint par l'évolution du climat car les variations de température prévues pour le prochain siècle ne devraient y avoir que peu d'incidences et parce

que très peu de personnes seraient touchées. Toutefois, il reste des incertitudes considérables concernant le bilan de masse des inlandsis antarctiques et le comportement de l'inlandsis de l'Antarctique occidental (faible probabilité de désintégration au cours du prochain siècle). La modification de l'un ou l'autre de ces éléments pourrait avoir des conséquences sur le niveau de la mer et sur les climats de l'hémisphère Sud.

6.3 Asie occidentale aride (Moyen-Orient et Asie aride)

Cette région regroupe les secteurs majoritairement arides et semi-arides du Moyen-Orient et de l'Asie centrale. Elle s'étend de la Turquie au Kazakhstan (est-ouest) et du Yémen au Kazakhstan (sud-nord). Une vaste zone de montagnes occupe la partie est.

Ecosystèmes : Les modèles prévoient peu de changements dans la majorité des types de végétation arides ou désertiques en réaction à l'évolution du climat, c'est-à-dire que les déserts resteront des déserts. Des modifications plus importantes sont attendues dans la composition et la répartition des types de végétation des zones semi-arides, par exemple les prairies, les zones boisées et les grands pâturages. Les précipitations devraient augmenter légèrement, mais cette hausse risque d'être contrebalancée par l'élévation des températures et par l'accélération de l'évaporation. L'amélioration de l'utilisation de l'eau par certains végétaux exposés à une forte teneur en CO₂ pourrait accroître légèrement la productivité de plusieurs cultures et modifier la composition des écosystèmes. Les prairies, le bétail et les ressources en eau seront sans doute les plus touchés par l'évolution du climat car on les retrouve surtout sur des terres marginales. Une bonne gestion des terres, incluant l'urbanisme, pourrait atténuer une partie des contraintes responsables de la détérioration des sols. Diverses techniques de gestion (intégration plus poussée des agrosystèmes, meilleure gestion des stocks, par exemple) permettraient d'améliorer l'état des terres et de contrer les stress créés par les changements climatiques. Cette région renferme une grande variété d'espèces sauvages apparentées à de nombreuses cultures importantes; si l'on prend les mesures de conservation voulues, elle continuera à former un réservoir de matériel génétique en prévision des conditions climatiques futures.

Hydrologie et ressources en eau : La pénurie d'eau, qui constitue déjà un problème dans beaucoup de pays de cette région aride, a plus de chances de s'aggraver que de s'atténuer suite à l'évolution du climat. Le changement des méthodes d'assolement et l'amélioration des techniques d'irrigation seraient susceptibles d'accroître sensiblement le rendement d'utilisation de l'eau dans certains pays. Le débit de certains réseaux hydrographiques devrait augmenter pendant plusieurs décennies, en raison de la fusion glaciaire plus importante, puis diminuer après la disparition des glaciers.

Produits alimentaires et fibres : Les problèmes liés à la dégradation des terres et aux faibles réserves d'eau limitent la productivité agricole actuelle et menacent la sécurité alimentaire de divers pays. Il existe peu de projections des incidences des changements climatiques sur la production de denrées alimentaires et de fibres dans cette région. Les effets négatifs sont extrapolés à partir des résultats d'études selon lesquels la production de blé au Kazakhstan et au Pakistan déclinerait d'après certains scénarios. Mais les études sont insuffisantes pour tirer des conclusions fermes sur l'évolution de l'agriculture dans toute la région. Beaucoup de mesures qui permettraient de

lutter contre les problèmes actuels contribueraient aussi à réduire les incidences des changements futurs. Il est possible que la production de denrées alimentaires et de fibres, concentrée sur des terres gérées de manière plus intensive, améliore la fiabilité de la production alimentaire et atténue les incidences néfastes des phénomènes climatiques extrêmes. De profonds changements économiques sont en cours dans les pays de l'ex-Union soviétique, particulièrement dans la gestion et les régimes agricoles. Cette période de transition pourrait être mise à profit pour changer les types de culture et introduire des techniques plus rationnelles d'irrigation, ce qui constituerait des mesures utiles en tout état de cause pour préserver les ressources et compenser les incidences prévues de l'évolution du climat.

Santé : Le degré de confort des populations risque de diminuer en raison des stress créés par la chaleur. Les maladies à transmission vectorielle pourraient se propager davantage. Par ailleurs, la baisse des réserves d'eau et de la production alimentaire auraient des effets indirects sur la santé.

Conclusions : La rareté de l'eau est un facteur contraignant pour les écosystèmes, la production de denrées alimentaires et de fibres, les établissements humains et la santé dans cette région aride du monde. L'évolution du climat devrait modifier le cycle hydrologique mais a peu de chances de réduire les limites imposées par le manque d'eau. Il est possible que les changements climatiques et les activités humaines fassent encore varier le niveau de la mer Caspienne et de la mer d'Aral, ce qui aura une influence sur les écosystèmes associés, l'agriculture et la santé dans les zones environnantes. Il existe des mesures utiles en tout état de cause qui permettraient d'atténuer les pressions actuelles sur les ressources et sur le bien-être des populations tout en réduisant la vulnérabilité face aux incidences néfastes des changements prévus.

6.4 Australasie

L'Australasie comprend l'Australie et la Nouvelle-Zélande ainsi que les îles rattachées à ces deux pays. La région, qui s'étend des tropiques aux latitudes moyennes, présente des climats et des écosystèmes variés, allant des déserts intérieurs aux forêts ombrophiles des montagnes. Le climat est fortement influencé par le milieu océanique et par le phénomène ENSO.

Ecosystèmes : Plusieurs écosystèmes semblent très vulnérables à l'évolution du climat, à long terme tout au moins, en raison de la modification vraisemblable des sols, des végétaux et des écosystèmes et de l'augmentation possible de la fréquence des feux et de la pululation des insectes. De multiples espèces seront en mesure de s'adapter mais, dans certains cas, un appauvrissement de la diversité biologique est hautement probable. Les transformations surviendront dans un paysage déjà morcelé par l'agriculture et par le développement urbain; ils compliqueront les problèmes actuels créés par la dégradation des terres, les plantes adventices et l'infestation d'animaux nuisibles. Les incidences sur les systèmes aquatiques de la variation du débit des rivières, de la fréquence des inondations et des apports de substances nutritives et de sédiments devraient être plus importantes dans les zones les plus sèches. Les écosystèmes côtiers seront touchés par l'élévation du niveau de la mer et la variation possible des conditions météorologiques locales. Les récifs coralliens tropicaux, qui comprennent la Grande Barrière, pourront peut-être s'adapter à la montée du niveau de la mer mais souffriront de blan-

chissement, des périodes d'augmentation de la température de la mer (qui provoquera la mort d'une partie des coraux) et d'autres stress. Les mesures pouvant faciliter l'adaptation comprennent la gestion des grands pâturages, la plantation de long des voies d'eau et les travaux de recherche, de surveillance et de prévision. L'intervention active au niveau de la diversité des espèces sera rarement faisable dans les vastes écosystèmes naturels et peu exploités de la région.

Hydrologie et ressources en eau : La vulnérabilité de ce secteur pourrait être grande. Une baisse de l'apport en eau, surtout dans les grandes zones sujettes à la sécheresse de l'Australie, accentuerait la compétition entre diverses utilisations, notamment l'agriculture et les besoins des écosystèmes des terres humides. Les réserves d'eau douce sur les îles basses sont également menacées. La fréquence accrue des fortes pluies peut faciliter la recharge des nappes souterraines et le remplissage des retenues de barrage, mais elle peut aussi amplifier les conséquences des inondations, des glissements de terrain et de l'érosion, les zones urbaines risquant fortement d'encourir des pertes financières. La réduction du stock neigeux et le raccourcissement de la saison des chutes de neige semblent probables, tout comme la poursuite du retrait des glaciers de la Nouvelle-Zélande. Il existe quelques mesures d'adaptation, mais leur coût serait élevé.

Produits alimentaires et fibres : La vulnérabilité semble basse, au moins dans les prochaines décennies (peut-être une sensibilité élevée alliée à une adaptabilité élevée). L'agriculture pourrait être adaptée et l'on devrait observer une hausse de la production dans certains cas. Toutefois, il est possible que la vulnérabilité augmente à long terme, notamment dans les parties plus chaudes et plus sèches de l'Australie. En effet, les avantages immédiats que présente pour certaines cultures l'accroissement des concentrations de CO₂ dans l'atmosphère pourraient être peu à peu érodés puis annulés par les effets ultérieurs de l'évolution du climat (variation des températures et des précipitations). Les incidences seront très variables d'un secteur et d'une culture à l'autre. On observera des changements dans la croissance et la qualité des cultures et des pâturages, un déplacement des zones propices à certaines cultures et peut-être une aggravation des problèmes liés aux plantes et animaux nuisibles et aux maladies. L'élevage en pâturages et l'agriculture irriguée seront particulièrement touchés par la variation de la pluviosité. Les transformations de la production alimentaire qui surviendront dans le reste du monde, et qui influenceront sur les prix, devraient avoir de fortes répercussions économiques dans la région. En ce qui concerne les forêts, l'allongement du temps nécessaire avant l'exploitation augmente sensiblement les risques de pertes financières imputables à des phénomènes extrêmes, au feu ou à toute variation rapide des conditions climatiques locales.

Zones côtières : Une partie des côtes de la région ainsi que les établissements et les équipements d'infrastructure en rapide expansion sur le littoral seraient durement touchés par l'augmentation des inondations et de l'érosion que provoqueraient l'élévation du niveau de la mer et les changements météorologiques. En bordure du détroit de Torrès et dans les îles du Pacifique rattachées à la Nouvelle-Zélande, les communautés autochtones seraient particulièrement menacées. De nombreuses mesures d'adaptation peuvent être envisagées mais elles seraient difficiles à mettre en œuvre dans les îles basses. En outre, les cadres de planification actuels de la gestion des côtes ne tiennent généralement pas compte de l'évolution du climat et de l'élévation du niveau de la mer.

Etablissements humains : Outre la vulnérabilité de l'hydrologie et des zones côtières, diverses incidences des changements climatiques sur la qualité de l'air, le drainage, l'élimination des déchets, l'exploitation minière, le transport, l'assurance et le tourisme créent des risques modérés. Dans l'ensemble, ces effets devraient être limités par rapport à d'autres facteurs économiques mais ils pourraient bien entraîner des coûts substantiels pour les grands secteurs industriels.

Santé : On note certains signes de vulnérabilité, les risques étant sans doute plus grands pour les communautés autochtones et pour les plus démunis. On s'attend à une augmentation de la mortalité imputable à la chaleur, des maladies à transmission vectorielles comme la dengue, des maladies associées à la qualité de l'eau et à l'élimination des eaux d'égout, et des problèmes respiratoires liés à la pollution urbaine. Ces effets, qui restent faibles par rapport au fardeau total de la mauvaise santé, pourraient avoir des conséquences et des coûts considérables pour la société.

Conclusions : En raison de sa latitude relativement basse, l'Australie est très vulnérable face aux incidences de l'évolution du climat sur ses maigres ressources en eau et sur ses cultures déjà exposées à des températures proches des valeurs optimales ou supérieures à celles-ci. Aux latitudes moyennes, la Nouvelle-Zélande, plus fraîche et plus humide, pourrait bénéficier de la mise en place rapide de cultures adaptées et de l'augmentation probable de la production agricole. Dans les deux pays, cependant, la vulnérabilité d'une grande variété de domaines est moyenne ou modérée, notamment celle des écosystèmes, de l'hydrologie, des zones côtières, des établissements humains et de la santé.

6.5 Europe

L'Europe forme la partie ouest du continent eurasiatique. Elle est limitée à l'est par la chaîne de l'Oural, par le fleuve du même nom et par une partie de la mer Caspienne. La proximité du Gulf Stream, relativement chaud, et la circulation atmosphérique propre au continent contribuent à la grande variabilité spatio-temporelle des températures et des précipitations. Au sud de la grande ligne de partage des eaux que constituent les Alpes, le climat est de type méditerranéen.

Ecosystèmes : Les écosystèmes naturels sont généralement morcelés, perturbés et limités aux sols pauvres, ce qui les rend plus sensibles à l'évolution du climat. Les prairies méditerranéennes et boréales risquent de se déplacer en réaction à la variation de la quantité et de la répartition saisonnière des précipitations. Il est probable que la limite nord des forêts en Fennoscandie et en Russie remonte vers les régions de toundra, réduisant par le fait même l'étendue de la toundra, des tourbières ombrotrophes et du pergélisol. La survie de plusieurs espèces et types de forêts pourrait être menacée par le déplacement des zones climatiques, qui se ferait à un rythme plus rapide que celui des migrations. Les écosystèmes et espèces de haute altitude sont particulièrement fragiles car ils n'ont pas d'endroits vers lesquels migrer. La hausse des températures, conjuguée à une baisse de l'humidité des sols, réduirait énormément la formation de tourbe dans les tourbières de Fennoscandie et du Nord de la Russie. Le dégel du pergélisol se traduirait par un abaissement des nappes phréatiques dans certains endroits et par la montée du niveau des lacs thermokarstiques dans d'autres, transformant ainsi les types d'écosystèmes dans les terres humides. La diversité des espèces de poissons d'eau douce pourrait s'accroître du fait de l'adoucissement du

climat, surtout aux latitudes moyennes et hautes, mais on risque d'observer une diminution initiale de la diversité dans les régions tempérées froides et boréales. Les écosystèmes de l'Europe méridionale souffriraient avant tout de la baisse de la pluviosité et donc de l'aggravation de la rareté de l'eau.

Hydrologie et ressources en eau : Dans la plus grande partie de l'Europe, l'élévation des températures survenue au cours de ce siècle a été plus forte que la moyenne mondiale et les précipitations ont été plus importantes dans la partie nord et moins abondantes dans la partie sud. Selon les projections du climat futur, sans tenir compte de l'effet des aérosols, la pluviosité pourrait augmenter aux hautes latitudes, tandis que les résultats sont mitigés dans le reste de l'Europe. Les incertitudes concernant l'évolution des précipitations tiennent surtout à l'effet des aérosols.

Il est possible que les réserves d'eau soient modifiées par l'augmentation éventuelle de la fréquence des inondations dans le Nord et le Nord-Ouest et par les périodes de sécheresse dans le Sud. Beaucoup de plaines d'inondation de l'Europe de l'Ouest sont déjà surpeuplées, ce qui rend difficile l'ajout de systèmes de protection efficaces. De nombreux cours d'eau sont gravement pollués; le réchauffement climatique pourrait détériorer davantage la qualité de l'eau, surtout si le ruissellement est réduit. La consommation d'eau serait accrue pendant les étés, plus chauds, mais l'augmentation prévue pour l'irrigation serait compensée, en partie au moins, par le meilleur rendement d'utilisation de l'eau de certaines cultures grâce à l'effet fertilisant du CO₂.

Les variations attendues concernant la neige et la glace auront de profondes répercussions sur les cours d'eau et les rivières d'Europe. Jusqu'à 95 % des glaciers alpins pourraient disparaître d'ici 2100, avec tous les effets prévisibles sur le régime d'écoulement des eaux et, par voie de conséquence, sur l'apport d'eau en été, la navigation, la production hydro-électrique, etc. Dans certains secteurs, le tourisme d'hiver en souffrirait également.

Les modes de gestion de l'eau sont en partie déterminés par la législation en vigueur et par la coopération entre divers organismes gouvernementaux, à l'échelle nationale et internationale. Les changements attendus dans l'offre et la demande exigeraient de reconsidérer les dispositions légales et la coopération établies dans ce domaine.

Produits alimentaires et fibres : Les risques de gel seraient moins grands dans les climats doux, ce qui permettrait d'étendre la culture des céréales et d'autres espèces d'hiver vers d'autres parties de l'Europe, par exemple le Sud de la Fennoscandie et l'Ouest de la Russie. On prévoit une augmentation du rendement des cultures d'hiver, notamment en Europe centrale et méridionale, sous réserve que la pluviosité et l'irrigation soient suffisantes et que le rendement d'utilisation de l'eau augmente parallèlement à la concentration de CO₂ dans l'atmosphère. La hausse des températures printanières élargirait les zones propices à la plupart des cultures d'été. Le rendement de ces dernières pourrait croître dans la partie centrale et orientale, tandis qu'une baisse est possible dans l'Ouest. La réduction de la pluviosité en Europe méridionale ferait diminuer le rendement des cultures et accentuerait la compétition entre l'irrigation et l'usage domestique et industriel de l'eau. Outre le rendement potentiel des cultures, l'adaptation du monde agricole, les politiques agraires et les marchés mondiaux détermineront en partie les conséquences économiques de l'évolution du climat sur ce secteur.

Zones côtières : Les zones côtières présentent une importance écologique et économique. Les activités et les établissements humains ont réduit leur capacité de réagir et de s'adapter à la variabilité et à l'évolution du climat ainsi qu'à l'élévation du niveau de la mer. Certaines zones se trouvent déjà sous le niveau de la mer et beaucoup d'autres sont exposées aux ondes de tempête. Les secteurs les plus à risque comprennent le littoral néerlandais, allemand, ukrainien et russe, certains deltas de la Méditerranée et la bordure de la mer Baltique. Les ondes de tempête et la modification des précipitations, de la vitesse et de la direction des vents inquiètent les spécialistes de la planification côtière. Dans la plupart des cas, il est possible de limiter les répercussions socio-économiques par des investissements relativement modestes. Il n'en va pas de même pour plusieurs zones urbaines établies sur des basses terres vulnérables aux ondes de tempête, ni pour les écosystèmes (notamment les terres humides côtières) qui risquent d'être encore plus perturbés par les mesures de protection.

Etablissements humains : On prévoit une variation de l'offre et de la demande d'eau de refroidissement. La consommation d'énergie pourrait s'accroître en été (refroidissement) et baisser en hiver (chauffage) et les pointes de consommation devraient se déplacer. Les équipements d'infrastructure, bâtiments et villes conçus pour un climat frais devront être adaptés au réchauffement et surtout aux vagues de chaleur pour conserver leurs fonctions actuelles. Dans les zones où les précipitations augmentent ou s'intensifient, les glissements de terrain et les inondations fluviales constituent des risques supplémentaires.

Santé : La mortalité imputable à la chaleur serait plus importante en cas de réchauffement mondial, tendance qui risque d'être aggravée par la détérioration de la qualité de l'air en milieu urbain; au contraire, on enregistrerait moins de décès dus au froid. Les maladies à transmission vectorielle s'étendraient. Des mesures de santé publique pourraient atténuer considérablement ces incidences.

Conclusions : On doit s'attendre à de profondes modifications même si les capacités d'adaptation dans les systèmes aménagés de nombreuses parties de l'Europe sont relativement importantes. Les principales incidences devraient être imputables au changement de fréquence des phénomènes extrêmes et des précipitations, provoquant plus de sécheresses dans certaines zones et plus d'inondations fluviales ailleurs. Les effets se feront surtout sentir dans l'agriculture et d'autres activités qui dépendent de l'eau. Les forêts boréales et le pergélisol devraient subir d'importants changements. Les écosystèmes sont particulièrement vulnérables étant donné la rapidité prévue de l'évolution du climat et les restrictions quant aux possibilités de migration.

6.6 Amérique latine

Cette région regroupe tous les pays continentaux, du Mexique jusqu'au Chili et en Argentine, ainsi que les mers adjacentes. Elle est très hétérogène sur le plan du climat, des écosystèmes, de la répartition de la population et des traditions culturelles. Plusieurs pays d'Amérique latine (surtout ceux de l'isthme centraméricain, ainsi que l'Equateur, le Brésil, le Pérou, la Bolivie, le Chili et l'Argentine) sont gravement touchés par les répercussions socio-économiques de la variabilité saisonnière à interannuelle du climat, notamment par le phénomène ENSO. Le gros de la production repose sur les vastes

écosystèmes naturels de la région, et les conséquences de la variabilité actuelle du climat sur les ressources naturelles donnent à penser que les incidences des changements futurs seront suffisantes pour justifier leur prise en compte dans les activités de planification à l'échelle nationale et régionale. L'utilisation des terres est un facteur déterminant dans l'évolution présente des écosystèmes, en interaction avec le climat par des mécanismes complexes. Du fait de ce paramètre, il est très difficile de définir des formes communes de vulnérabilité face à l'évolution du climat.

Ecosystèmes : Les changements climatiques prévus devraient avoir des répercussions sur les grandes zones de forêts et de pâturages, les écosystèmes de montagne et les zones de transition entre types de végétation étant considérés comme extrêmement vulnérables. Ces changements pourraient aussi aggraver les effets néfastes du déboisement ininterrompu de la forêt ombrophile amazonienne. On peut craindre dans ce cas un appauvrissement de la diversité biologique, une diminution de la pluviosité et du ruissellement à l'intérieur et au-delà du bassin de l'Amazonie (moins de précipitations recyclées par évapotranspiration) et une modification de l'ensemble du cycle du carbone.

Hydrologie et ressources en eau : L'évolution du climat risque d'avoir des effets majeurs sur le cycle hydrologique, en modifiant l'intensité et la répartition spatio-temporelle des précipitations, l'écoulement de surface et la recharge des nappes souterraines, avec diverses incidences sur les écosystèmes naturels et les activités humaines. Les zones arides et semi-arides sont particulièrement vulnérables à une baisse des ressources en eau. La production hydro-électrique, céréalière et animale est très vulnérable à la variation de l'apport en eau, surtout au Costa Rica, au Panama et dans le piémont andin, ainsi que dans les zones adjacentes du Chili et de l'Argentine occidentale entre 25° S et 37° S. Les répercussions sur les ressources en eau pourraient être suffisantes pour créer des conflits entre les utilisateurs, les régions et les pays.

Produits alimentaires et fibres : On prévoit une baisse de la production de plusieurs grandes cultures au Mexique, dans les pays de l'isthme centraméricain, au Brésil, au Chili, en Argentine et en Uruguay et ce, même en tenant compte des effets bénéfiques d'une plus forte concentration de CO₂ sur la croissance des végétaux et d'une adaptation modérée au niveau des exploitations agricoles. De plus, la production de bétail diminuerait si les prairies tempérées souffraient d'une réduction sensible de l'apport en eau. Les phénomènes extrêmes (inondations, sécheresses, gel, tempêtes, etc.) risquent de porter atteinte aux vastes pâturages et à la production agricole (par exemple la culture bananière en Amérique centrale). Les moyens d'existence des peuples traditionnels, dont beaucoup de communautés des Andes, seraient menacés si la productivité ou la superficie des pâturages ou des cultures traditionnelles était réduite.

Zones côtières : On peut craindre la disparition d'une partie des terres littorales et de la diversité biologique (récifs coralliens, écosystèmes de mangroves, zones humides des estuaires, mammifères et oiseaux marins, etc.), la dégradation des équipements d'infrastructure et l'ingression d'eau salée, suite à l'élévation du niveau de la mer, dans les basses côtes et les estuaires des pays de l'isthme centraméricain, du Venezuela, de l'Argentine et de l'Uruguay. En empêchant le déversement des cours d'eau des basses plaines dans l'océan, l'élévation du niveau de la mer pourrait accentuer les risques

d'inondation dans les bassins hydrographiques (par exemple dans les pampas argentines).

Etablissements humains : L'évolution du climat aurait un certain nombre d'effets directs et indirects sur le bien-être, la santé et la sécurité des habitants d'Amérique latine. Elle pourrait aggraver les incidences directes de l'élévation du niveau de la mer, du mauvais temps et des conditions climatiques extrêmes (inondations, crues soudaines, tempêtes de vent, glissements de terrain, vagues de froid et de chaleur, etc.) ainsi que les incidences indirectes de ces phénomènes, par ses répercussions sur d'autres secteurs tels que les réserves d'eau, la production de denrées alimentaires, le transport, la distribution d'énergie et les services sanitaires. Les populations qui vivent dans des bidonvilles à proximité des mégapoles sont particulièrement menacées, surtout lorsque ceux-ci sont établis dans des zones sujettes aux inondations ou sur le flanc instable de collines.

Santé : Les changements climatiques prévus pourraient accroître les conséquences déjà graves de la malnutrition chronique et des maladies chez certaines populations. La zone géographique des maladies à transmission vectorielle (paludisme, dengue, maladie de Chagas, etc.) et des maladies infectieuses (choléra, etc.) s'étendrait vers le sud et en altitude en cas d'augmentation des températures et de la pluviosité. La pollution et la forte concentration d'ozone en surface, aggravées par l'élévation des températures superficielles, risqueraient de porter atteinte à la santé et au bien-être des populations, surtout en milieu urbain.

Conclusions : La poursuite de la dégradation de l'environnement (variation des réserves d'eau, perte de terres agricoles, inondation des zones côtières, des rives des cours d'eau et des basses plaines) imputable à la variabilité du climat, aux changements climatiques et aux régimes d'utilisation des sols accentuerait les problèmes socio-économiques et sanitaires, encouragerait la migration des populations rurales et côtières et attiserait les conflits nationaux et internationaux.

6.7 Amérique du Nord

Cette région comprend le Canada et les Etats-Unis, au sud du cercle polaire arctique. La vulnérabilité face à l'évolution du climat et les incidences probables sont très variables d'un secteur à l'autre et d'une sous-région à l'autre. Il est important de garder à l'esprit cette "structure" pour bien comprendre les effets potentiels de l'évolution du climat en Amérique du Nord et pour formuler et mettre en place des stratégies de parade efficaces.

Écosystèmes : La sensibilité de la plupart des écosystèmes aux changements climatiques est moyenne à forte. Les incidences devraient avoir des aspects bénéfiques et des aspects néfastes. Parmi les conséquences prévisibles, mentionnons le déplacement vers le nord des forêts et d'autres types de végétation, ce qui influencerait sur la diversité biologique en modifiant les habitats et réduirait la part des biens et services commerciaux et non commerciaux qu'ils produisent, une diminution de la densité des forêts et des zones boisées dans certaines sous-régions mais une augmentation ailleurs, une fréquence et une gravité plus grandes des feux de forêt, l'expansion des espèces de terres arides dans le Grand Bassin, l'assèchement des terres humides des cuvettes des prairies qui abritent actuellement plus de 50 % de tous les oiseaux aquatiques de l'Amérique du Nord et, le changement de la répartition des habitats des poissons d'eau froide, fraîche et chaude. La possibilité d'adopter des pratiques de

gestion visant à atténuer les dommages potentiels serait sans doute faible dans le cas des écosystèmes qui ne sont pas déjà aménagés de manière intensive.

Hydrologie et ressources en eau : Le volume et la qualité de l'eau sont très sensibles à l'évolution du climat. Les effets éventuels comprendraient l'augmentation du ruissellement en hiver et au printemps et une diminution de l'humidité des sols et de l'écoulement en été. Les grandes plaines et les prairies sont particulièrement vulnérables. Les hausses prévues de la fréquence des fortes précipitations et des inondations graves pourraient s'accompagner d'un allongement des périodes de temps sec entre les précipitations et de périodes de sécheresse plus fréquente ou plus longues dans certaines parties de l'Amérique du Nord. La qualité de l'eau pourrait varier et baisserait là où les débits fluviaux minimums diminueraient. Les mesures d'adaptation sont nombreuses mais leurs coûts et des obstacles éventuels pourraient limiter leur mise en œuvre.

Produits alimentaires et fibres : En Amérique du Nord, la productivité des cultures est moyennement à fortement sensible à l'évolution du climat. Toutefois, la plupart des études n'ont pas suffisamment considéré les effets des changements prévus dans la variabilité du climat, les réserves d'eau, les agressions par les animaux nuisibles, les maladies et les feux, ou les interactions avec d'autres stress. Selon les scénarios de réchauffement maximum du climat (plus 4 à 5 °C en Amérique du Nord), les incidences seraient négatives dans l'Est, le Sud-Est et le Corn Belt et positives dans les plaines du Nord et dans l'Ouest. Un réchauffement moins important aurait des effets essentiellement bénéfiques sur certaines cultures de saison chaude. La vulnérabilité de l'exploitation forestière n'est pas certaine mais devrait être inférieure à celle des systèmes moins intensément exploités, en raison de l'évolution des techniques et des méthodes de gestion. On estime que la vulnérabilité de la production de denrées alimentaires et de fibres est basse à l'échelle du continent, même si les pertes ou les gains risquent de varier d'une sous-région à l'autre. La capacité d'adaptation risque d'être restreinte par le manque d'information, les obstacles institutionnels, les coûts économiques, sociaux et environnementaux élevés et la rapidité des changements climatiques.

Zones côtières : Depuis des milliers d'années, le niveau de la mer s'élève le long de la plus grande partie de la côte nord-américaine et s'abaisse à quelques endroits. Le siècle prochain, une élévation de 50 cm due uniquement à l'évolution du climat pourrait provoquer l'inondation de 8500 à 19 000 km² de terre ferme, étendre de 23 000 km² la plaine d'inondation exposée aux crues centennales et éliminer jusqu'à 50 % des zones humides côtières. L'élévation du niveau de la mer imputable à la seule évolution du climat est sans doute inférieure au changement total qui surviendrait le long du littoral est et de la côte du golfe du Mexique en raison d'autres facteurs. Dans de nombreux endroits, les terres humides et les plages des estuaires risquent d'être coincées entre la montée des eaux et les digues ou les murs longitudinaux construits pour protéger les établissements humains. Plusieurs administrations locales adoptent des règlements d'occupation des sols qui permettront aux écosystèmes côtiers de migrer vers l'intérieur des terres. L'ingression d'eau salée pourrait réduire les réserves d'eau dans plusieurs zones.

Etablissements humains : L'évolution du climat pourrait avoir des incidences positives et négatives sur les coûts d'exploitation et d'entretien des moyens de transport terrestres et maritimes. Il est égale-

ment possible que les biens, la santé et la vie des populations soient davantage menacés par suite d'une exposition accrue aux dangers naturels (feux de forêts, glissements de terrain et phénomènes climatiques extrêmes) et que la consommation d'énergie augmente pour le refroidissement et diminue pour le chauffage, les effets globaux nets variant selon la zone géographique.

Santé : Le climat peut avoir sur la santé de vastes effets potentiellement néfastes par des voies directes (répercussions des vagues de chaleur, des phénomènes climatiques ou des conditions météorologiques extrêmes, par exemple) et par des voies indirectes (vecteurs de maladies, agents infectieux, substances toxiques présentes dans l'environnement ou le milieu de travail, production alimentaire, etc.). Aux hautes latitudes, on prévoit certaines modifications du régime alimentaire imposées par le déplacement des courants migrateurs et la variation de l'abondance des sources alimentaires locales.

Conclusions : Prises une à une, les incidences de l'évolution du climat ne devraient pas excéder les capacités de réaction d'une sous-région ou d'un secteur. Toutefois, comme elles sont censées survenir simultanément et de concert avec d'autres changements dans la population, la technologie, l'économie, le contexte social et l'environnement, il devient difficile d'évaluer les impacts et de choisir les meilleurs modes d'adaptation. Etant donné les caractéristiques de ces sous-régions et secteurs, il est probable que ni les incidences de l'évolution du climat ni les stratégies de parade ne seront uniformes en Amérique du Nord.

De nombreux systèmes sont moyennement à fortement sensibles aux changements climatiques et de graves dommages potentiels sont souvent à craindre. On détient la plupart du temps les moyens techniques d'adapter les modes de gestion de manière à atténuer ou à éviter ces dommages. Pourtant, la capacité d'adaptation pourrait être limitée par le coût des mesures à prendre, le manque d'incitatifs susceptibles de favoriser la protection des systèmes naturels publics par le secteur privé, l'insuffisance d'informations sur les changements futurs et sur les mesures d'adaptation possibles, ainsi que par les obstacles d'ordre institutionnel. Les secteurs et sous-régions les plus vulnérables comprennent les très anciens écosystèmes forestiers naturels de l'Est et du Centre-Ouest, les ressources en eau dans les plaines du Sud, l'agriculture dans les plaines du Sud-Est et du Sud, la santé dans les zones urbaines où la qualité de l'air est déjà amoindrie, les écosystèmes et les habitats du Nord, les plages des estuaires dans les zones aménagées, et les pêches en eau fraîche et froide aux basses latitudes. D'autres secteurs et sous-régions pourraient bénéficier de nouvelles possibilités créées par le réchauffement du climat ou, éventuellement, par l'effet fertilisant du CO₂: forêts de conifères de la côte ouest, certains grands pâturages de l'Ouest, baisse des coûts énergétiques du chauffage aux latitudes septentrionales, réduction des coûts d'épandage du chlorure de sodium et de déneigement, allongement de la période d'eaux libres pour les voies navigables et ports du Nord, et agriculture aux latitudes boréales, dans le Centre-Ouest et sur la côte ouest.

6.8 Petits Etats insulaires

A l'exception de Malte et de Chypre, en Méditerranée, tous les Etats étudiés ici sont situés dans la zone tropicale. Un tiers environ de ces Etats sont formés d'une seule grande île, les autres étant composés

de plusieurs ou de multiples îles. Les atolls et les îles basses sont particulièrement vulnérables face à l'évolution du climat et à l'élévation du niveau de la mer parce que, bien souvent, la majeure partie de la superficie émergée se trouve à moins de 3 ou 4 m du niveau actuel de la mer (par exemple aux Bahamas, à Kiribati, aux Maldives ou aux Marshall). Beaucoup d'îles aux terres plus élevées sont également vulnérables, surtout dans leurs zones côtières où sont presque toujours concentrés les établissements humains et l'infrastructure essentielle pour l'économie.

Ecosystèmes : La hausse des températures ne devrait pas avoir de graves incidences mais certains écosystèmes vitaux, les récifs coralliens par exemple, sont très sensibles aux fluctuations de température. Même si certains récifs pourront supporter la vitesse prévue d'élévation du niveau de la mer, plusieurs espèces de corail sont déjà exposées à des températures proches de leur limite de tolérance dans bien des zones des tropiques (mer des Caraïbes, océan Pacifique, etc.) : L'augmentation de la température de l'eau de mer (au-delà des maxima saisonniers) peut gravement affecter les coraux par blanchissement, nuire à leur reproduction et accroître la mortalité. Les mangroves devraient s'adapter plus ou moins bien selon les espèces et selon les conditions locales (présence ou non de milieux macrotidaux riches en sédiments, ou d'eau douce capable de maintenir l'équilibre de salinité, etc.). De plus, on peut craindre que la capacité naturelle des mangroves de s'adapter et de migrer vers l'intérieur des terres ne soit réduite du fait de la disparition de terres littorales et de la présence d'infrastructure sur les zones côtières. Sur certaines îles, les écosystèmes sont déjà soumis à des stress d'origine anthropique (par exemple la pollution) qui risquent de les menacer tout autant que l'évolution du climat. Les changements prévus viendront s'y ajouter et compromettent à long terme la viabilité de ces écosystèmes tropicaux.

Hydrologie et ressources en eau : Nombre de petits Etats insulaires souffrent d'un manque d'eau douce qui les rend fortement dépendants de l'eau de pluie. La variation de la configuration des précipitations risque de poser de graves problèmes à ces nations.

Zones côtières : L'élévation du niveau de la mer accélérerait l'érosion et engloberait certaines zones côtières de nombreuses petites îles. On estime que dans l'atoll de Majuro (îles Marshall) et à Kiribati, respectivement 80 % et 12,5 % des terres seraient vulnérables en cas d'une élévation de 1 m du niveau de la mer. En général, la réduction de la sédimentation devrait nuire à l'équilibre sédimentaire des plages. Sur les terres élevées, toutefois, l'augmentation des apports solides des cours d'eau contribuerait à compenser la perte de sable au niveau des récifs. La conséquence directe de l'élévation du niveau de la mer serait d'exposer davantage les atolls et les îles basses à l'ingression d'eau de mer, aux inondations et à la salinisation des sols et des lentilles d'eau douce.

Etablissements humains et infrastructures : Dans plusieurs îles, les équipements d'infrastructure vitaux et les zones de forte concentration de la population risquent d'être menacés en raison de leur situation au niveau ou près du niveau actuel de la mer et de leur emplacement à proximité des côtes (souvent à 1 ou 2 km, par exemple à Kiribati, à Tuvalu, aux Maldives et aux Bahamas). En outre, les études de vulnérabilité indiquent que le coût de protection de l'infrastructure et du littoral pourrait être très lourd pour certains petits Etats insulaires.

Santé : L'évolution du climat devrait aggraver l'incidence des maladies liées à la chaleur, du choléra, de la dengue, des affections biotoxiques et d'autres problèmes médicaux, ce qui exercerait des contraintes supplémentaires sur les systèmes de santé déjà très insuffisants de la plupart des petites îles.

Tourisme : C'est la principale activité économique dans de nombreux petits Etats insulaires de la mer des Caraïbes, de l'océan Pacifique et de l'océan Indien. En 1995, le tourisme génère respectivement 69 %, 53 % et 50 % du PIB d'Antigua, des Bahamas et des Maldives. Ce secteur permet aussi une entrée importante de devises étrangères dans des pays souvent très dépendants des importations de produits alimentaires, de carburant et de divers autres biens et services de base. Ces recettes en devises étrangères représentaient plus de la moitié des revenus totaux de certains pays en 1995. L'évolution du climat et l'élévation du niveau de la mer nuiraient au tourisme directement et indirectement; la disparition des plages sous l'effet de l'érosion et des inondations, la salinisation des aquifères d'eau douce, la détérioration des écosystèmes côtiers, la dégradation de l'infrastructure par les tempêtes tropicales et extratropicales et, globalement, la perte des attraits touristiques menaceraient la viabilité et la durabilité à long terme de cette importante industrie dans de nombreux Etats.

Conclusions : Une approche totalement intégrée est nécessaire pour évaluer la vulnérabilité des petits Etats insulaires face à l'évolution du climat. L'action croisée de plusieurs paramètres biophysiques (taille, élévation des terres, isolement relatif, etc.) et des particularités économiques et socioculturelles des îles détermine en fin de compte la vulnérabilité de ces Etats. De plus, certaines îles sont soumises périodiquement à des phénomènes indépendants du climat (par exemple tremblements de Terre, éruptions volcaniques, tsunamis) dont il faut tenir compte pour estimer précisément la vulnérabilité d'ensemble. Il faut également prendre en considération la valeur des biens et services non marchands (tels les actifs de subsistance, la structure sociale, les connaissances et le savoir-faire traditionnels) qui peuvent également être menacés par les changements climatiques. Dans certaines cultures, ce patrimoine est tout aussi important que les biens et services marchands.

Vu l'incertitude qui entache l'évolution du climat, il est possible que les Etats insulaires hésitent à adopter des mesures d'adaptation, d'autant que certaines pourraient être coûteuses et exiger une modification des habitudes de comportement et des normes sociales. En principe, les politiques et programmes de développement qui visent une utilisation durable des ressources et qui permettraient de réagir efficacement à l'évolution du climat et à d'autres changements seraient bénéfiques pour les petits Etats insulaires, même dans l'éventualité où le climat ne serait pas modifié.

Les petits Etats insulaires sont extrêmement vulnérables face à l'évolution du climat et à l'élévation du niveau de la mer à l'échelle du globe. Il existe en théorie toute une gamme de stratégies d'adaptation. Sur les îles basses et sur les atolls, la migration vers l'intérieur des terres n'est pas possible. Il faudrait, dans quelques cas extrêmes, envisager le déplacement des populations hors des frontières nationales.

6.9 Asie tempérée

L'Asie tempérée comprend les pays asiatiques situés entre le 18^e parallèle nord et le cercle polaire arctique, ce qui inclut les îles japonaises, la péninsule de Corée, la Mongolie, la majeure partie de la

Chine et la Sibérie. Elle s'étend d'est en ouest sur 8000 km environ et du nord au sud sur quelque 5000 km. Les sous-régions sont de type aride/semi-aride, moussonique et sibérien.

Ecosystèmes : Même si l'agriculture intensive a dans une large mesure remplacé les forêts de climat tempéré, l'évolution du climat mondial serait sans doute suffisante pour modifier la structure des étendues forestières restantes. La nature et l'ampleur de ces modifications dépendraient des changements liés aux réserves d'eau et au rendement d'utilisation de l'eau. La variation des températures et des pluies dans les grands pâturages tempérés pourrait décaler les saisons de végétation et déplacer les limites entre les zones de prairie, de forêt et de végétation arbustive. Selon certains modèles, en cas de doublement du CO₂, on observerait une baisse considérable de la superficie (jusqu'à 50 %) et de la productivité des forêts boréales (surtout en Fédération de Russie), accompagnée d'une forte expansion des prairies et des formations arbustives. La zone de toundra accuserait également une diminution de superficie pouvant atteindre 50 %, allant avec un dégagement de méthane par les profonds dépôts de tourbe, et les émissions de CO₂ seraient en hausse (moins de 25 %).

Hydrologie et ressources en eau : La plupart des simulations effectuées à partir d'un scénario d'équilibre avec doublement du CO₂ prévoient une baisse générale des apports d'eau, sauf dans quelques bassins hydrographiques. L'adoucissement des hivers pourrait altérer les bilans hydriques car la consommation d'eau est plus forte au printemps et en été. Dans les conditions de climat à l'équilibre, avec un doublement des concentrations équivalentes de CO₂, il est possible que la masse des glaciers alpins diminue de 25 % d'ici 2050. Au départ, le ruissellement provenant des glaciers d'Asie centrale devrait tripler d'ici 2050, puis se stabiliser aux deux tiers de sa valeur actuelle d'ici 2100. Les résultats des modélisations suggèrent que, dans la Chine du Nord, le ruissellement est très vulnérable aux changements climatiques, principalement à cause de la variation des précipitations au printemps, en été et en automne, surtout pendant la saison de crue. Une gestion plus efficace des ressources en eau est sans doute la meilleure solution pour équilibrer l'offre et la demande au Japon. Dans les autres parties de l'Asie tempérée, l'aménagement des ressources en eau continuera d'être important; la principale question est de savoir comment adapter la conception des nouveaux ouvrages de manière à tenir compte des incertitudes entourant l'évolution du climat. Les incertitudes les plus cruciales sont dues au manque de prévisions plausibles concernant les effets du changement mondial sur la mousson d'Asie ou sur le phénomène ENSO, qui influent tous deux beaucoup sur l'écoulement fluvial. Il faudra à l'avenir procéder à des études d'impact multi-stress sur les ressources en eau dans les bassins fluviaux internationaux.

Produits alimentaires et fibres : Les prévisions climatiques reposant sur différents MCG donnent des résultats très variables en ce qui concerne le rendement futur des cultures. En Chine, par exemple, les changements attendus d'ici 2050 vont de -78 à +15 % pour le riz, de -21 à +55 % pour le blé et de -19 à +5 % pour le maïs, selon les régions et les scénarios. Une amélioration de la productivité est possible, si l'on tient compte des effets positifs du CO₂ sur la croissance des végétaux, mais son amplitude reste incertaine. Le déplacement vers le nord des zones de culture devrait accroître la productivité dans le nord de la Sibérie mais réduire (d'environ 25 %) la production céréalière dans le sud-ouest de cette région, à cause du climat plus aride. L'aquaculture est très importante en Asie tempérée et l'on

pourrait voir s'étendre la culture d'espèces d'eau chaude. En raison de l'élévation des températures, il faudra prêter davantage attention aux risques d'épuisement de l'oxygène, de mortalité piscicole et d'introduction d'espèces indésirables, ainsi qu'à plusieurs facteurs potentiellement néfastes tels que des changements dans les modes de reproduction établis, dans les voies de migration et dans les relations liées aux écosystèmes.

Zones côtières : L'élévation du niveau de la mer aggravera les importants problèmes actuels de subsidence d'origine tectonique et anthropique dans les deltas. L'ingression d'eau de mer serait également accentuée. Une élévation de 1 m menacerait plusieurs zones côtières (par exemple le littoral japonais, sur lequel est implantée 50 % de l'infrastructure industrielle : Tokyo, Osaka, Nagoya, etc.); par ailleurs, 90 % à peu près des rives sablonneuses restantes au Japon pourraient disparaître.

Santé : Les mortalités et les maladies imputables à la chaleur (essentiellement d'ordre cardiorespiratoire) devraient plus que doubler d'ici 2050 à cause de la fréquence et de la gravité accrues des vagues de chaleur dans les conditions climatiques prévues par un MCG d'état transitoire (GFDL X2, UKMO X6). Par suite de l'évolution du climat, l'expansion géographique nette (en altitude et en latitude) des organismes vecteurs de maladies infectieuses (moustiques du paludisme, hôtes intermédiaires des schistosomes) et la modification du cycle biologique des vecteurs et des parasites infectieux favoriseraient, dans l'ensemble, la propagation de nombreuses maladies à transmission vectorielle. En ce qui concerne les maladies à transmission non vectorielle (choléra, salmonellose et autres infections liées à la nourriture et à l'eau), une augmentation pourrait survenir à cause des incidences du climat sur la distribution de l'eau, la température et la prolifération des micro-organismes. La surveillance des maladies pourrait être renforcée et intégrée à d'autres activités de surveillance de l'environnement de manière à établir des systèmes de dépistage précoce, à organiser des interventions sanitaires rapides, écologiquement rationnelles, et à formuler des politiques sociales anticipées visant à atténuer les risques d'apparition et de propagation ultérieure des épidémies.

Conclusions : Les incidences majeures de l'évolution du climat mondial en Asie tempérée seraient le déplacement massif des forêts boréales, la disparition d'une bonne partie des glaciers alpins et la pénurie d'eau. L'incertitude importante que comportent ces estimations provient du manque de prévisions plausibles concernant le cycle hydrologique, à partir des scénarios utilisés. Les effets de l'évolution du climat sur la mousson d'Asie et sur le phénomène ENSO font partie des éléments les plus hypothétiques dans la modélisation du cycle hydrologique. Les prévisions touchant le rendement des cultures sont très variables, en partie à cause de l'incertitude liée au cycle hydrologique, mais aussi à cause des effets positifs éventuels du CO₂ et des méthodes de production. L'élévation du niveau de la mer menace les plages sablonneuses des zones côtières mais reste un problème d'origine anthropique dans les deltas. On a besoin d'études d'impact intégrées qui combinent plusieurs facteurs de stress.

6.10 Asie tropicale

Cette région présente une géographie physique très variée et une grande richesse du point de vue de la diversité biologique naturelle et agricole. La population, estimée à 1,6 milliard de personnes, de-

vrait atteindre 2,4 milliards en 2025. Elle est surtout rurale même si, en 1995, six des 25 plus grandes villes du monde étaient établies dans cette région. Le climat est marqué par des conditions atmosphériques saisonnières associées aux deux moussons et à des cyclones tropicaux dans les trois grandes zones de cyclogenèse (le golfe du Bengale, le Pacifique Nord et la mer de Chine méridionale). Les changements climatiques viendront s'ajouter à d'autres agressions telles que l'urbanisation, l'industrialisation et le développement économique accélérés qui contribuent à l'exploitation non durable des ressources naturelles, à l'augmentation de la pollution, à la détérioration des terres et à d'autres problèmes écologiques.

Ecosystèmes : On prévoit la montée substantielle des écosystèmes dans les régions montagneuses et les hautes terres. Aux altitudes élevées, les espèces adventices risquent de déplacer les espèces arbustives, même si la transformation de la végétation pourrait être plus lente que l'évolution du climat et limitée par une érosion accrue dans le Grand Himalaya. Les changements attendus dans la répartition et la santé des forêts ombrophiles et des forêts de mousson plus sèches seront complexes. En Thaïlande, par exemple, la superficie occupée par les forêts tropicales au sein de la couverture forestière totale pourrait passer de 45 à 80 %, tandis qu'au Sri Lanka, un recul notable des forêts du type méditerranéen et une extension des forêts humides sont possibles. L'augmentation de l'évapotranspiration et de la variabilité de la pluviosité devrait avoir des répercussions préjudiciables sur la viabilité des terres humides d'eau douce, entraînant leur amenuisement et leur assèchement. L'élévation du niveau de la mer et la hausse des températures de la mer en surface sont les stress majeurs que l'évolution du climat a le plus de probabilité de produire sur les écosystèmes côtiers. Les récifs coralliens pourront peut-être s'adapter à l'élévation du niveau de la mer mais souffriront du blanchissement provoqué par la montée des températures. La migration des mangroves et des zones humides de marée vers l'intérieur des terres serait limitée par l'infrastructure et les activités humaines.

Hydrologie et ressources en eau : La chaîne himalayenne est déterminante pour l'apport d'eau dans l'Asie continentale des moussons. L'augmentation des températures et de la variabilité saisonnière des précipitations risque d'accélérer le recul des glaciers et d'accroître les risques d'inondations provoquées par la débâcle de lacs glaciaires. La baisse de l'écoulement moyen des cours d'eau alimentés par la neige, alliée à une augmentation des débits de pointe et de la charge solide, aurait des répercussions graves sur la production hydro-électrique, l'approvisionnement en eau des villes et l'agriculture. Les réserves d'eau provenant de ces rivières pourraient monter à court terme mais baisser à long terme. Le ruissellement associé aux cours d'eau alimentés par les précipitations risque de se modifier. La diminution du volume d'eau provenant de la fonte des neiges aggraverait les problèmes de débit en saison sèche que l'on observe actuellement dans ces cours d'eau. Les pressions exercées sur les ressources en eau seront plus intenses en raison de l'accroissement démographique et de la hausse de la demande dans les secteurs agricole, industriel et hydro-électrique. Ce sont les bassins hydrographiques les plus secs et ceux dont le débit est sujet à des baisses saisonnières qui seront soumis aux stress les plus accentués. Les modifications hydrologiques devraient être plus faibles dans les bassins versants des îles et des côtes qu'à l'intérieur du continent, à l'exception toutefois des transformations provoquées par l'élévation du niveau de la mer.

Produits alimentaires et fibres : De nombreuses études ont démontré la sensibilité des grandes cultures céréalières et arbustives à des changements de température, d'humidité et de teneur en CO₂ de l'ampleur de ceux prévus dans la région. Ainsi, les effets sur le rendement des cultures de riz, de blé et de sorgho laissent supposer qu'une hausse de production due à l'effet fertilisant du CO₂ serait largement annulée par la diminution du rendement imputable à la modification des températures et de l'humidité. L'évolution du climat pourrait avoir des conséquences majeures sur le rendement, la production, l'entreposage et la distribution des cultures, mais l'effet net dans l'ensemble de la région est incertain à cause de plusieurs facteurs : différences dans les variétés cultivées, différences sous-régionales dans la saison de végétation, la gestion des cultures, etc., simulations au moyen de modèles qui ne tiennent pas compte des maladies, des animaux nuisibles et des micro-organismes éventuellement présents, et exposition des zones agricoles à des phénomènes climatiques épisodiques (inondations, sécheresses, cyclones, etc.). Les plus vulnérables sont les populations rurales à faible revenu qui pratiquent une agriculture traditionnelle sur des terres peu productives.

Zones côtières : L'élévation du niveau de la mer, à laquelle sont très vulnérables les terres littorales, est la conséquence la plus évidente des changements climatiques. Les plaines côtières densément peuplées et exploitées, les îles et les deltas sont particulièrement fragiles face à l'érosion et au recul des terres, aux inondations fluviales et maritimes, à la remontée de la ligne de séparation eau salée/eau douce et à l'ingression d'eau de mer dans les lentilles d'eau douce. Les zones les plus menacées sont les grandes régions des deltas du Bangladesh, du Myanmar, du Viet Nam et de la Thaïlande ainsi que les basses terres de l'Indonésie, des Philippines et de la Malaisie. Les répercussions socio-économiques pourraient frapper les grandes villes et les ports importants, les lieux de villégiature, la pêche artisanale et industrielle, l'agriculture côtière et les équipements d'infrastructure. Les études internationales prévoient le déplacement de plusieurs millions d'habitants des zones côtières de la région advenant une élévation du niveau de la mer de 1 m. Le coût des mesures de parade pourrait être exorbitant.

Santé : Certaines maladies à transmission vectorielle devraient être plus fréquentes et plus répandues géographiquement sous l'effet du réchauffement mondial. Le paludisme, la schistosomiase et la dengue, causes importantes de mortalité et de morbidité en Asie tropicale, sont très sensibles aux conditions atmosphériques et risquent de s'étendre en bordure des zones endémiques actuelles. Les nouvelles populations touchées présenteraient au départ un taux plus élevé de mortalité. D'après une étude des effets du climat sur les maladies infectieuses dans les régions à risque actuelles, reposant sur un éventail de scénarios MCG, on doit craindre une hausse du potentiel épidémique de 12 à 27 % pour le paludisme et de 31 à 47 % pour la dengue et une baisse de 11 à 17 % pour la schistosomiase. L'incidence des maladies infectieuses d'origine hydrique ou liées à l'eau, déjà responsables de la plupart des épidémies dans la région, devrait également augmenter puisque la hausse des températures et de l'humidité s'ajoutera aux conditions actuelles et à l'accroissement démographique, à l'urbanisation, à la détérioration de la qualité de l'eau et à d'autres tendances.

Conclusions : Tous les effets potentiels directs examinés ici, concernant les réserves d'eau, les rendements des cultures et l'inondation

des zones côtières, auront aussi des répercussions indirectes sur la sécurité alimentaire et sur la santé. Les stratégies d'adaptation conviendront plus ou moins bien aux divers milieux climatiques selon les sous-régions et les régimes d'utilisation des sols. Elles comprennent la culture de variétés résistant mieux aux températures élevées et à certains animaux nuisibles, l'emploi de nouvelles techniques pour atténuer les baisses de rendement, l'amélioration de l'efficacité de l'irrigation et la mise en place d'une gestion intégrée des bassins hydrographiques et des zones côtières qui prennent en considération les problèmes actuels et futurs à long terme, dont l'évolution du climat.

7. Recherches à entreprendre

Les écarts et insuffisances révélés dans ce rapport spécial nous amènent à proposer certains travaux prioritaires qui aideront les décideurs dans leur tâche délicate :

- Recueil de données de référence plus complètes sur les conditions climatiques et socio-économiques.
- Amélioration des scénarios, concernant notamment les précipitations, les phénomènes extrêmes, les effets des aérosols sulfatés et les changements à l'échelle régionale.
- Elargissement de la compréhension des effets écologiques et physiologiques de la hausse des concentrations de CO₂, en tenant compte de divers paramètres (compétition et migration des espèces, sol et substances nutritives, acclimatation) et en différenciant les rendements des cultures selon qu'il s'agit de racines, de tiges ou de feuilles.
- Création de modèles dynamiques du climat, des phénomènes biosphériques et d'autres facteurs socio-économiques afin de prendre en considération l'aspect évolutif et progressif des changements mondiaux.
- Evaluation des impacts selon un éventail de scénarios et d'hypothèses visant à apprécier les risques, surtout dans les régions composées essentiellement de pays en développement et de petits Etats insulaires, domaine qui a souffert jusqu'à présent d'un manque de ressources pour les recherches et les évaluations.
- Analyse des mesures d'adaptation envisageables, y compris la mise au point de nouvelles technologies et la possibilité d'adapter les techniques actuelles à de nouveaux contextes.
- Réalisation d'évaluations intégrées et intersectorielles, de l'évolution du climat aux coûts économiques et autres, à l'échelle nationale et régionale, en incluant les adaptations et les autres changements socio-économiques.

Auteurs/Contributeurs

Robert T. Watson (Etats-Unis d'Amérique), Marufu C. Zinyowera (Zimbabwe), Richard H. Moss (Etats-Unis d'Amérique), Reid E. Basher (Nouvelle-Zélande), Martin Beniston (Suisse), Osvaldo E. Canziani (Argentine), Sandra M. Diaz (Argentine), David J. Dokken (Etats-Unis d'Amérique), John T. Everett (Etats-Unis d'Amérique), B. Blair Fitzharris (Nouvelle-Zélande), Habiba Gitay (Australie), Bubu P. Jallow (Gambie), Murari Lal (Inde), R. Shakespeare Maya (Zimbabwe), Roger F. McLean (Australie), M.Q. Mirza (Bangladesh), Ron Neilson (Etats-Unis d'Amérique), Ian R. Noble (Australie), Leonard A. Nurse (Barbade), H.W.O. Okoth-Ogendo (Kenya), A. Barrie Pittock (Australie), David S. Shriner (Etats-Unis d'Amérique), S.K. Sinha (Inde), Roger B. Street (Canada), Su Jilan (Chine), Avelino G. Suarez (Cuba), Richard S.J. Tol (Pays-Bas), Laura Van Wie McGrory (Etats-Unis d'Amérique), Masatoshi Yoshino (Japon).

LISTE DES PUBLICATIONS DU 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).

V. RAPPORT SPÉCIAL DU GIEC, 1996

Révision 1996 des lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre (3 volumes), 1996.

VI. DOCUMENTS TECHNIQUES DU GIEC

Techniques, politiques et mesures d'atténuation des changements climatiques — Document technique 1 du GIEC.

(également en anglais et espagnol)

Introduction aux modèles climatiques simples employés dans le Deuxième rapport d'évaluation du GIEC — Document technique 2 du GIEC.

(également en anglais et espagnol)

Stabilisation de gaz atmosphériques à effet de serre : conséquences physiques, biologiques et socio-économiques — Document technique 3 du GIEC.

(également en anglais et espagnol)

Incidences des propositions de limitation des émissions de CO₂ — Document technique 4 du GIEC.

(également en anglais et espagnol)

VII. RAPPORT SPÉCIAL DU GIEC, 1997

Incidences de l'évolution du climat dans les régions : Evaluation de la vulnérabilité (avec résumé à l'intention des décideurs)

Rapport spécial du Groupe de travail II du GIEC, 1997.