Changements climatiques 2001 : Rapport de synthèse

Changements climatiques 2001 : Rapport de synthèse constitue le quatrième volume du Troisième rapport d'évaluation du GIEC, et comprend le Document de synthèse, les Résumés à l'intention des décideurs et les Résumés techniques des volumes des trois Groupes de travail du GIEC, ainsi que des pièces annexes.

Les évaluations du GIEC visent à apporter des réponses à des questions générales telles que :

- Le climat de la terre a-t-il changé à la suite d'activités humaines ?
- Quelles sont les prévisions en matière de changements climatiques ?
- Quelle est la vulnérabilité de l'agriculture, des ressources en eau, des écosystèmes, de l'infrastructure côtière et de la santé humaine face à divers degrés de changements du climat et d'élévation du niveau de la mer ?
- Quel est le potentiel technique, économique et commercial des options d'adaptation aux changements climatiques ou de réduction des émissions de gaz à effets climatiques ?

Changements climatiques 2001 : Rapport de synthèse constitue une synthèse et une intégration pertinentes mais non prescriptives au plan politique des informations contenues dans le Troisième rapport d'évaluation, et s'inspire également de tous les rapports du GIEC précédemment approuvés et acceptés, qui examinent un large éventail de questions clés pertinentes au plan politique. En conséquence, il pourra être particulièrement utile aux décideurs et aux chercheurs, et servir de manuel d'études principal ou auxiliaire pour l'enseignement des sciences de l'environnement, la météorologie, la climatologie, la biologie, l'écologie et la chimie de l'atmosphère.

Changements climatiques 2001 : Rapport de synthèse

Édité par

Robert T. Watson
Banque Mondiale

Et
l'Equipe de rédaction principale

Equipe de rédaction principale
Daniel L. Albritton, Terry Barker, Igor A. Bashmakov, Osvaldo Canziani, Renate Christ, Ulrich Cubasch, Ogunlade Davidson, Habiba Gitay, David Griggs, Kirsten Halsnaes, John Houghton, Joanna House, Zbigniew Kundzewicz, Murari Lal, Neil Leary, Christopher Magadza, James J. McCarthy, John F.B. Mitchell, Jose Roberto Moreira, Mohan Munasinghe, Ian Noble, Rajendra Pachauri, Barrie Pittock, Michael Prather, Richard G. Richels, John B. Robinson, Jayant Sathaye, Stephen Schneider, Robert Scholes, Thomas Stocker, Narasimhan Sundararaman, Rob Swart, Tomihiro Taniguchi, et D. Zhou

Tous auteurs du GIEC

Equipe rédactionnelle
David J. Dokken, Maria Noguer, Paul van der Linden, Cathy Johnson, Jiahua Pan, et le Studio de conception du GRID–Arendal

Contribution des Groupes de travail I, II, et III au Troisième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat

Crédits image de couverture

Centre : La Terre – représentée pour une projection centrée sur l'Asie – telle qu'elle est vue par le spectroradiomètre à résolution modérée (MODIS) à bord du satellite Système d'observation de la terre (EOS – Terra) de la National Aeronautics and Space Administration (NASA). Données de la surface de la terre composées spatialement à 1 km et temporellement en mai et juin 2001 ; couche de nuages obtenue avec EOS–Terra, GOES 8/10, GMS–5, et données de détection Meteosat 5/7 ; glace marine composée sur une période de huit jours à l'aide de données MODIS ; et données topographiques du U.S. Geological Survey recouvertes pour visualiser le terrain. Image par Reto Stöckli, Science Systems and Applications, Inc., et le Visualization and Analysis Laboratory du Goddard Space Flight Center de la NASA.

Droite : Le delta de la Lena, République de Sakha (Yakoutie), Russie, représenté à partir de deux observations de Landsat–7 effectuées le 27 juillet 2000, à midi. Généré par la Norwegian Mapping Authority et GRID–Arendal, avec une palette obtenue par canaux infrarouges afin de donner des « couleurs naturelles » aux éléments du paysage.

Inférieur gauche : « Chutes d'eau » (Thaïlande). Photo fournie par Topham/PNUE/Waranun Chutchawantipakorn.

Supérieur droit : « A la recherche de l'eau » (Inde). Photo fournie par Topham/PNUE/P.K. De.

Changements climatiques 2001 : Rapport de synthèse

Table des matières

Avant-propos — VII

Préface — IX

Résumé à l'intention des décideurs — 1

Document de synthèse — 39
- Question 1 — 41
- Question 2 — 47
- Question 3 — 63
- Question 4 — 85
- Question 5 — 95
- Question 6 — 107
- Question 7 — 117
- Question 8 — 137
- Question 9 — 151

Résumés des Groupes de travail
- Groupe de travail I : Base scientifique — x-1
- Groupe de travail II : Incidences, adaptation, et vulnérabilité — y-1
- Groupe de travail III : Atténuation — z-1

Pièces annexes — 163
- A. Auteurs et réviseurs experts — 164
- B. Glossaire — 173
- C. Acronymes, abréviations, et unités — 198
- D. Questions scientifiques, techniques et socio-économiques choisies par le Groupe — 202
- E. Liste des principaux rapports publiés par le GIEC — 204

Avant-propos

Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), créé conjointement par l'Organisation météorologique mondiale (OMM) et le Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE) a pour fonction :

- d'évaluer les informations disponibles portant sur la science, les incidences et les aspects économiques des changements climatiques, ainsi que les possibilités d'adaptation aux changements climatiques et les moyens d'atténuer leurs effets.
- de fournir, sur demande, des conseils scientifiques, techniques et socio-économiques à la Conférence des Parties (COP) à la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC).

Depuis sa création, le GIEC a publié des Rapports d'évaluation (1990, 1995, et 2001), de Rapports spéciaux, des Documents techniques et des Méthodologies, telles que les Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, qui sont à présent des ouvrages de référence faisant autorité, fréquemment utilisés par les décideurs, les scientifiques, les experts et les étudiants.

Le présent Document de synthèse complète le Troisième rapport d'évaluation en quatre volumes (TRE). Il examine spécifiquement les questions préoccupantes pour les décideurs dans le contexte de l'Article 2 de la CCNUCC – à savoir comment les activités humaines ont influé et influeront sur le climat mondial, les incidences des changements climatiques sur les écosystèmes et les systèmes socio-économiques, et les capacités techniques et institutionnelles actuelles et futures pour faire face aux changements climatiques anthropiques.
Il examine brièvement les aspects communs à plusieurs conventions multilatérales sur l'environnement et s'inspire des travaux de centaines d'experts internationaux qui ont participé et qui continuent de participer au processus du GIEC. Comme toujours au sein du GIEC, la publication de ce rapport est due principalement à la volonté sans faille, à l'enthousiasme et à la coopération de ces experts dans des domaines différents mais connexes.

Nous tenons à exprimer notre sincère gratitude aux auteurs et réviseurs de tous les rapports et documents techniques du GIEC, en particulier du TRE. Nous remercions également les membres du Bureau du GIEC ; le Dr. Sundararaman, Secrétaire du GIEC, et le personnel de son Secrétariat ; ainsi que le personnel des Services d'appui technique des trois Groupes de travail. Nous exprimons nos remerciements aux gouvernements et organisations qui contribuent au Fonds d'affectation spéciale du GIEC, et apportent leur appui aux experts et dans d'autres domaines. Le GIEC se félicite de la contribution à ses travaux d'un grand nombre d'experts des pays en développement et des pays aux économies en transition ; et apprécie l'aide financière apportée par le Fonds d'affectation spéciale qui a facilité leur participation aux réunions du GIEC.

Nous tenons à remercier le Président du GIEC, le Dr. Robert T. Watson, pour sa conduite éclairée de la publication du TRE.

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

K. Töpfer
Directeur exécutif
Programme des Nations unies pour l'environnement
et Directeur général
Office des Nations unies à Nairobi

Préface

Le présent Document de synthèse, et son Résumé à l'intention des décideurs, est la quatrième et dernière partie du Troisième rapport d'évaluation (TRE) du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). Il réunit et intègre à l'intention des décideurs et autres intervenants, et en réponse à des questions identifiées par des gouvernements et approuvées ultérieurement par le GIEC, les informations approuvées et/ou acceptées par le GIEC[i]. Il a pour but d'aider les gouvernements, individuellement et collectivement, à formuler des réponses d'adaptation et d'atténuation appropriées face aux risques liés aux changements climatiques anthropiques.

Le Document de synthèse est fondé principalement sur les travaux des trois Groupes de travail du GIEC du TRE, mais utilise également des informations contenues dans des évaluations antérieures du GIEC, des rapports spéciaux et des documents techniques. Il se présente sous forme de questions et réponses, et comprend deux parties : un Résumé à l'intention des décideurs et un document plus long contenant des réponses plus détaillées à chaque question posée par les gouvernements. Le Résumé à l'intention des décideurs contient des références renvoyant aux paragraphes pertinents du document principal, et ce dernier contient des références à la documentation source utilisée pour les réponses – à savoir, les Résumés à l'intention des décideurs et les chapitres des rapports des Groupes de travail au TRE précédemment approuvés et acceptés, ainsi que les rapports et documents techniques antérieurs du GIEC (voir l'encadré annexe pour la nomenclature des renvois).

Les procédures d'approbation du Résumé à l'intention des décideurs et d'adoption de l'ensemble du Document de synthèse ont été adoptées officiellement par le GIEC lors de sa XVe session (San José, Costa Rica, 15–18 avril 1999). Un groupe d'auteurs principaux, qui ont participé à la préparation du TRE, a préparé une version préliminaire du Document de synthèse et de son Résumé à l'intention des décideurs, version qui a été ensuite révisée simultanément par des autorités gouvernementales et des experts techniques. Au terme de cette révision, les versions ont été communiquées aux autorités gouvernementales avant approbation/adoption à la XVIIIe session du GIEC (Wembley, Royaume-Uni, 24–29 septembre 2001).

Le Document de synthèse consiste en neuf questions pertinentes au plan politique :

- La Question 1 concerne l'objectif ultime de la Conférence-cadre des Nations unies sur les changements climatiques, défini dans l'Article 2 (à savoir, ce qui constitue une « perturbation anthropique dangereuse du système climatique ») et fournit un cadre permettant de situer la question des changements climatiques dans le contexte du développement durable.
- La Question 2 évalue, et dans la mesure du possible, attribue les changements observés au niveau du climat et des écosystèmes depuis l'époque préindustrielle.
- Les Questions 3 et 4 évaluent les incidences des futures émissions de gaz à effet de serre et des précurseurs aux aérosols sulfatés (sans mesures spécifiques d'atténuation des changements climatiques) sur le climat, y compris les changements de la variabilité et des phénomènes extrêmes et les changements affectant les systèmes écologiques et socio-économiques.
- La Question 5 examine l'inertie dans les systèmes climatiques et écologiques, et les secteurs socio-économiques, et les conséquences sur l'atténuation et l'adaptation.
- La Question 6 évalue les conséquences à court et long terme de la stabilisation des concentrations atmosphériques de gaz à effet de serre sur le climat, les écosystèmes et les secteurs socio-économiques.
- La Question 7 évalue les technologies, les politiques et les coûts des mesures à court et long terme visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre.
- La Question 8 identifie les interactions entre les changements climatiques, d'autres problèmes environnementaux, et le développement.
- La Question 9 résume les conclusions les plus robustes et les incertitudes clés.

Nous tenons à remercier :

- L'Équipe de rédaction principale qui a rédigé la version préliminaire du présent document, et qui l'a finalisé avec un soin et une minutie extrêmes ;
- Les autres membres du Bureau du GIEC pour leurs rôles de rédacteurs réviseurs ;
- Les membres des équipes de Coordinateurs principaux et Auteurs principaux des Groupes de travail pour leur aide en ce qui concerne la version préliminaire ;
- Les Chefs et le personnel des Services d'appui technique des trois Groupes de travail, en particulier David Dokken, Maria Noguer, et Paul van der Linden pour leur appui en matière de logistique et d'édition ;
- Le Directeur et le personnel du GRID à Arendal, Norvège – en particulier Philippe Rekacewicz – pour leur travail en collaboration avec l'équipe d'auteurs sur les éléments graphiques du Document de synthèse ;
- Le personnel du Secrétariat du GIEC pour les innombrables tâches administratives accomplies.

Le Document de synthèse, et son Résumé à l'intention des décideurs, sont publiés ici en un seul volume, avec les Résumés

[i] Voir *Procédures pour la préparation, révision, approbation, acceptation, adoption et publication des rapports du GIEC* sur le site http://www.ipcc.ch pour obtenir des descriptions des termes.

à l'intention des décideurs et les Résumés techniques des Groupes de travail du TRE, ainsi qu'un glossaire complet cumulatif. Le Document de synthèse est également disponible dans les autres langues officielles du GIEC – anglais, arabe, chinois, espagnol et russe. Le Document de synthèse est également disponible sous forme de publication individuelle, de même que les Résumés à l'intention des décideurs, les Résumés techniques, et les glossaires des rapports des Groupes de travail respectifs. Le texte complet, en anglais, des quatre volumes constituant le Troisième Rapport d'évaluation a été publié sous forme imprimée et sous forme numérique, avec versions interrogeables disponibles sur CD-ROM et sur le site http://www.ipcc.ch.

R.T. Watson
Président du GIEC

N. Sundararaman
Secrétaire du GIEC

Evaluations du GIEC citées dans le Document de synthèse

Qx.x	*Paragraphe pertinent dans le Document de synthèse sous-jacent*
GTI TRE	*Contribution du Groupe de travail I au Troisième rapport d'évaluation*
GTII TRE	*Contribution du Groupe de travail II au Troisième rapport d'évaluation*
GTIII TRE	*Contribution du Groupe de travail III au Troisième rapport d'évaluation*
RSSE	*Rapport spécial sur les scénarios d'émissions*
RSUTCATF	*Rapport spécial sur l'utilisation des terres, les changements d'affectation des terres et foresterie*
RSTT	*Rapport spécial sur les questions méthodologiques et technologiques dans le transfert de technologies*
RSAAP	*Rapport spécial sur l'aviation et l'atmosphère planétaire*
DG DED	*Document guide sur le développement, l'équité et la durabilité*
DT4 GIEC	*Document technique sur les incidences des propositions de limitation des émissions de CO_2*
DT3 GIEC	*Document technique sur la stabilisation de gaz atmosphériques à effet de serre : conséquences physiques, biologiques et socio-économiques*
GTII DRE	*Contribution du Groupe de travail II au Deuxième rapport d'évaluation*

RID	Résumé à l'intention des décideurs
RT	Résumé technique
RE	Résumé exécutif
DG	Document guide
DT	Document technique

Changements climatiques 2001: Rapport de synthèse

Résumé à l'intention des décideurs

Évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat

Ce résumé, intégralement approuvé à la XVIIIe session du GIEC (Wembley, Royaume-Uni, 24-29 septembre 2001), représente la déclaration préalablement agréée par le GIEC sur les déouvertes essentielles et les incertitudes des Contributions des Groupes de travail au Troisième rapport d'évaluation.

Établi à partir d'un projet élaboré par :

Robert T. Watson, Daniel L. Albriton, Terry Barker, Igor A. Bashmakov, Osvaldo Canziani, Renate Christ, Ulrich Cusbach, Ogunlade Davidson, Habiba Gitay, David Griggs, Kirsten Halsanaes, John Houghton, Joanna House, Zbigniew Kundzewicz, Murari Lai, Neil Leary, Christopher Magadza, James J. McCarthy, John F.B. Mitchell, Jose Roberto Moreira, Mohan Munasinghe, Ian Noble, Rajendra Pachauri, Barrie Pittock, Michael Prather, Richard G. Richels, John B. Robinson, Jayant Sathaye, Stephen Schneider, Robert Scholes, Thomas Stocker, Narasimhan Sundararaman, Rob Swart, Tomihiro Taniguchi, D. Zhou, et un grand nombre d'auteurs et réviseurs du GIEC.

Introduction

Conformément à une décision prise lors de sa XIIIe session (Maldives, 22 et 25–28 septembre 1997) et à des décisions ultérieures, le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) a décidé :

- d'inclure un Rapport de synthèse dans son Troisième rapport d'évaluation
- que ce Rapport de synthèse constituerait une synthèse et une intégration, pertinentes mais non prescriptives au plan politique, de l'information contenue dans le Troisième rapport d'évaluation et s'inspirerait également de tous les rapports du GIEC précédemment approuvés et acceptés qui examinent un large éventail de questions clés pertinentes, mais non prescriptives au plan politique
- que les questions seraient développées en collaboration avec la Conférence des Parties (COP) à la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC).

Les neuf questions suivantes sont basées sur des soumissions gouvernementales et ont été approuvées par le GIEC lors de sa XVe session (San José, Costa Rica, 15–18 avril 1999).

Question 1

Q1

Comment les analyses scientifiques, techniques et socio-économiques peuvent-elles contribuer à déterminer ce qui constitue une perturbation anthropique dangereuse du système climatique, telle qu'elle est définie dans l'Article 2 de la Convention-cadre sur les changements climatiques ?

Les sciences naturelles, techniques et sociales peuvent fournir des données et des preuves indispensables à la définition de ce qui constitue « une perturbation anthropique dangereuse du système climatique ». Mais cette définition est un jugement subjectif établi à partir de processus socio-politiques et qui prend en compte des facteurs tels que le développement, l'équité et la durabilité, ainsi que les incertitudes et les risques.

Q1.1

La détermination de ce qui constitue « une perturbation anthropique dangereuse du système climatique » repose sur une base qui variera selon les régions – en fonction de la nature locale et des conséquences des incidences des changements climatiques, ainsi que de la capacité d'adaptation à ces changements – et qui dépend de la capacité d'atténuation, étant donnée l'importance de l'ampleur et du rythme des changements. En l'absence de modèles universels, il est important d'évaluer la solidité des mesures politiques par rapport à divers scénarios de mondes futurs, et les possibilités d'intégration de ces politiques propres au climat dans des politiques de développement durable plus générales.

Q1.2

Le Troisième rapport d'évaluation (TRE) fournit aux décideurs une évaluation des nouvelles données scientifiques et des preuves susceptibles de les aider à déterminer ce qui constitue une « perturbation anthropique dangereuse du système climatique ». D'une part, il fournit de nouvelles prévisions sur les futures concentrations atmosphériques de gaz à effet de serre, les profils des changements mondiaux et régionaux, le rythme des variations des températures, des précipitations, du niveau de la mer, et la modification des phénomènes climatiques extrêmes. Il examine également les risques de changements abrupts et irréversibles en ce qui concerne la circulation océanique et les inlandsis. D'autre part, il évalue les effets biophysiques et socio-économiques des changements climatiques, en ce qui concerne les risques pour des systèmes uniques et menacés, les risques associés aux phénomènes climatiques extrêmes, la distribution des incidences, les incidences mondiales et les risques de phénomènes à grande échelle et à effets importants. Enfin, il évalue les possibilités d'obtention d'une large fourchette de niveaux de concentrations atmosphériques

Q1.3–6

de gaz à effet de serre grâce à des mesures d'atténuation et à une information sur la contribution de l'adaptation à la réduction de la vulnérabilité.

Une vision mondiale des changements climatiques prend en compte les forces dynamiques présentes dans le cycle de causes et effets interdépendants pour tous les secteurs concernés (voir Figure RID–1). Le TRE fournit de nouvelles informations et preuves pertinentes au plan politique pour tous les secteurs représentés à la Figure RID–1. L'exploration de nouvelles voies de développement et des émissions connexes de gaz à effet de serre a constitué une nouvelle contribution importante du *Rapport spécial sur les scénarios d'émissions* (RSSE), et le TRE a évalué des travaux préliminaires sur les liens entre l'adaptation, l'atténuation et les voies de développement. Mais, en raison du caractère incomplet des connaissances, cette évaluation n'intègre pas la totalité des changements climatiques.

Q1.7

La prise de décisions concernant les changements climatiques est fondamentalement un processus séquentiel soumis à des incertitudes générales. Le processus décisionnel doit tenir compte d'un certain nombre d'incertitudes, notamment le

Q1.8

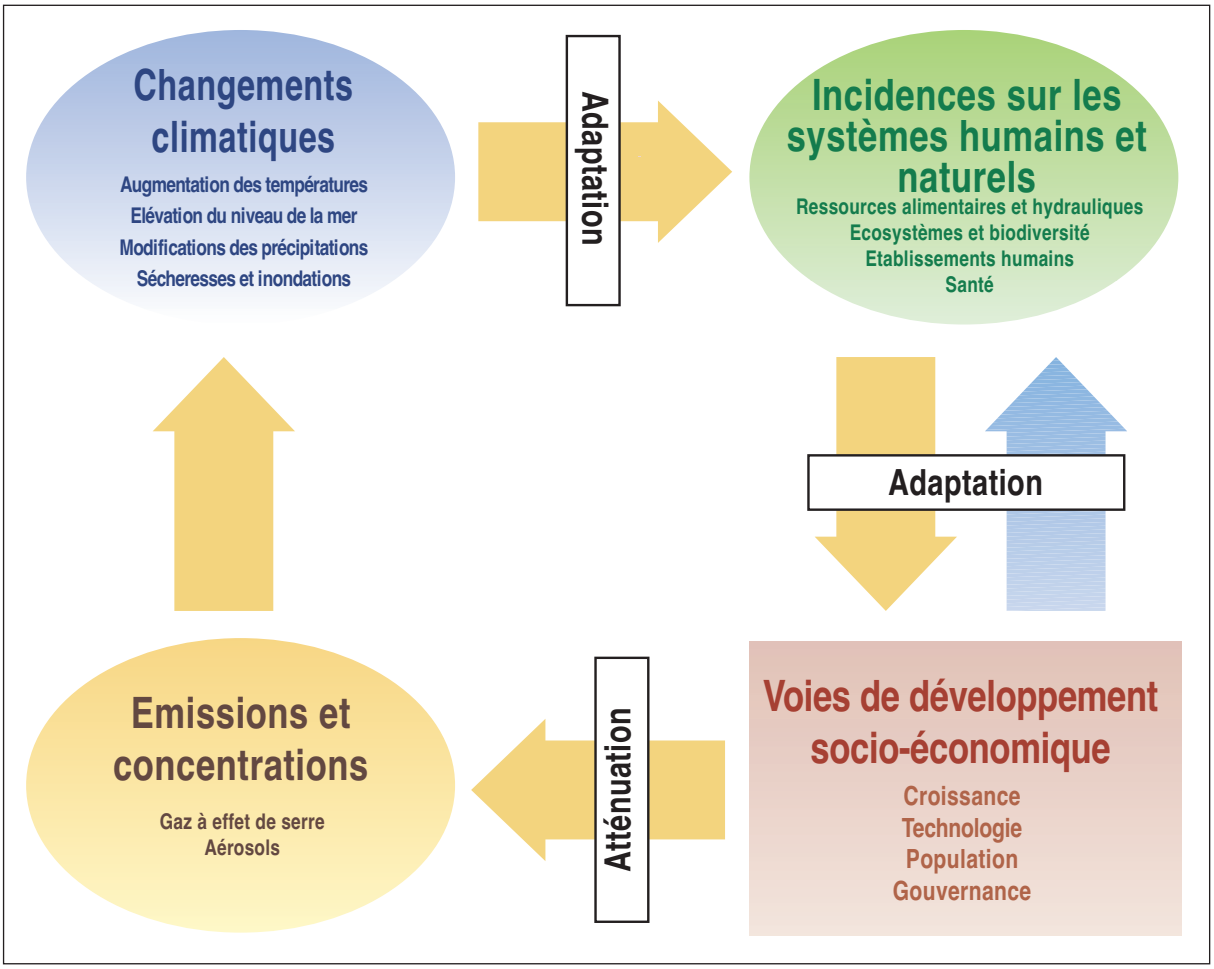


Figure RID–1 : Changements climatiques — un cadre intégré. Représentation schématique et simplifiée d'un cadre d'évaluation intégré pour l'étude des changements climatiques anthropiques. Les flèches jaunes indiquent le cycle de causes et effets dans les quatre secteurs représentés, et les flèches bleues indiquent la réponse sociétale aux effets des changements climatiques. Pour une description plus complète de ce cadre, voir la légende de la Figure 1–1.

Q1 Figure 1–1

risque de changements non linéaires et/ou irréversibles, et doit équilibrer les risques de mesures insuffisantes ou excessives, et examiner attentivement les conséquences (environnementales et économiques), leur probabilité et l'attitude de la société vis-à-vis des risques.

La question de l'évolution du climat s'inscrit dans le problème plus large du développement durable. Par conséquent, les politiques sur le climat peuvent être plus efficaces lorsqu'elles sont constamment intégrées dans des stratégies plus larges ayant pour objectif des voies de développement national et régional plus durables. En effet, les conséquences de la variabilité et des changements climatiques, les réponses politiques en matière de climat, et le développement socio-économique connexe influeront sur la capacité des pays à atteindre des objectifs de développement durable. Réciproquement, la poursuite de ces objectifs influera sur les possibilités de politiques en matière de climat et sur leur succès. En particulier, les caractéristiques socio-économiques et technologiques des diverses voies de développement auront des effets considérables sur les émissions, le rythme et l'ampleur des changements climatiques, leurs incidences, et la capacité d'adaptation et d'atténuation.

Q1.9–10

Le TRE évalue les informations disponibles sur l'échelonnement dans le temps, les opportunités, les coûts, les bénéfices et les effets de diverses options d'atténuation et d'adaptation. Il indique l'existence d'opportunités qui permettraient aux pays, individuellement et conjointement, de réduire les coûts d'atténuation et d'adaptation et d'obtenir des bénéfices associés à un développement durable.

Q1.11

Question 2

Q2

Quelles sont les preuves, les causes et les conséquences des changements climatiques mondiaux depuis l'époque préindustrielle ?

(a) Le climat de la terre a-t-il évolué depuis l'époque préindustrielle à l'échelle régionale et/ou mondiale ? Auquel cas, quel est le pourcentage des changements observés attribuable aux activités humaines et quel est le pourcentage attribuable aux phénomènes naturels ? Sur quoi repose cette attribution ?

(b) Que sait-on des conséquences environnementales, sociales et économiques des changements climatiques depuis l'époque préindustrielle, et plus particulièrement au cours des cinquante dernières années ?

De toute évidence, le climat de la terre a évolué à l'échelle régionale et mondiale depuis l'époque préindustrielle, et certains aspects de cette évolution sont imputables aux activités humaines.

Q2.2

Depuis l'époque préindustrielle, les activités humaines ont augmenté les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère. Au cours des années 1990, les concentrations atmosphériques des principaux gaz à effet de serre anthropiques (à savoir, le dioxyde de carbone (CO_2), le méthane (CH_4), l'oxyde nitreux (N_2O) et l'ozone troposphérique (O_3) ont atteint leurs niveaux les plus hauts jamais enregistrés, principalement en raison de la combustion des combustibles fossiles, de l'agriculture et des changements d'affectation des terres (voir Tableau RID–1). Le forçage radiatif dû aux gaz à effet de serre anthropiques est positif, avec une petite fourchette d'incertitude ; celui des effets directs des aérosols est négatif et plus réduit ; et le forçage négatif dû aux effets indirects des aérosols sur les nuages, qui est peut être important, est mal quantifié.

Q2.4–5

Un nombre croissant d'observations dépeint partout un monde toujours plus chaud et d'autres modifications du système climatique (voir Tableau RID–1).

Q2.6

A l'échelle mondiale, très probablement, les années 1990 auront été la décennie la plus chaude, et 1988 l'année la plus chaude jamais mesurée (1861–2000) (voir Encadré RID–1). L'augmentation de la température à la surface au cours du XXe siècle dans l'hémisphère Nord a été probablement plus importante qu'au cours de tout autre siècle du dernier millénaire (voir Tableau RID–1). Les données antérieures à 1860 pour l'hémisphère Sud sont insuffisantes pour permettre de comparer le réchauffement récent avec les changements survenus

Q2.7

Tableau 2–1 Changements atmosphériques, climatiques et biophysiques de la planète au cours du XXe siècle.[a]

Indicateur	***Changements observés***
Indicateurs de concentration	
Concentration atmosphérique de CO_2	De 280 ppm pour la période entre 1000 et 1750 à 368 ppm en 2000 (augmentation de 31±4 %).
Échanges de CO_2 dans la biosphère terrestre	Source cumulée d'environ 20 Gt C entre 1800 et 2000 ; mais absorption nette par les puits de 14±7 Gt C environ au cours des années 1990.
Concentration atmosphérique de CH_4	De 700 ppb pour la période entre 1000 et 1750 à 1 750 ppb en 2000 (augmentation de 151±25 %).
Concentration atmosphérique de N_2O	De 270 ppb pour la période entre 1000 et 1750 à 316 ppb en 2000 (augmentation de 17±5 %).
Concentration troposphérique de O_3	Augmentation de 35±15 % entre 1750 et 2000 ; variable selon les régions.
Concentration stratosphérique de O_3	Diminution entre 1970 et 2000 ; variable avec l'altitude et la latitude.
Concentration atmosphérique de HFC, PFC et SF_6	Augmentation mondiale au cours des cinquante dernières années.
Indicateurs climatiques	
Température moyenne mondiale à la surface	Augmentation de 0,6±0,2 °C au cours du XXe siècle ; réchauffement plus important des zones terrestres que des océans *(très probable).*
Température à la surface dans l'hémisphère Nord	Augmentation au cours du XXe siècle plus importante qu'au cours de tout autre siècle du dernier millénaire ; années 1990 : décennie la plus chaude du millénaire *(probable).*
Fourchette de températures à la surface diurnes	Diminution entre 1950 et 2000 sur les zones terrestres ; augmentation deux fois plus rapide des températures minimales nocturnes que des températures maximales diurnes *(probable).*
Jours chauds/indice de chaleur	Augmentation *(probable).*
Jours froids/de gel	Diminution pour la quasi totalité des zones terrestres au cours du XXe siècle *(très probable).*
Précipitations continentales	Augmentation de 5 à 10 % au cours du XXe siècle dans l'hémisphère Nord (*très probable*), mais diminution sur certaines régions (Afrique du Nord et occidentale et certaines parties de la Méditerranée, par exemple).
Fortes précipitations	Augmentation aux latitudes nord moyennes et supérieures *(probable).*
Fréquence et intensité de la sécheresse	Absence accrue de précipitations en été et augmentation de la sécheresse associée dans quelques zones *(probable).* Dans certaines régions, telles que certaines parties de l'Asie et de l'Afrique, on a observé une augmentation de la fréquence et de l'intensité de la sécheresse au cours des dernières décennies.

→

Encadré RID–1 Indications de confiance et de probabilité.

Dans certains cas, les auteurs du Troisième rapport d'évaluation ont attribué des niveaux de confiance représentant leur jugement collectif quant à la validité d'une conclusion basée sur des observations, des résultats de modélisation et des théories étudiées. Les termes suivants ont été utilisés dans le texte du Rapport de synthèse au TRE au sujet des observations du GTI : *pratiquement certain* (plus de 99 % de probabilité qu'un résultat soit vrai) ; *très probable* (90 à 99 % de probabilité) ; *probable* (66 à 90 % de probabilité) ; *moyennement probable* (33 à 66 % de probabilité) ; *peu probable* (10 à 33 % de probabi-lité) ; *très peu probable* (1 à 10 % de probabilité) ; et *extrêmement peu probable* (moins de 1 % de probabilité). Une fourchette d'incertitude explicite (±) est une fourchette *probable*. Les estimations de confiance concernant les résultats du GTII sont les suivantes : *très élevée* (95 % ou plus), *élevée* (67 à 95 %), *moyenne* (33 à 67 %), *faible* (5 à 33 %) et *très faible* (5 % ou moins). Aucun niveau de confiance n'a été attribué dans le GTIII.

Q2 Encadré 2–1

au cours du dernier millénaire. Les variations de température n'ont pas été uniformes à l'échelle mondiale, mais ont varié selon les régions et les zones de l'atmosphère inférieure.

Tableau RID–1 Changements atmosphériques, climatiques et biophysiques de la planète au cours du XXe siècle.[a] **(suite)**

Indicateur	***Changements observés***
Indicateurs biologiques et physiques	
Niveau moyen de la mer à l'échelle mondiale	Augmentation à un taux annuel moyen de 1 à 2 mm au cours du XXe siècle.
Durée du gel des fleuves et lacs	Diminution de deux semaines environ au cours du XXe siècle aux latitudes moyennes et supérieures de l'hémisphère Nord *(très probable)*.
Superficie et épaisseur de la glace marine arctique	Diminution de 40 % de l'épaisseur au cours des récentes décennies, de la fin de l'été au début de l'automne *(probable)* et diminution de la superficie de 10 à 15 % depuis les années 1950, au printemps et en été.
Glaciers non polaires	Régression étendue au cours du XXe siècle.
Couverture neigeuse	Diminution de 10 % de la superficie, observée depuis la mise en œuvre d'observations mondiales par satellites au cours des 1960 *(très probable)*.
Pergélisol	Fonte, réchauffement et dégradation dans certaines parties des régions polaires, sub-polaires et montagneuses.
Phénomènes El Niño	Plus fréquents, plus longs et plus intenses au cours des vingt à trente dernières années, par rapport aux cent ans antérieurs.
Saison de croissance	Plus longue de un à quatre jours environ par décennie au cours des quarante dernières années dans l'hémisphère Nord, en particulier aux latitudes supérieures.
Espèces végétales et animales	Déplacement vers les pôles et en altitude dans le cas des plantes, insectes, oiseaux et poissons.
Reproduction, floraison et migration	Floraison plus précoce, retour plus précoce des oiseaux, dates de saison de reproduction plus précoces et apparition plus précoce des insectes dans l'hémisphère Nord.
Blanchissement des récifs coralliens	Plus fréquente, notamment pendant les phénomènes El Niño.
Indicateurs économiques	
Pertes économiques liées au climat	Augmentation de plus d'un ordre de grandeur des pertes indexées mondiales au cours des quarante dernières années (voir Q2 Figure 2–7). Cette augmentation observée est liée en partie à des facteurs socio-économiques et en partie à des facteurs climatiques.

[a] Ce tableau contient des exemples de changements clés observés et n'est pas une liste exhaustive. Il comprend des changements dus à des changements climatiques anthropiques et ceux pouvant résulter de variations climatiques naturelles ou de changements climatiques anthropiques. Les niveaux de confiance sont indiqués lorsqu'ils ont fait l'objet d'une évaluation explicite par le Groupe de travail pertinent. Un tableau identique dans le Rapport de synthèse contient des références croisées avec les rapports GTI et GTII.

Q2.9–11

Des preuves plus récentes et plus concluantes permettent de dire que la majeure partie du réchauffement observé au cours des cinquante dernières années est due aux activités humaines. Des études de détection et d'attribution mettent constamment en lumière les preuves d'un signal anthropique dans les données climatiques des 35 à 50 dernières années. Ces études intègrent les incertitudes concernant le forçage dû aux aérosols sulfatés anthropiques et aux facteurs naturels (volcans et rayonnement solaire), mais n'expliquent pas les effets d'autres types d'aérosols anthropiques et du changement d'affectation des terres. Le forçage dû aux aérosols sulfatés et le forçage naturel sont négatifs pour cette période et n'expliquent pas le réchauffement ; alors que la plupart de ces études constatent qu'au cours des cinquante dernières années, les estimations du rythme et de l'ampleur du réchauffement dû uniquement à l'augmentation des gaz à effet de serre sont comparables ou supérieures au réchauffement observé. C'est lorsque tous les facteurs de forçages anthropiques et naturels sont combinés, comme indiqué à la Figure RID–2, que l'on obtientla meilleure concordance entre les simulations et les observations au cours des 140 ans passés.

Q2.12–19

Les changements concernant le niveau de la mer, la couverture neigeuse, la superficie des glaces et les précipitations sont révélateurs d'un réchauffement du climat près de la surface de la terre. Ces changements incluent, par exemple, un cycle hydrologique plus actif avec augmentation des fortes précipitations et des modifications des profils des précipitations, la régression généralisée des glaciers non polaires, l'élévation du niveau de la mer et l'augmentation du contenu thermique des océans, et la diminution de la

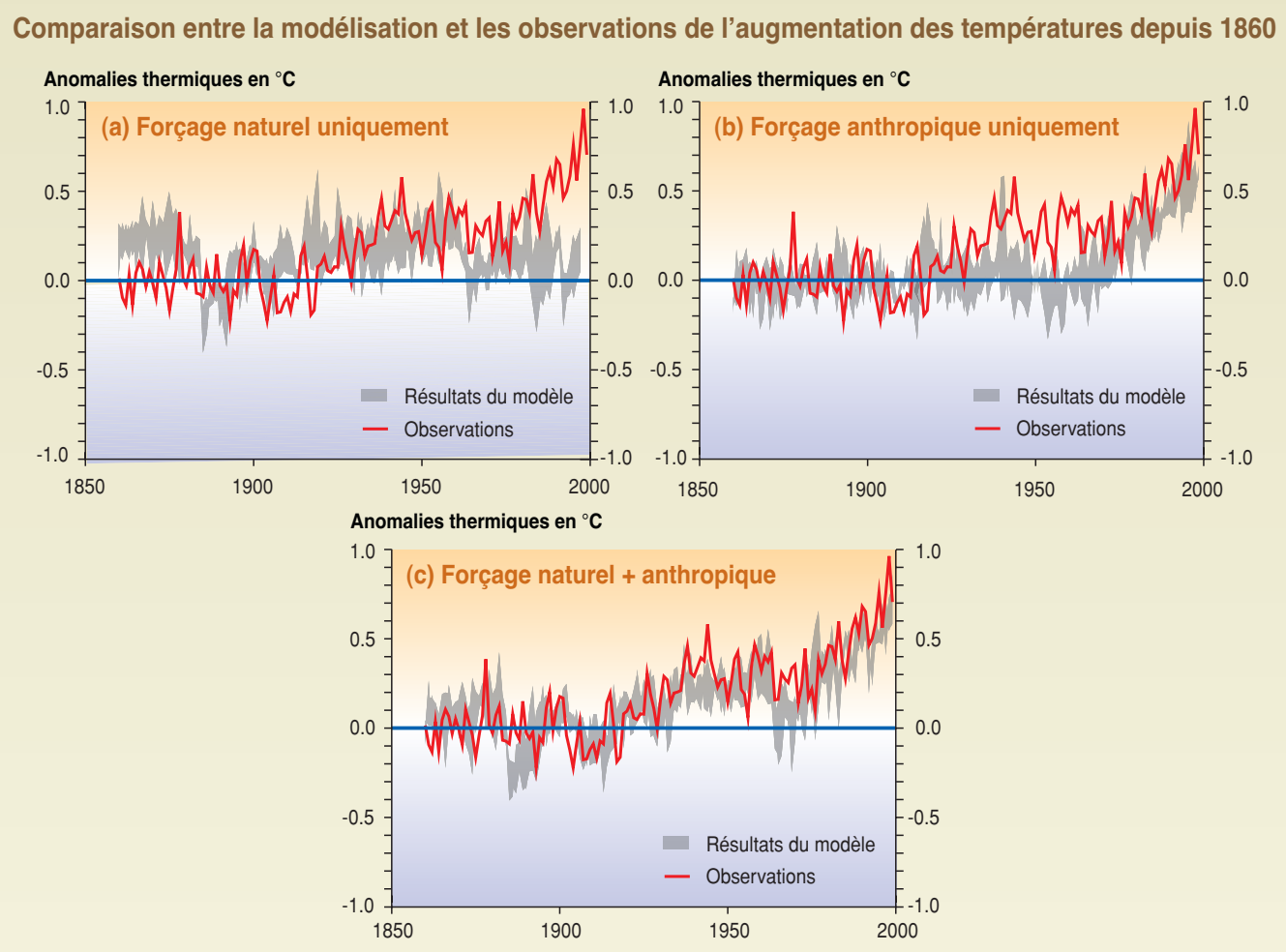


Figure RID–2 : La simulation des variations des températures de la terre (°C) et la comparaison des résultats avec les changements mesurés peuvent fournir des indications sur les causes sous-jacentes des changements majeurs. On peut utiliser un modèle climatique pour simuler les variations de température d'origine naturelle et anthropique. Les simulations représentées dans la zone dans (a) ont été effectuées uniquement avec des forçages naturels : variation solaire et activité volcanique. Celles comprises dans la zone de (b) ont été effectuées avec des forçages anthropiques : gaz à effet de serre et estimation des aérosols sulfatés. Enfin, celles comprises dans la zone de (c) associent les forçages naturels et anthropiques. (b) permet de constater que l'inclusion des forçages anthropiques fournit une explication plausible pour une partie importante des variations de température observées au cours des cent dernières années ; mais c'est (c), qui associe les facteurs naturels et anthropiques, qui correspond le mieux aux observations. Ces résultats montrent que les forçages inclus suffisent pour expliquer les variations observées, sans toutefois exclure la possibilité d'intervention d'autres forçages.

Q2 Figure 2–4

superficie et de l'épaisseur de la couverture neigeuse et de la glace marine (Voir Tableau RID–1). Il est très probable, par exemple, que le réchauffement du XXe siècle ait contribué sensiblement à l'élévation observée du niveau de la mer, du fait de la dilatation thermique de l'eau de mer et de la régression généralisée de la glace terrestre. Sous réserve des incertitudes actuelles, les observations et les modèles confirment l'absence d'accélération significative de l'élévation du niveau de la mer au cours du XXe siècle. Il n'existe pas de changements prouvés pour ce qui est de la superficie générale de la glace marine antarctique pour la période entre 1978 et 2000. En outre, en raison d'analyses contradictoires et de données insuffisantes, il n'est pas possible d'évaluer la modification de l'intensité des cyclones tropicaux et extratropicaux et des fortes tempêtes locales aux latitudes moyennes. Certains changements observés sont régionaux et certains peuvent résulter de variations climatiques internes, de forçages naturels ou d'activités humaines régionales, et non pas exclusivement d'une influence humaine mondiale.

Les changements climatiques régionaux observés ont eu des incidences sur nombre de systèmes physiques et biologiques, et, si l'on en juge par certaines indications préliminaires, sur les systèmes socio-économiques.

Q2.20 & Q2.25

Des changements climatiques régionaux récents, en particulier des augmentations de température, ont déjà eu des effets sur les systèmes hydrologiques et les écosystèmes terrestres et marins dans nombre de régions à travers le monde (voir Tableau RID–1). Les changements observés au sein de ces systèmes[1] sont cohérents pour des lieux et/ou des régions différents et vont dans le sens des effets prévus des variations de température régionales. La probabilité selon laquelle les changements observés se produiraient par hasard dans le sens prévu (sans référence à l'ampleur) est infime.

Q2.21–24

Les côuts socio-économiques croissants liés à la détérioration du climat et aux variations climatiques régionales semblent indiquer une vulnérabilité croissante aux changements climatiques. Selon des premières indications, il semblerait que certains systèmes socio-économiques aient subi les effets de l'accroissement récent des inondations et de la sécheresse, avec une augmentation des pertes économiques dues à des phénomènes climatiques catastrophiques. Mais, étant donné que ces systèmes subissent également les effets de l'évolution des facteurs socio-économiques, tels que les variations démographiques et le changement d'affectation des terres, il est difficile de quantifier les incidences relatives des changements climatiques (anthropiques ou naturels) et des facteurs socio-économiques.

Q2.25–26

Question 3

Q3

Que sait-on des conséquences climatiques, environnementales et socio-économiques régionales et mondiales au cours des 25, 50 et 100 prochaines années, en conjonction avec une fourchette d'émissions de gaz à effet de serre prévue par des scénarios utilisés dans le TRE (prévisions sans mesures d'intervention climatiques) ?

Dans la mesure du possible, évaluer :

- les changements prévus des concentrations atmosphériques, du climat et du niveau de la mer ;
- les incidences et les coûts et bénéfices économiques des changements climatiques et de la composition de l'atmosphère sur la santé, la diversité et la productivité des écosystèmes, et les secteurs socio-économiques (en particulier l'agriculture et l'eau) ;
- les diverses options d'adaptation, y compris leurs coûts, bénéfices et problèmes ;
- les questions de développement, durabilité et équité associées aux conséquences et à l'adaptation à l'échelle régionale et mondiale.

Tous les scénarios d'émissions du GIEC prévoient une augmentation des concentrations de dioxyde de carbone, et une élévation de la température moyenne mondiale à la surface, et du niveau de la mer au cours du XXIe siècle[2].

Q3.2

[1] Il existe quarante-quatre études régionales concernant plus de quatre cents plantes et animaux, et portant sur vingt à cinquante ans, effectuées principalement en Amérique du Nord, en Europe et dans la région polaire australe, ainsi que seize études régionales sur une centaine de processus physiques dans la plupart des régions du monde, et portant sur vingt à cent cinquante ans.

[2] Les prévisions concernant la variabilité climatique, les phénomènes extrêmes et les changements abrupts/non linéaires sont examinées à la Question 4.

Dans le cas des six scénarios d'illustration du RSSE, la concentration prévue de CO_2, le principal gaz à effet de serre anthropique, pour 2100 se situe entre 540 et 970 ppm, alors qu'elle était de 280 ppm environ pour la période préindustrielle et 368 ppm environ en l'an 2000. Diverses hypothèses socio-économiques (démographiques, sociales, économiques et technologiques) sont à l'origine des différents niveaux des futurs gaz à effet de serre et aérosols. Pour chaque scénario, d'autres incertitudes, notamment à propos de la poursuite des processus d'absorption actuels (puits de carbone) et de l'ampleur de la rétroaction climatique sur la biosphère terrestre, causent une variation de –10 à +30 % pour la concentration en 2100. On obtient donc une fourchette totale entre 490 et 1 260 ppm (75 à 350 % supérieure à la concentration pour 1750 (époque préindustrielle). Selon les prévisions, d'ici 2100, les concentrations des principaux gaz à effet de serre sans CO_2 devraient varier considérablement pour les six scénarios du RSSE (voir Figure RID–3).

Q3.3–5

Les projections utilisant les scénarios d'émissions du RSSE dans divers modèles climatiques mettent en évidence une augmentation de la température moyenne mondiale à la surface de 1,4 à 5,8 °C entre 1990 et 2100. Cette valeur est environ deux à dix fois plus grande que la valeur type du réchauffement observé au cours du XXe siècle, et le rythme du réchauffement prévu sera très probablement sans précédent, au moins au cours des dix derniers millénaires, si l'on se réfère aux données paléoclimatiques. Les augmentations de température devraient être supérieures à celles prévues dans le Deuxième rapport d'évaluation (DRE) qui étaient de l'ordre de 1,0 à 3,5°C, calculé à partir de six scénarios IS92. Ces températures plus élevées et la fourchette plus large s'expliquent principalement par le fait que les scénarios du RSSE prévoient des émissions de dioxyde de soufre (SO_2) plus faibles que celles prévues dans les scénarios IS92. Pour les périodes 1990 à 2025 et 1990 à 2050, les augmentations prévues sont de 0,4 à 1,1°C et 0,8 à 2,6°C respectivement. D'ici 2100, la fourchette des réponses de températures à la surface pour différents modèles climatiques pour le même scénario d'émissions est comparable à la fourchette pour différents scénarios d'émissions du RSSE pour un mo-dèle climatique unique. Comme indiqué à la Figure RID–3, les scénarios du RSSE contenant les émissions les plus élevées produisent les plus importantes augmentations de températures. Pratiquement toutes les zones terrestres connaîtront très probablement un réchauffement supérieur à ces moyennes mondiales, surtout en hiver, pour les zones situées à des latitudes nord supérieures.

Q3.6–7 & Q3.11

Les précipitations moyennes annuelles à l'échelle mondiale devraient augmenter au cours du XXIe siècle, même si à l'échelle régionale, les augmentations et diminutions prévues sont de l'ordre de 5 à 20 %. Il est probable que les précipitations augmenteront en été et en hiver sur les régions aux latitudes supérieures. Des augmentations sont également prévues en hiver pour les latitudes nord moyennes, en Afrique tropicale et en Antarctique, et en été en Asie australe et orientale. Des diminutions des précipitations hivernales sont prévues pour l'Australie, l'Amérique centrale et l'Afrique australe. Très probablement, les variations des précipitations interannuelles seront plus importantes sur la plupart des régions pour lesquelles on prévoit une augmentation des précipitations moyennes.

Q3.8 & Q3.12

Selon les prévisions, la régression généralisée des glaciers devrait se poursuivre au cours du XXIe siècle. Dans l'hémisphère Nord, la couverture neigeuse, le pergélisol et la superficie de la glace marine devraient continuer de diminuer. La masse de l'inlandsis antarctique devrait augmenter, alors que celle de l'inlandsis groenlandais devrait diminuer (voir Question 4).

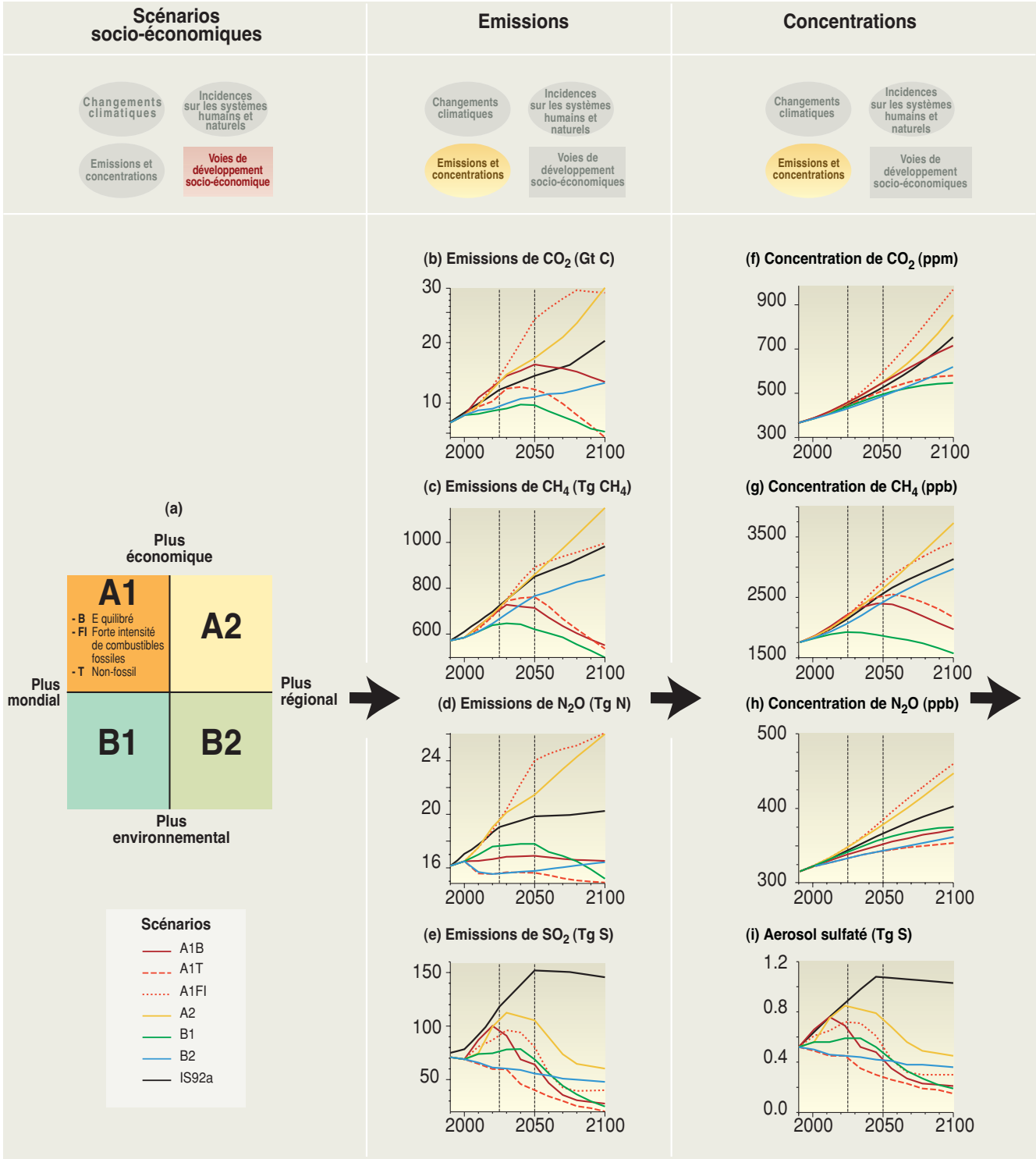
Q3.14

Le niveau moyen de la mer à l'échelle mondiale devrait augmenter de 0,09 à 0,88 m entre 1990 et 2100, pour tous les scénarios du RSSE, avec cependant des variations régionales notables. Cette augmentation est due principalement à la dilatation thermique des océans et à la fonte des glaciers et des calottes polaires. Les augmentations prévues pour les périodes 1990–2025 et 1990–2050 sont de 0,03 à 0,14 m et 0,05 à 0,32 m respectivement.

Q3.9 & Q3.13

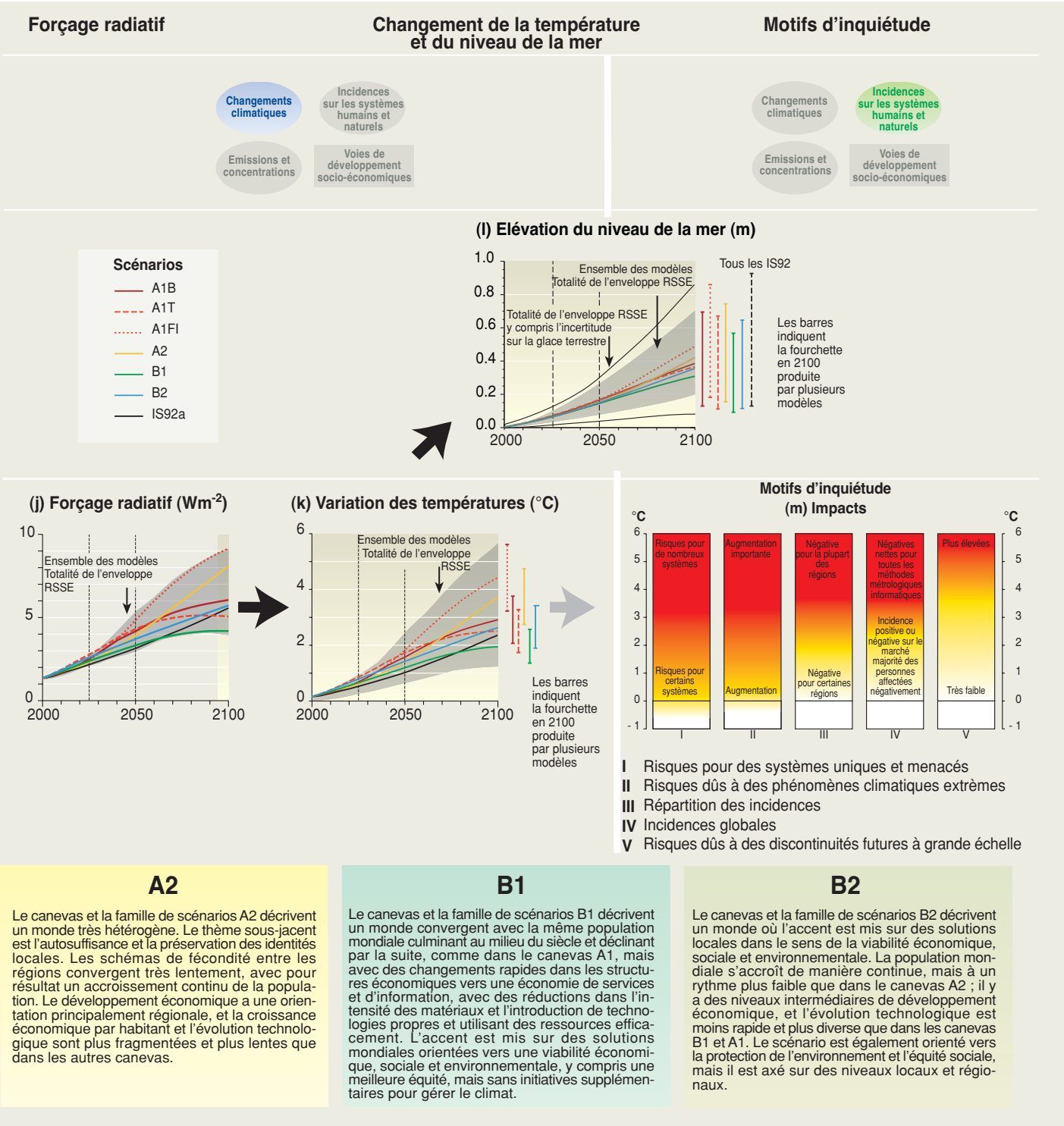
Les changements climatiques prévus auront des effets bénéfiques et néfastes sur les systèmes environnementaux et socio-économiques, mais plus l'ampleur et le rythme de ces changements seront importants, plus les effets néfastes prédomineront.

Q3.15



A1FI, A1T et A1B

Le canevas et la famille de scénarios A1 décrivent un monde futur dans lequel la croissance économique sera très rapide, la population mondiale culminera au milieu du siècle pour décliner par la suite, et de nouvelles technologies plus efficaces seront introduites rapidement. Les principaux thèmes sous-jacents sont la convergence entre les régions, le renforcement des capacités et des interactions culturelles et sociales accrues, avec une réduction substantielle des différences régionales dans le revenu par habitant. La famille de scénario A1 se scinde en trois groupes qui décrivent des directions possibles de l'évolution technologique dans le système énergétique. Les trois groupes A1 se distinguent par leur accent technologique : forte intensité de combustibles fossiles (A1FI), sources d'énergie autres que fossiles (A1T) ou équilibre entre les sources (A1B) (dans lequel « équilibré » est défini comme ne s'appuyant pas excessivement sur une source d'énergie particulière, en supposant que des taux d'amélioration similaires s'appliquent à toutes les technologies de l'approvisionnement énergétique et des utilisations finales).



A2

Le canevas et la famille de scénarios A2 décrivent un monde très hétérogène. Le thème sous-jacent est l'autosuffisance et la préservation des identités locales. Les schémas de fécondité entre les régions convergent très lentement, avec pour résultat un accroissement continu de la population. Le développement économique a une orientation principalement régionale, et la croissance économique par habitant et l'évolution technologique sont plus fragmentées et plus lentes que dans les autres canevas.

B1

Le canevas et la famille de scénarios B1 décrivent un monde convergent avec la même population mondiale culminant au milieu du siècle et déclinant par la suite, comme dans le canevas A1, mais avec des changements rapides dans les structures économiques vers une économie de services et d'information, avec des réductions dans l'intensité des matériaux et l'introduction de technologies propres et utilisant des ressources efficacement. L'accent est mis sur des solutions mondiales orientées vers une viabilité économique, sociale et environnementale, y compris une meilleure équité, mais sans initiatives supplémentaires pour gérer le climat.

B2

Le canevas et la famille de scénarios B2 décrivent un monde où l'accent est mis sur des solutions locales dans le sens de la viabilité économique, sociale et environnementale. La population mondiale s'accroît de manière continue, mais à un rythme plus faible que dans le canevas A2 ; il y a des niveaux intermédiaires de développement économique, et l'évolution technologique est moins rapide et plus diverse que dans les canevas B1 et A1. Le scénario est également orienté vers la protection de l'environnement et l'équité sociale, mais il est axé sur des niveaux locaux et régionaux.

Figure RID–3 : Les différentes suppositions socio-économiques sous-jacentes aux scénarios du RSSE donnent différents niveaux d'émissions futures de gaz à effet de serre et d'aérosols. A leur tour, ces émissions modifient la concentration de ces gaz et aérosols dans l'atmosphère, ce qui modifie le forçage radiatif du climat. Le forçage radiatif dû aux scénarios du RSSE a pour effet une élévation des températures et du niveau de la mer, changements qui auront eux-mêmes des répercussions. Les scénarios du RSSE n'incluent pas de mesures d'intervention supplémentaires pour gérer le climat et n'attribuent pas de valeur de probabilité. Les scénarios du RSSE n'ayant été disponibles que très peu de temps avant l'établissement du TRE, les résultats des modèles climatiques utilisés ici pour les évaluations des incidences sont généralement basés sur des scénarios de changements climatiques à l'état d'équilibre (doublement du CO_2, par exemple), un nombre relativement faible d'expériences utilisant un scénario transitoire d'augmentation annuelle du CO_2 de 1 %, ou sur les scénarios utilisés dans le DRE (série IS92). A leur tour, les incidences peuvent influer sur les voies de développement socio-économique, par le biais, par exemple, de mesures d'adaptation et d'atténuation. Les parties en surbrillance dans la partie supérieure de la figure indiquent les rapports existant entre les divers aspects et le cadre d'évaluation intégré pour l'étude des changements climatiques (voir Figure RID–1).

Q3 Figure 3–1

Les effets néfastes seront plus graves dans le cas d'émissions cumulées de gaz à effet de serre et de changements climatiques connexes plus importants (*confiance moyenne*). Des changements climatiques mineurs peuvent avoir des effets bénéfiques pour certaines régions et certains secteurs, mais il est probable que ces effets diminuent avec l'augmentation de l'ampleur des changements climatiques. Par contre, il est probable que l'ampleur et la gravité d'un grand nombre d'effets néfastes observés augmentent avec l'importance des changements climatiques. Dans le cas des projections à l'échelle régionale, les effets néfastes devraient prédominer pour une grande partie du monde, en particulier dans les régions tropicales et subtropicales.

Q3.16

Dans l'ensemble, les changements climatiques devraient accroître les risques pour la santé, en particulier pour les populations à faibles revenus, principalement dans les pays tropicaux/subtropicaux. Les changements climatiques peuvent influer directement sur la santé (diminution du stress dû au froid dans les pays tempérés, mais augmentation du stress dû à la chaleur, pertes de vies humaines au cours d'inondations et de tempêtes, par exemple), et indirectement suite à la modification des vecteurs de maladies (moustiques, par exemple)[3], des pathogènes hydriques, de la qualité de l'eau et de l'air et de la disponibilité et de la qualité des denrées alimentaires (*confiance moyenne à élevée*). Les incidences réelles sur la santé seront largement fonction des conditions environnementales locales et du contexte socio-économique, ainsi que des mesures d'adaptation sociales, institutionnelles, technologiques et comportementales prises pour réduire l'ensemble des risques sanitaires.

Q3.17

Les changements climatiques et l'élévation du niveau de la mer modifieront la productivité écologique et la biodiversité, et il y aura accroissement du risque d'extinction de certaines espèces vulnérables (*confiance élevée à moyenne*). On prévoit l'augmentation de perturbations importantes des écosystèmes, dues, par exemple, aux incendies, sécheresses, infestations parasitaires, invasions d'espèces, tempêtes et au blanchissement corallien. Lorsqu'elles viennent s'ajouter aux autres contraintes sur les écosystèmes, les contraintes dues aux changements climatiques risquent d'endommager profondément des systèmes uniques ou de contribuer à leur disparition et à l'extinction d'espèces me-nacées. La productivité nette des végétaux augmentera sous l'effet des concentrations croissantes de CO_2, mais l'évolution climatique et la modification des régimes de perturbations liée à cette évolution pourront entraîner une augmentation ou une diminution de la productivité nette des écosystèmes (*confiance moyenne*). Selon certains modèles à l'échelle mondiale, l'absorption nette de carbone par les écosystèmes terrestres devrait augmenter pendant la première moitié du XXIe siècle, avant de se stabiliser ou de diminuer.

Q3.18-20

Des modèles de cultures céréalières indiquent que, dans certaines zones tempérées, les rendements potentiels augmentent dans le cas de faibles augmentations de température, mais diminuent lorsque ces variations sont importantes (*confiance moyenne à faible*). Dans la plupart des régions tropicales et subtropicales, dans la majorité des cas, les augmentations de températures prévues devraient entraîner une baisse de la productivité agricole (*confiance moyenne*). Les effets néfastes sur les rendements agricoles seraient encore plus marqués pour les systèmes subtropicaux et tropicaux arides/pluviaux où l'on observe également une diminution importante des précipitations. Ces évaluations tiennent compte de certaines mesures d'adaptation prises par les agriculteurs et des effets de la fertilisation par le CO_2, mais pas des impacts de l'accroissement prévu des infestations parasitaires et de l'évolution des extrêmes climatiques. La capacité d'adaptation des éleveurs face aux stress physiologiques liés aux changements climatiques est mal documentée. Selon les prévisions, un réchauffement de quelques (« a few ») °C ou plus entraînerait une augmentation des prix des denrées alimentaires à l'échelle mondiale et pourrait renforcer les risques de famine pour les populations vulnérables.

Q3.21

[3] Huit études ont simulé les effets des changements climatiques sur ces maladies, cinq sur le paludisme et trois sur la dengue. Sept d'entre elles utilisent une méthode biologique ou à base de processus, la huitième utilisant une méthode statistique empirique.

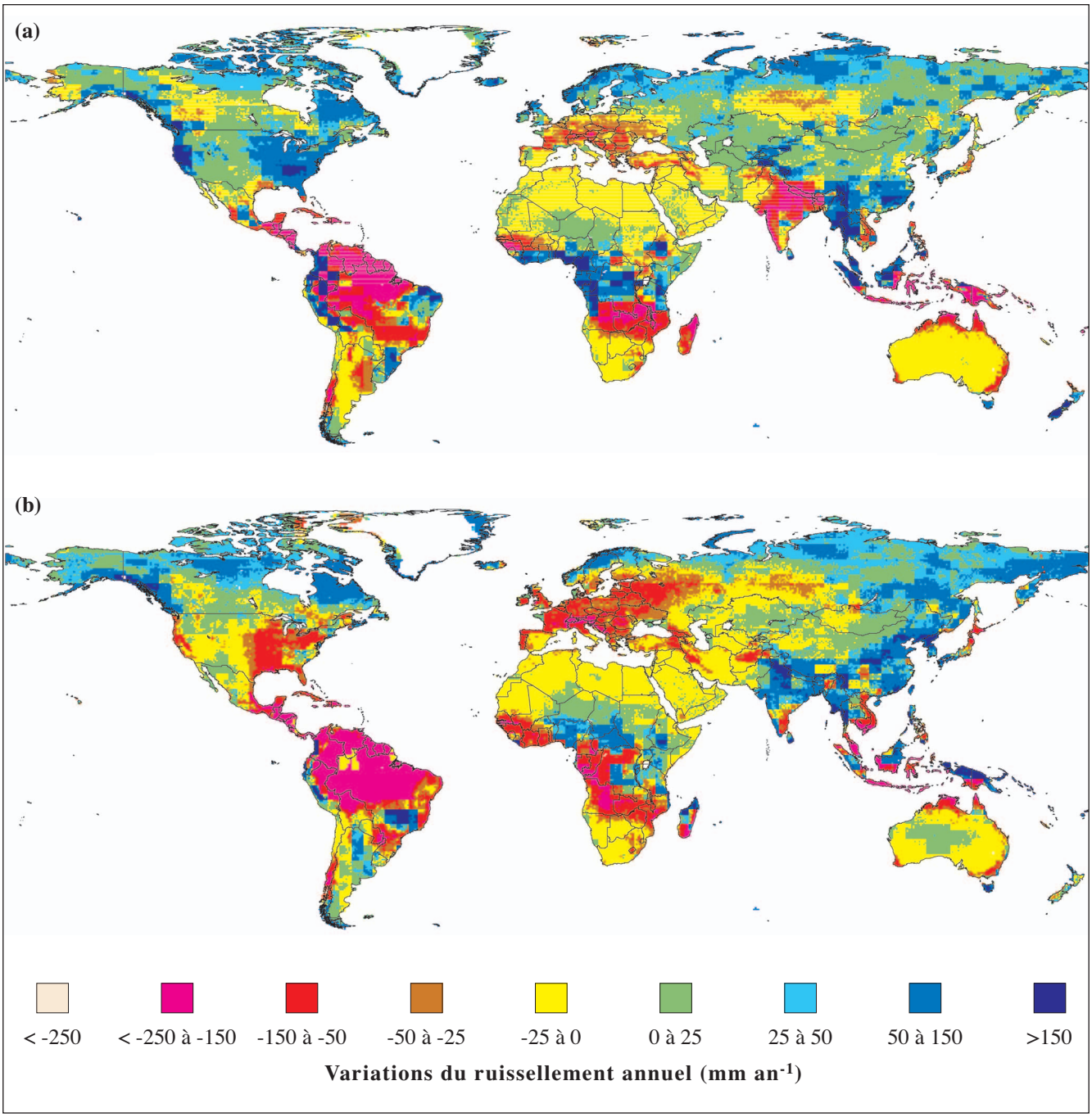


Figure RID–4 : Comparées au ruissellement moyen pour les années 1961–1990, les prévisions des changements du ruissellement annuel moyen d'ici 2050 correspondent en grande partie aux changements prévus pour les précipitations. Les variations du ruissellement sont calculées à l'aide d'un modèle hydrologique utilisant des projections climatiques provenant de deux versions du modèle de circulation générale atmosphère/océans du Hadley Centre (AOGCM) pour un scénario avec 1 % d'augmentation annuelle effective de la concentration de CO_2 dans l'atmosphère : (a) moyenne d'ensemble HadCM2 et (b) HadCM3. Les projections d'augmentation du ruissellement aux hautes latitudes et en Asie du Sud-Est et de diminution en Asie Centrale, autour de la Méditerranée, en Afrique australe, et en Australie sont, dans l'ensemble, cohérentes pour les expériences du Hadley Centre, et par rapport aux projections de précipitations d'autres expériences du AOGCM. Pour d'autres parties du monde, les variations des précipitations et du ruissellement dépendent des scénarios et des modèles.

Q3 Figure 3–5

Dans nombre de régions aréiques, la pénurie d'eau sera aggravée par les changements climatiques. En général, les besoins hydriques augmentent en raison de la croissance démographique et du développement économique, bien qu'ils diminuent dans certains pays en raison d'une gestion plus efficace. Les changements climatiques devraient diminuer considérablement les ressources en eau disponibles (comme l'indiquent les projections

Q3.22

concernant le ruissellement) dans un grand nombre de régions aréiques, mais pourraient les augmenter dans d'autres régions (*confiance moyenne*) (voir Figure RID–4). En général, une hausse des températures de l'eau devrait nuire à la qualité de l'eau douce (*confiance élevée*), bien que, dans certaines régions, ceci puisse être compensé par des débits plus importants.

Les incidences mondiales sur le secteur du marché, mesurées par les variations du produit intérieur brut (PIB), devraient être négatives pour un grand nombre de pays en développement pour toutes les fourchettes d'augmentation des températures moyennes mondiales étudiées (*confiance faible*), mixtes pour les pays développés dans le cas d'un réchauffement de quelques (« a few ») °C (*confiance faible*) et négatives dans le cas d'un réchauffement de plus de quelques (« a few ») degrés (*confiance moyenne à faible*). En général, ces estimations n'incluent pas les effets des modifications de la variabilité et des extrêmes climatiques, ne tiennent pas compte des effets de la variabilité du rythme des changements climatiques, n'expliquent que partiellement les répercussions sur les biens et les services non commercialisés, et estiment que, dans certains cas, les pertes sont compensées par les gains. Q3.25

Les populations des petites îles et/ou des zones côtières de faible élévation sont particulièrement menacées par le risque d'effets socio-économiques graves résultant de l'élévation du niveau de la mer et des ondes de tempêtes. Nombre d'établissements humains seront confrontés à un risque croissant d'inondations et d'érosion côtière, et des dizaines de millions de personnes vivant dans des deltas, dans des zones côtières de faible élévation et sur de petites îles devront peut-être quitter leur région. Des ressources indispensables aux populations insulaires et côtières, telles que les plages, l'eau douce, les pêcheries, les récifs coralliens et les habitats de la faune, seraient également menacées. Q3.23

Les effets de l'évolution climatique s'exerceront de façon disproportionnée sur les pays en développement et les populations déshéritées dans tous les pays, renforçant ainsi les inégalités en matière de santé et d'accès à une alimentation adéquate, à l'eau potable et à d'autres ressources. En général, les populations dans les pays en développement sont exposées à des risques relativement élevés d'effets néfastes des changements climatiques. En outre, en raison de la pauvreté et d'autres facteurs, la plupart des pays en développement ont des capacités d'adaptation très limitées. Q3.33

Potentiellement, l'adaptation peut réduire les effets néfastes des changements climatiques et permet souvent d'obtenir des bénéfices accessoires immédiats, sans toutefois prévenir tous les dommages. Q3.26

Face à l'évolution du climat, il existe de nombreuses possibilités d'adaptation qui pourront contribuer à réduire les effets néfastes et renforcer les effets bénéfiques des changements climatiques, mais qui généreront des coûts. L'évaluation quantitative de leurs bénéfices et coûts et de leur variabilité pour les régions et les entités est incomplète. Q3.27

L'adaptation serait plus difficile dans le cas de changements climatiques plus importants et plus rapides et ceux-ci seraient potentiellement plus dangereux que des changements climatiques moins importants et plus lents. Les systèmes naturels et les systèmes humains ont développé des capacités en réponse à une variabilité climatique dans laquelle les risques de dommages sont relativement faibles et la capacité de récupération élevée. Cependant, des changements climatiques qui accroissent la fréquence de phénomènes qui dépassent le cadre des phénomènes auxquels les systèmes ont pu faire face jusqu'ici, augmentent le risque de dommages graves et de récupération incomplète ou de destruction du système. Q3.28

Question 4

Q4

Que sait-on de l'influence des concentrations atmosphériques croissantes de gaz à effet de serre et d'aérosols et des changements climatiques anthropiques prévus à l'échelle régionale et mondiale en ce qui concerne :

(a) La fréquence et l'ampleur des fluctuations climatiques, y compris la variabilité quotidienne, saisonnière, interannuelle et décennale, telles que les cycles d'oscillation australe El Niño et autres ?

(b) La durée, la situation géographique, la fréquence et l'intensité des phénomènes climatiques extrêmes, tels que les vagues de chaleur, sécheresses, inondations, fortes précipitations, avalanches, tempêtes, tornades et cyclones tropicaux ?

(c) Le risque de changements abrupts/non linéaires pour, notamment, les sources et puits de gaz à effet de serre, la circulation océanique, et l'étendue de la glace polaire et du pergélisol ? Le cas échéant, ce risque peut-il être quantifié ?

(d) Le risque de changements abrupts ou non linéaires au sein des écosystèmes ?

On prévoit une augmentation de la variabilité du climat et de certains phénomènes extrêmes.

Q4.2–8

Les modèles indiquent que les concentrations atmosphériques croissantes de gaz à effet de serre modifieront la variabilité quotidienne, saisonnière, interannuelle et décennale. Une diminution de la fourchette de températures diurnes est prévue dans de nombreuses régions, ainsi qu'une diminution de la variabilité quotidienne de la température de l'air à la surface en hiver, et une augmentation de la variabilité quotidienne en été dans les zones terrestres de l'hémisphère Nord. De nombreux modèles prévoient une augmentation des réponses moyennes de type El Niño dans le Pacifique tropical. Il n'existe pas de consensus sur les changements de la fréquence ou de la structure des phénomènes naturels de circulation entre l'atmosphère et les océans tels que l'Oscillation Atlantique Nord (NAO).

Q4.3–8

Selon les modèles, l'accroissement des concentrations atmosphériques de gaz à effet de serre modifiera la fréquence, l'intensité et la durée des phénomènes extrêmes, et il y aura plus de jours chauds, de vagues de chaleur, de fortes précipitations et moins de jours froids. Nombre de ces changements entraîneront probablement une augmentation des risques d'inondations et de sécheresse dans de nombreuses régions et risquent d'avoir des incidences principalement néfastes sur les écosystèmes, les secteurs socio-économiques, et la santé (voir Tableau RID–2 pour plus de détails). Des études basées sur des modèles à haute résolution indiquent que les pointes maximales de vent et l'intensité des cyclones tropicaux devraient augmenter dans certaines régions. On ne dispose pas de d'informations suffisantes sur les risques de changement pour les phénomènes climatiques extrêmes à petite échelle (orages, tornades, grêle et foudre, par exemple).

Q4.2–7

Le forçage par les gaz à effet de serre au cours du XXIe siècle pourrait déclencher des changements à grande échelle, à fortes incidences, non linéaires et potentiellement abrupts au sein des systèmes physiques et biologiques au cours des décennies ou des millénaires à venir, avec des effets connexes probables.

Q4.9

Certains des changements abrupts/non linéaires prévus au sein des systèmes physiques et des sources et puits de gaz à effet de serre pourraient être irréversibles, mais des incertitudes subsistent à propos de certains processus sous-jacents. La probabilité des changements prévus devrait augmenter avec le rythme, l'ampleur et la durée des changements climatiques. Quelques exemples de ces changements sont indiqués ci dessous :

Q4.10–16

Tableau RID–2 Exemples de variabilité climatique et de phénomènes climatiques extrêmes, et exemples de leurs incidences (TRE GTII Tableau RID–1).

Changements prévus au cours du XXIe siècle pour les phénomènes climatiques extrêmes et leur probabilité	***Exemples représentatifs d'incidences prévues [a] (toutes avec confiance d'occurrence élevée dans certains domaines)***
Augmentation des températures maximales, du nombre de jours chauds et de vagues de chaleur [b] pour la quasi totalité des zones terrestres (*très probable*)	- Augmentation des décès et des maladies graves chez les personnes âgées et les pauvres en milieu urbain. - Stress thermique accru pour les animaux d'élevage et la faune. - Modifications des destinations touristiques. - Augmentation des risques de dommages pour un certain nombre de cultures. - Augmentation des besoins en matière de climatisation électrique et diminution de la fiabilité de l'approvisionnement énergétique.
Températures minimales plus élevées (en augmentation), moins de jours froids, de jours de gel et de vagues de froid [b] pour la quasi totalité des zones terrestres *(très probable)*	- Diminution de la morbidité et de la mortalité humaines liées au froid. - Diminution des risques de dommages pour un certain nombre de cultures, et augmentation de ces risques pour d'autres. - Augmentation de la gamme et de l'activité de certains parasites et vecteurs de maladies. - Diminution des besoins énergétiques pour le chauffage.
Précipitations plus intenses (*très probable*, sur de nombreuses régions)	- Augmentation des inondations, glissements de terrains, avalanches et dommages dus aux coulées de boue. - Accroissement de l'érosion des sols. - Suite aux inondations, une augmentation du ruissellement pourrait accroître le réapprovisionnement des couches aquifères des plaines d'inondation. - Accroissement de la demande en ce qui concerne les systèmes d'assurance gouvernementaux et privés et l'aide aux sinistrés.
Sécheresse estivale accrue sur la plupart des terres continentales à moyenne latitude et risques de sécheresse associés (*probable*)	- Diminution des rendements agricoles. - Augmentation des dommages sur les fondations des bâtiments en raison de la rétraction des sols. - Diminution quantitative et qualitative des ressources en eau. - Augmentation des risques d'incendie de forêts.
Augmentation de l'intensité des pointes de vent des cyclones tropicaux et de l'intensité des précipitations moyennes et maximales (*probable*, dans certaines régions) [c]	- Augmentation des risques mortels pour les êtres humains, des risques d'épidémies de maladies infectieuses et de nombreux autres risques. - Augmentation de l'érosion côtière et des dommages pour les bâtiments et l'infrastructure côtières. - Dommages accrus au sein des écosystèmes côtiers tels que les récifs coralliens et mangroves.
Intensification de la sécheresse et des inondations liées au phénomène El Niño dans de nombreuses régions (*probable*) (voir également la rubrique Sécheresse et précipitations intenses)	- Diminution de la productivité des terres agricoles et des grands pâturages dans les régions sujettes à la sécheresse et aux inondations. - Diminution du potentiel en matière d'énergie hydroélectrique dans les régions sujettes aux sécheresses.
Augmentation de la variabilité des moussons estivales en Asie (*probable*)	- Augmentation de l'ampleur des inondations et de la sécheresse et des dommages en Asie tempérée et tropicale.
Augmentation de l'intensité des tempêtes aux latitudes moyennes (peu d'accord entre les modèles actuels) [b]	- Augmentation des risques mortels et des risques pour la santé humaine. - Augmentation des pertes en ce qui concerne les biens matériels et l'infrastructure. - Augmentation des dommages au sein des écosystème côtiers.

[a] Ces effets peuvent être atténués par des mesures d'intervention appropriées.
[b] Information provenant du Résumé technique GTI TRE (Section F.5)
[c] Des changements de la répartition régionale des cyclones tropicaux sont possibles, mais n'ont pas été établis.

- D'importants changements d'origine climatique au niveau des sols et de la végétation pourraient se produire et entraîner d'autres changements climatiques à la suite de l'augmentation des émissions de gaz à effet de serre par les végétaux et les sols et de la modification des propriétés des surfaces (albédo, par exemple).
- La plupart des modèles prévoient un affaiblissement de la circulation thermohaline océanique, ce qui diminuerait le transfert thermique aux hautes latitudes en Europe ; mais aucun modèle ne prévoit un arrêt soudain avant la fin du XXIe siècle. Après 2100, cependant,

certains modèles indiquent la possibilité d'un arrêt complet, voir irréversible, de la circulation thermohaline, dans l'un ou l'autre des deux hémisphères si l'évolution du forçage radiatif est suffisamment importante et suffisamment longue.

- Dans son ensemble, la masse de l'inlandsis Antarctique devrait augmenter au cours du XXIe siècle, mais après un réchauffement continu, elle pourrait diminuer sensiblement, et contribuer de plusieurs mètres à l'élévation du niveau de la mer prévue au cours des 1 000 ans à venir.
- Contrairement à l'inlandsis Antarctique, la masse de l'inlandsis groenlandais diminuera probablement au cours du XXIe siècle et contribuera de quelques centimètres à l'élévation du niveau de la mer. Les inlandsis continueront de réagir à l'évolution climatique et contribueront à l'élévation du niveau de la mer pendant des milliers d'années après stabilisation du climat. Les modèles climatiques indiquent un réchauffement local probable au-dessus du Groenland de un à trois fois la moyenne mondiale. Les modèles utilisés pour l'étude des inlandsis indiquent qu'un réchauffement local de plus de 3 °C se poursuivant pendant des millénaires entraînerait la fonte quasi totale de l'inlandsis groenlandais et l'élévation du niveau de la mer de 7 m environ. Dans le cas d'un réchauffement local de 5,5 °C, qui se poursuivrait pendant 1 000 ans, la fonte de l'inlandsis groenlandais contribuerait probablement de 3 m environ à l'élévation du niveau de la mer.
- Un réchauffement continu augmenterait la fonte du pergélisol dans les régions polaires, sub-polaires et montagneuses, et une grande partie du pergélisol deviendrait vulnérable aux tassements et glissements de terrains qui affectent l'infrastructure, les cours d'eau et les écosystèmes des zones humides.

Pour de nombreux écosystèmes, l'évolution climatique pourrait accroître le risque de changements abrupts et non linéaires, ce qui pourrait avoir des répercussions sur leur fonction, leur biodiversité et leur productivité. Plus l'ampleur et le rythme des changements est grand, plus le risque d'effets néfastes est élevé. Par exemple :

Q4.17–19

- La modification des régimes de perturbations et de la situation d'habitats climatiquement adaptés pourrait entraîner la rupture soudaine d'écosystèmes terrestres et marins avec changements significatifs de leur composition et de leur fonction et augmentation des risques d'extinction.
- Des augmentations durables des températures de l'eau, même de l'ordre de 1°C, isolément ou associées à toute autre contrainte (pollution excessive et envasement, par exemple), peuvent provoquer des efflorescences d'algues sur les récifs coralliens (blanchissement du corail) et, éventuellement, la disparition de certains coraux.
- Une augmentation de température au-delà d'un certain seuil, variable selon les cultures et les variétés, peut influer sur des stades clés du développement pour certaines cultures (stérilité des épillets du riz, réduction de la viabilité du pollen pour les cultures de maïs, développement moins important des tubercules pour les cultures de pommes de terre, par exemple) et, donc sur les rendements agricoles. Pour ces cultures, les baisses de rendements peuvent être très importantes si les températures dépassent des limites critiques, même pendant très peu de temps.

Question 5

Q5

Que sait-on au sujet de l'inertie et des échelles temporelles associées aux changements des systèmes climatiques, écologiques et des secteurs socio-économiques et de leurs interactions ?

L'inertie est une caractéristique inhérente généralisée des systèmes climatiques, écologiques et socio-économiques en inter-action. Ainsi, certains effets des changements climatiques anthropiques ne deviendront apparents que lentement, alors que d'autres peuvent être irréversibles si le rythme et l'ampleur des changements climatiques ne sont pas limités avant le dépassement de seuils associés dont la position peut être mal connue.

Q5.1–4, Q5.8, Q5.10–12 & Q5.14–17

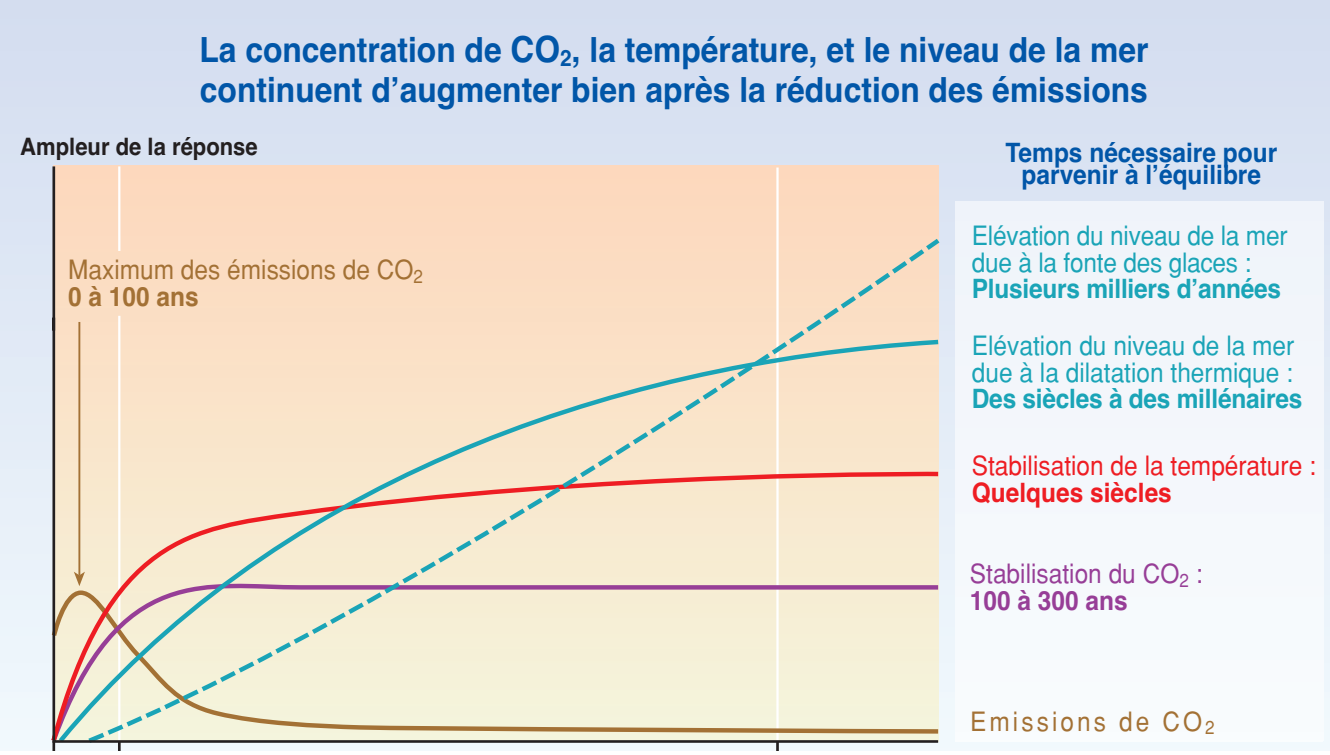


Figure RID–5 : Après réduction des émissions de CO_2 et stabilisation des concentrations atmosphériques, la température de l'air à la surface continue d'augmenter lentement pendant un siècle ou plus. La dilatation thermique des océans se poursuit bien après la réduction des émissions de CO_2, et la fonte des inlandsis continue de contribuer à l'élévation du niveau de la mer pendant plusieurs siècles. Cette Figure est une illustration générique pour une stabilisation entre 450 et 1 000 ppm et par conséquent l'axe Réponse n'a pas d'unités. Les réponses aux trajectoires de stabilisation dans cette fourchette indiquent des trajectoires temporelles généralement similaires, mais les incidences deviennent progressivement plus importantes avec des concentrations plus élevées de CO_2.

Q5 Figure 5-2

Inertie des systèmes climatiques

La stabilisation des émissions de CO_2 à des niveaux proches des niveaux actuels ne conduira pas à la stabilisation de la concentration atmosphérique du CO_2, alors que la stabilisation des émissions de gaz à effet de serre à durée de vie plus faible, tels que le CH_4, conduira, en quelques décennies, à une stabilisation de leurs concentrations atmosphériques. La stabilisation des concentrations de CO_2, quel que soit le niveau retenu, exige une réduction éventuelle des émissions nettes de CO_2 jusqu'à un faible pourcentage de leur niveau actuel. Plus le niveau de stabilisation choisi est bas, plus les mesures de réduction des émissions nettes mondiales de CO_2 doivent être prises rapidement (voir Figure RID–5).

Q5.3 & Q5.5

Après stabilisation de la concentration atmosphérique de CO_2 et d'autres gaz à effet de serre, la température de l'air à la surface devrait continuer d'augmenter d'un dixième de degré par siècle pendant cent ans ou plus, et le niveau de la mer devrait continuer de s'élever pendant des centaines d'années (voir Figure RID–5). En raison de la lenteur du transfert thermique dans les océans et de la réaction des inlandsis, un nouvel équilibre du système climatique ne sera atteint que dans très longtemps.

Q5.4

Certains changements climatiques, plausibles au-delà du XXIe siècle, seraient en fait irréversibles. Par exemple, une fonte importante des inlandsis (voir Question 4) et une modification fondamentale de la circulation océanique (voir Question 4) ne pourraient pas être inversées pendant des générations. Le seuil de modification fondamentale de la circulation océanique peut être atteint à un degré de réchauffement inférieur dans le cas d'un réchauffement non pas progressif mais rapide.

Q5.4 & Q5.14–16

Inertie dans les systèmes écologiques

Dans le cas de certains écosystèmes, les effets de l'évolution climatique peuvent être visibles rapidement, alors que pour d'autres écosystèmes, ils ne deviendront évidents que plus lentement. Le blanchissement du corail, par exemple, peut se produire au cours d'une saison exceptionnellement chaude, alors que des organismes à durée de vie plus longue, tels que les arbres, peuvent perdurer pendant des décennies en dépit de l'évolution climatique, mais sans pouvoir se régénérer. Des écosystèmes soumis à des changements climatiques, y compris des modifications de la fréquence des phénomènes extrêmes, peuvent être perturbés du fait de la variabilité du temps de réponse des espèces.

Q5.8 & Q3 Tableau 3–2

Selon certains modèles du cycle du carbone, l'absorption terrestre nette de carbone mondiale devrait culminer au cours du XXIe siècle, avant de se stabiliser ou de diminuer. L'absorption de CO_2 nette mondiale récente par les écosystèmes terrestres est due en partie aux décalages temporels entre l'augmentation de la croissance végétale et la mort et le pourrissement des végétaux. L'amélioration actuelle de la croissance végétale résulte en partie des effets fertilisateurs des dépôts accrus de CO_2 et d'azote, et de l'évolution climatique et des changements de l'affectation des terres. L'absorption diminuera au fur et à mesure que les forêts parviendront à maturité, que les effets fertilisateurs atteindront un point de saturation et que la décomposition rattrapera la croissance. Les changements climatiques diminueront probablement l'absorption terrestre nette de carbone à l'échelle mondia-le. Bien que le réchauffement réduise l'absorption de CO_2 par les océans, l'absorption nette de carbone par les océans devrait se poursuivre, en conjonction avec une augmentation du CO_2 atmosphérique, au moins pendant le XXIe siècle. Le transfert du carbone entre la surface et les grandes profondeurs océaniques prend des siècles, et, à ce niveau, son équilibre avec les sédiments océaniques prend des milliers d'années.

Q5.6–7

Inertie dans les systèmes socio-économiques

Contrairement aux systèmes climatiques et écologiques, l'inertie au sein des systèmes humains n'est pas fixe, mais peut être modifiée par des politiques et par des choix individuels. La capacité de mise en œuvre des politiques sur les changements climatiques dépend de l'interaction entre les structures et les valeurs socio-économiques, les institutions, les technologies et l'infrastructure en place. En général, l'ensemble du système évolue relativement lentement. Il peut répondre rapidement aux pressions, mais cette réponse s'avère souvent coûteuse (dans le cas, par exemple du remplacement prématuré de biens d'équipement). Lorsque le changement est plus lent, les coûts peuvent être moins élevés, en raison de l'évolution technologique ou de l'amortissement total des biens d'équipement. En règle générale, des années ou des décennies séparent la perception de la nécessité d'une réponse à un problème important, la planification, les recherches et le développement d'une solution et sa mise en œuvre. Des mesures anticipées, basées sur une connaissance des faits, peuvent améliorer les chances de disposer des technologies appropriées en temps utile.

Q5.10–13

Le développement et l'adoption de nouvelles technologies peuvent être accélérés par des politiques de transfert de technologies et des politiques de soutien dans le domaine fiscal et de la recherche. Le remplacement des technologies peut être retardé par des systèmes « figés » qui présentent des bénéfices commerciaux résultant des institutions, services, et infrastructures en place et des ressources disponibles. L'utilisation précoce de technologies en évolution rapide permet de réduire les coûts de la courbe d'apprentissage.

Q5.10 & Q5.22

Conséquences de l'inertie sur les politiques

En raison de l'inertie et de l'incertitude au sein des systèmes climatiques, écologiques et socio-économiques, l'étude des marges de sécurité doit être intégrée à l'établissement de stratégies, objectifs et programmes, afin de prévenir des niveaux dangereux de perturbation du système climatique. Par exemple, les objectifs de stabilisation de la concentration de CO_2, de la température, ou du niveau de la mer peuvent être influencés par :

- L'inertie du système climatique, qui entraînera la poursuite des changements climatiques pendant un certain temps après la mise en œuvre de mesures d'atténuation ;

Q5.18–20 & Q5.23

- Les incertitudes liées aux seuils possibles de changements irréversibles et au comportement du système à proximité de ces seuils ;
- Les décalages temporels entre l'adoption et la réalisation d'objectifs d'atténuation.

De même, les décalages temporels entre l'identification des incidences des changements climatiques, le développement de stratégies d'adaptation efficaces, et la mise en œuvre de mesures d'adaptation ont des répercussions sur l'adaptation.

Du fait de l'inertie dans les systèmes climatiques, écologiques et socio-économiques, l'adaptation est inévitable et déjà indispensable dans certains cas, et cette inertie a des effets sur l'éventail optimal de stratégies d'adaptation et d'atténuation. Les conséquences de l'inertie diffèrent selon qu'il s'agit d'adaptation ou d'atténuation – l'adaptation étant principalement orientée vers une réponse à des effets localisés des changements climatiques, alors que l'atténuation vise à répondre aux incidences sur le système climatique. Ces conséquences ont des répercussions sur l'éventail d'options de politiques les plus économiques et les plus équitables. Des stratégies de couverture et la prise de décisions séquentielle (mesures itératives, évaluation et mesures révisées) peuvent être des réponses appropriées à la combinaison de l'inertie et de l'incertitude. Face à l'inertie, en ce qui concerne les changements climatiques, des mesures d'adaptation ou d'atténuation bien fondées sont plus efficaces, et peuvent quelquefois être moins coûteuses, si elles sont prises plus tôt.

Q5.18-21

L'omniprésence de l'inertie et le risque d'irréversibilité dans les systèmes climatiques, écologiques et socio-économiques interactifs justifient en grande partie l'utilité des mesures d'adaptation et d'atténuation anticipatoires. Si les mesures sont différées, certaines possibilités d'adaptation et d'atténuation peuvent être perdues à jamais.

Q5.24

Question 6

Q6

(a) Comment la portée et l'échelonnement dans le temps de mesures de réduction des émissions peuvent-ils déterminer et influencer le rythme, l'ampleur et les incidences des changements climatiques, et influer sur l'économie mondiale et régionale, compte tenu des émissions passées et actuelles ?

(b) A partir des études de sensibilité, que sait-on des conséquences climatiques, environnementales et socio-économiques régionales et mondiales de la stabilisation des concentrations atmosphériques de gaz à effet de serre (en équivalent-dioxyde de carbone), pour des niveaux allant des niveaux actuels au double de ces niveaux ou plus, compte tenu, si possible, des effets des aérosols ? Pour chaque scénario de stabilisation, y compris diverses voies vers une stabilisation, évaluer les coûts et bénéfices, par rapport à l'éventail de scénarios examinés à la Question 3, en ce qui concerne :
- Les changements prévus des concentrations atmosphériques, du climat et du niveau de la mer, y compris les changements au-delà de cent ans ;
- Les incidences et les coûts et bénéfices économiques des changements climatiques et de la modification de la composition de l'atmosphère sur la santé humaine, et sur la diversité et la productivité des systèmes écologiques et des secteurs socio-économiques (agriculture et eau, en particulier) ;
- L'éventail d'options d'adaptation, y compris les coûts, bénéfices et difficultés ;
- Les technologies, politiques et méthodes susceptibles d'être utilisées pour atteindre chaque niveau de stabilisation, avec évaluation des coûts et bénéfices nationaux et mondiaux, et évaluation quantitative ou qualitative des coûts et bénéfices, par rapport aux nuisances environnementales prévenues grâce aux réductions d'émissions ;
- Les questions de développement, de durabilité et d'équité associées aux incidences, à l'adaptation et à l'atténuation à l'échelle régionale et mondiale.

Des réductions des émissions de gaz à effet de serre pourraient diminuer le rythme et l'ampleur du réchauffement et de l'élévation du niveau de la mer prévus.

Q6.2

Plus les réductions des émissions seront importantes, et plus elles seront mises en œuvre tôt, plus le réchauffement climatique et l'élévation du niveau de la mer pourront être réduits et ralentis. Les futurs changements climatiques sont déterminés par les émissions antérieures, actuelles et futures. Les différences entre les variations de température prévues par les scénarios avec et sans réductions de gaz à effet de serre sont faibles pendant les quelques premières décennies, mais augmentent avec le temps si les réductions se poursuivent.

Q6.3

La stabilisation du forçage radiatif exigera des réductions des émissions de gaz à effet de serre et des gaz qui contrôlent leur concentration. Dans le cas du gaz à effet de serre anthropique le plus important, les modèles du cycle du carbone indiquent que pour obtenir une stabilisation des concentrations atmosphériques de CO_2 à 450, 650 ou 1 000 ppm, les émissions anthropiques mondiales de CO_2 devraient descendre au-dessous des niveaux de 1990, en quelques décennies, un siècle ou environ deux siècles, respectivement, puis diminuer régulièrement par la suite (voir Figure RID–6). Selon ces modèles, les émissions culmineraient d'ici une ou deux décennies environ (450 ppm) et environ un siècle (1 000 ppm) à compter d'aujourd'hui. Finalement, les émissions de CO_2 devraient diminuer pour atteindre un très faible pourcentage des émissions actuelles. Les bénéfices des divers niveaux de stabilisation sont examinés ultérieurement à la Question 6 et leurs coûts sont examinés à la Question 7.

Q6.4

Il existe de multiples incertitudes pour ce qui est de la quantification du réchauffement qui résulterait de toute concentration stabilisée des émissions de gaz à effet de serre. Ceci est dû au facteur d'incertitude de trois concernant la sensibilité du climat aux augmentations des gaz à effet de serre[4]. La Figure RID–7 représente la stabilisation éventuelle des niveaux de CO_2 et la fourchette de variations de température correspondantes qui devraient être obtenues en 2100 et à la phase d'équilibre.

Q6.5

A partir des profils indiqués à la Figure RID–6, et en supposant que les émissions de gaz autres que le CO_2 suivent la projection A1B du RSSE jusqu'à 2100 et restent constantes par la suite, on estime que les réductions d'émissions qui permettraient une stabilisation éventuelle de la concentration atmosphérique de CO_2 à moins de 1 000 ppm, limiteraient l'augmentation de température moyenne mondiale à 3,5°C ou moins en 2100. Selon les estimations, la température moyenne mondiale à la surface devrait augmenter de 1,2 à 3,5°C d'ici 2100 pour des profils qui devraient stabiliser la concentration de CO_2 à des niveaux entre 450 et 1 000 ppm. Par conséquent, même si tous les profils de stabilisation des concentrations de CO_2 analysés pourraient prévenir, au cours du XXIe siècle, la plupart des valeurs supérieures de réchauffement prévues par le RSSE (1,4 à 5,8°C d'ici 2100), il convient de noter que, pour la plupart des profils, l'augmentation des concentrations de CO_2 devrait se poursuivre au-delà de 2100. L'augmentation à la température à l'équilibre prendrait des siècles et se situe entre 1,5 et 3,9°C au-dessus des niveaux de 1990 pour une stabilisation à 450 ppm, et entre 3, 5 et 8,7°C au-dessus des niveaux de 1990 pour une stabilisation à 1 000 ppm[5]. De plus, pour un objectif de stabilisation de température spécifique, il existe de nombreuses incertitudes à propos du niveau de stabilisation des concentrations de gaz à effet de serre (voir Figure RID–7). Le niveau de stabilisation des concentrations de CO_2 pour un objectif de température donné dépend également des niveaux des autres gaz.

Q6.6

[4] La réponse de la température moyenne globale à l'équilibre au doublage du CO_2 atmosphérique est souvent utilisée pour mesurer la sensibilité du climat. Les températures indiquées aux Figures RID–6 et RID–7 sont obtenues à l'aide d'un modèle simple, étalonné pour fournir la même réponse qu'un ensemble de modèles complexes ayant une fourchette de sensibilité entre 1,7 et 4,2°C. Cette fourchette est comparable à la fourchette de 1,5 à 4,5°C communément acceptée.

[5] Pour tous ces scénarios, la contribution au réchauffement à l'équilibre des autres gaz à effet de serre et aérosols est de 0,6°C pour une sensibilité du climat faible et de 1,4°C pour une sensibilité du climat élevée. L'augmentation connexe du forçage radiatif est équivalente à celle qui se produit avec 28 % de plus dans les concentrations finales de CO_2.

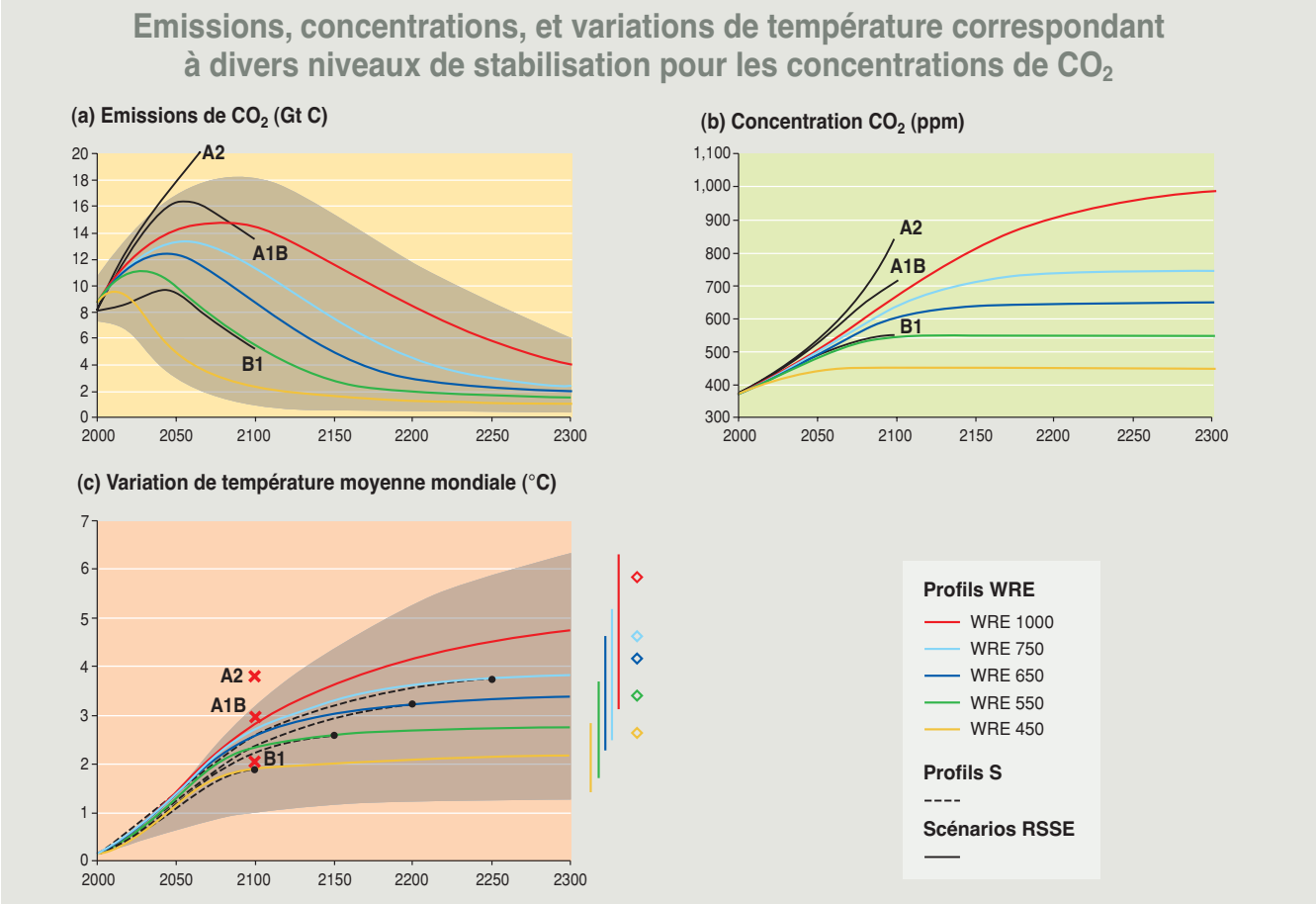


Figure RID–6 : La stabilisation des concentrations de CO_2 exigerait des réductions considérables des émissions au-dessous des niveaux actuels et ralentirait le rythme du réchauffement.

(a) *Émissions de CO_2* : les chemins temporels des émissions de CO_2 susceptibles de conduire à la stabilisation de la concentration atmosphérique du CO_2 à des niveaux différents sont estimés pour les profils de stabilisation WRE par la modélisation du cycle du carbone. La partie ombrée représente la fourchette d'incertitudes.

(b) *Concentrations de CO_2* : Les concentrations de CO_2 spécifiées pour les profils WR2 sont représentées.

(c) *Variations de température moyenne mondiale* : Les variations de température sont évaluées à l'aide d'un modèle climatique simple pour les profils de stabilisation WRE. Le réchauffement se poursuit au-delà du point de stabilisation des concentrations de CO_2 (indiqué par des points noirs), mais beaucoup plus lentement. La simulation suppose que les émissions de gaz autres que le CO_2 suivent la projection A1B du RSSE jusqu'en 2100 et restent constantes par la suite. Ce scénario a été choisi en raison de sa position centrale dans l'éventail de scénarios du RSSE. Les lignes en pointillés représentent les prévisions des variations de température pour les profils S (ne figurant pas sur les graphiques (a) ou (b)). La partie ombrée illustre les effets d'une fourchette de sensibilité du climat pour les cinq cas de stabilisation. Les barres verticales colorées à droite représentent l'incertitude pour chaque cas de stabilisation en 2300. Les losanges à droite représentent le réchauffement moyen à l'équilibre (très long terme) pour chaque niveau de stabilisation du CO_2. Les émissions et concentrations de CO_2 et les variations de température sont également indiquées pour trois des scénarios du RSSE à des fins de comparaison.

Q6 Figure 6-1

Il existe une marge d'incertitude importante à propos de la quantité de réchauffement qui résulterait d'une concentration stabilisée des gaz à effet de serre, quel que soit le niveau

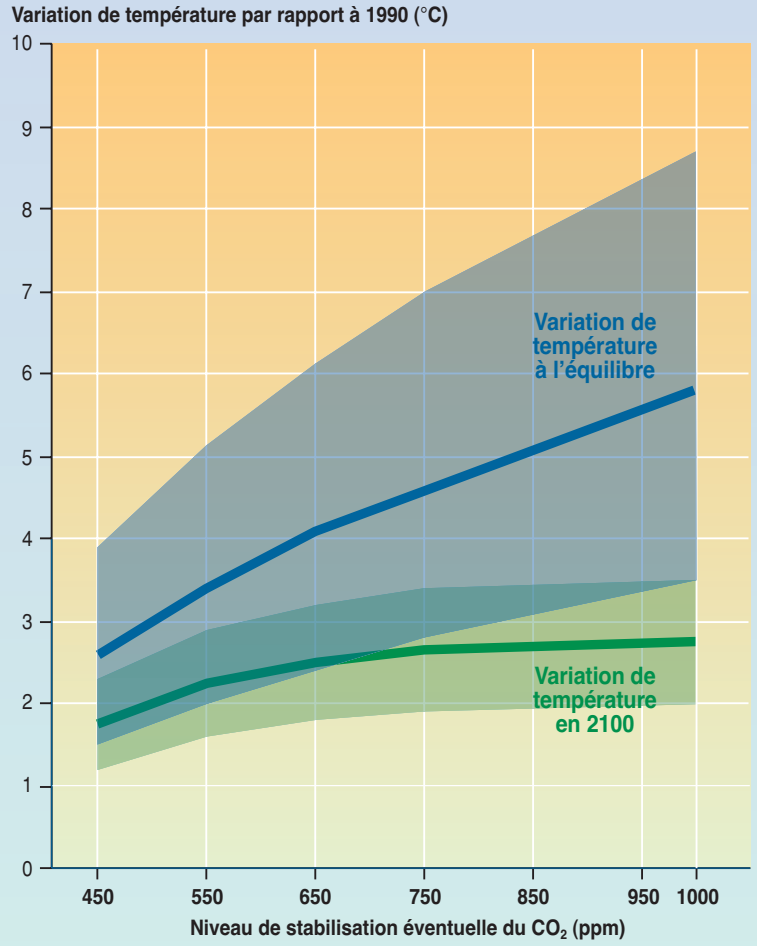


Figure RID–7 : La stabilisation des concentrations de CO_2 diminuerait le réchauffement, mais il est difficile de quantifier cette diminution avec certitude. Les variations de température par rapport à 1990 en (a) 2100 et (b) à l'équilibre sont estimées à l'aide d'un modèle climatique simple pour les profils WRE comme indiqué à la Figure RID–6. Les estimations minimales et maximales pour chaque niveau de stabilisation supposent une sensibilité du climat de 1,7 et 4,2 °C respectivement. L'axe est une moyenne des estimations minimales et maximales.

Q6 Figure 6–2

Le niveau de la mer et les inlandsis devraient continuer de réagir au réchauffement pendant des siècles après la stabilisation des concentrations de gaz à effet de serre. L'élévation prévue du niveau de la mer due à la dilatation thermique à l'équilibre est de l'ordre de 0,5 à 2 m pour une augmentation de la concentration de CO_2 du niveau préindustriel de 280 à 560 ppm, et de 1 à 4 m pour une augmentation de la concentration de CO_2 de 280 à 1 120 ppm. L'élévation observée au cours du XXe siècle a été de 0,1 à 0,2 m. L'élévation prévue serait plus importante si l'on tient compte des effets des concentrations d'autres gaz à effet de serre. D'autres facteurs contribuent à l'élévation du niveau de la mer sur des échelles temporelles allant des siècles à des millénaires. Les modèles évalués dans le projet du TRE prévoient une élévation du niveau de la mer de plusieurs mètres en raison de la fonte des inlandsis polaires (voir Question 4) et de la glace terrestre, même pour des niveaux de stabilisation de 550 ppm équivalent-CO_2.

Q6.8

La réduction des émissions de gaz à effet de serre nécessaire à la stabilisation de leurs concentrations atmosphériques devrait retarder et atténuer les dommages dus aux changements climatiques.

Q6.9

Des mesures de réduction (atténuation) des émissions de gaz à effet de serre diminueraient les pressions exercées par les changements climatiques sur les systèmes naturels et humains. Une augmentation plus lente de la température moyenne mondiale et de l'élévation du niveau de la mer donnerait plus de temps pour s'adapter. Par conséquent, les mesures d'atténuation devraient retarder et atténuer les dommages dus aux changements climatiques, ce qui produirait des bénéfices environnementaux et socio-économiques. Des mesures d'atténuation et leurs coûts associés sont évalués dans la réponse à la Question 7.

Q6.10

Des mesures d'atténuation visant à stabiliser les concentrations atmosphériques de gaz à effet de serre à des niveaux inférieurs offriraient des bénéfices accrus du fait de la réduction des dommages. Une stabilisation à des niveaux inférieurs diminue le risque de dépassement des seuils de température pour les systèmes biophysiques dans lesquels ces seuils existent. La stabilisation du CO_2 à 450 ppm, par exemple, devrait avoir pour effet une augmentation de température moyenne mondiale en 2100 de 0,75 à 1,25°C de moins que celle estimée pour une stabilisation à 1 000 ppm (voir Figure RID–7). A l'équilibre, la différence est de 2 à 5°C environ. L'étendue géographique des dommages ou de la disparition des systèmes naturels et le nombre de systèmes affectés, qui augmentent avec l'ampleur et le rythme des changements climatiques, seraient moindres pour un niveau de stabilisation inférieur. De même, pour un niveau de stabilisation inférieur, les effets des phénomènes climatiques extrêmes seraient moins graves, moins de régions seraient affectées par des effets négatifs nets sur le marché, les incidences mondiales à l'échelle mondiale seraient moindres et le risque de phénomènes à grande échelle et effets majeurs serait réduit.

Q6.11

A l'heure actuelle, il n'y a pas d'estimations quantitatives complètes des bénéfices de la stabilisation à différents niveaux de concentration atmosphérique des gaz à effet de serre. On comprend mieux l'aspect qualitatif des incidences des changements climatiques. Étant donné les incertitudes concernant la sensibilité du climat et les profils géographiques et saisonniers des variations de température, des précipitations et d'autres variables et phénomènes climatiques prévus, on ne peut pas prévoir spécifiquement les incidences des changements climatiques pour des scénarios d'émissions individuels. Les processus clés, les sensibilités et les capacités d'adaptation des systèmes face à l'évolution du climat sont également entachés d'incertitude. En outre, des effets, tels que la modification de la composition et de la fonction des écosystèmes, l'extinction des espèces, et des modifications dans le domaine de la santé, ainsi que la disparité de la répartition des incidences sur les populations, ne peuvent pas être facilement exprimés en unités monétaires ou autres unités communes courantes. Ceci explique pourquoi la compréhension des bénéfices des mesures de réduction des émissions de gaz à effet de serre, y compris des mesures de stabilisation des concentrations de gaz à effet de serre à des niveaux spécifiques, demeure incomplète et pourquoi on ne peut pas comparer directement ces bénéfices aux coûts d'atténuation pour estimer les effets économiques nets de l'atténuation.

Q6.12

L'adaptation est une stratégie nécessaire à tous les niveaux pour renforcer les mesures d'atténuation face aux changements climatiques. Conjointement, ces stratégies peuvent permettre d'atteindre des objectifs de développement durable.

Q6.13

L'adaptation peut être complémentaire à l'atténuation dans le cadre d'une stratégie économique visant à réduire les risques liés aux changements climatiques. La réduction des émissions de gaz à effet de serre, même la stabilisation de leurs concentrations atmosphériques à un niveau peu élevé, ne préviendront pas complètement les changements climatiques ou l'élévation du niveau de la mer ou leurs incidences. De nombreuses adaptations réactives se produiront en réponse à l'évolution du climat et à l'élévation du niveau de la mer, et certaines se sont déjà produites. De plus, l'élaboration de stratégies d'adaptation planifiées pour faire face aux risques et exploiter des possibilités peut renforcer les mesures d'atténuation et contribuer à limiter les effets des changements climatiques. Toutefois, l'adaptation générera des coûts et ne peut pas prévenir la totalité des dommages. Les coûts d'adaptation peuvent être réduits par des mesures d'atténuation qui diminueront et ralentiront les changements climatiques qui menacent les systèmes.

Q6.14–15

On estime que les incidences des changements climatiques pourraient varier dans les pays et selon les pays. La résolution du problème des changements climatiques soulève la question importante de l'équité. Des mesures d'atténuation et d'adaptation bien conçues peuvent promouvoir un développement durable et l'équité dans les pays, et ceci pour tous les pays et pour toutes les générations. La réduction de l'augmentation prévue des extrêmes climatiques devrait bénéficier à tous les pays, en particulier aux pays en développement, que l'on estime plus vulnérables aux changements climatiques que les pays développés. L'atténuation des changements climatiques diminuerait également les risques pour les générations futures, risques résultant des activités de la génération actuelle.

Q6.16–18

Question 7

Q7

Que sait-on des possibilités, coûts et bénéfices et délais d'exécution en ce qui concerne la réduction des émissions de gaz à effet de serre ?

- Quels seraient les coûts et bénéfices socio-économiques et incidences sur l'équité d'options de politique et de mesures, et des mécanismes du Protocole de Kyoto susceptibles de représenter une solution au problème des changements climatiques régionaux et mondiaux ?
- Quels éventails d'options de recherche et développement, investissements et autres mesures d'intervention pourraient être considérés comme étant les plus efficaces pour améliorer le développement et la mise en œuvre de technologies qui répondent au problème des changements climatiques ?
- Quelles options de politiques économiques et autres pourraient être jugées aptes à éliminer les obstacles actuels et potentiels et stimuler le transfert et la mise en œuvre des technologies des secteurs privés et publics entre les pays, et quels en seraient les effets sur les émissions prévues ?
- Comment l'échelonnement dans le temps de ces options influe-t-il sur les coûts et bénéfices économiques associés, et les concentrations atmosphériques de gaz à effet de serre au cours du siècle à venir et au-delà ?

Il existe de nombreuses possibilités, y compris des options technologiques, pour réduire les émissions à court terme ; mais il existe également des obstacles à leur mise en œuvre.

Q7.2–7

D'importants progrès technologiques pertinents pour la réduction potentielle des émissions de gaz à effet de serre ont été réalisés depuis le DRE de 1995, et ceci plus rapidement que prévu. Des réductions nettes des émissions pourraient être obtenues grâce à un large éventail de technologies (conversion plus efficace pour la production et l'utilisation de l'énergie, adoption de technologies sans émissions ou à faibles émissions de gaz à effet de serre, élimination et stockage du carbone, et amélioration de l'utilisation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie, par exemple). Des progrès ont été réalisés dans de nombreux domaines technologiques, à divers stades du développement, et vont de la commercialisation de turbines à vent et l'élimination rapide des gaz dérivés industriels, à l'amélioration de la technologie des piles à combustibles et à la démonstration de stockage souterrain du CO_2.

Q7.3

La mise en œuvre réussie des options d'atténuation relatives aux gaz à effet de serre exigera l'élimination des obstacles techniques, économiques, politiques, culturels, sociaux, comportementaux et/ou institutionnels qui préviennent l'exploitation totale des possibilités technologiques, économiques et sociales de ces options. Les possibilités d'atténuation et les types d'obstacles varient selon les régions et les secteurs, et dans le temps, en raison des variations importantes de la capacité d'atténuation. Un financement innovateur, des politiques d'apprentissage et d'innovation sociaux, des réformes institutionnelles, l'élimination des obstacles au commerce, et l'élimination de la pauvreté auraient des effets positifs pour la plupart des pays. Dans les pays industrialisés, ces possibilités existent

Q7.6

principalement au niveau de l'élimination des obstacles sociaux et comportementaux ; dans les pays aux économies en transition, au niveau de la rationalisation des prix ; et dans les pays en développement, à celui de la rationalisation des prix, d'un meilleur accès aux données et à l'information, de la disponibilité de technologies de pointe, des ressources financières et du renforcement de la formation et des capacités. Mais, quel que soit le pays, l'élimination d'un ensemble d'obstacles générera probablement de nouvelles possibilités.

Q7.7

Les réponses nationales aux changements climatiques peuvent être plus efficaces si elles font partie d'un ensemble de mesures d'intervention visant à limiter ou réduire les émissions nettes de gaz à effet de serre. Cet ensemble peut inclure — selon les circonstances propres à chaque pays — des taxes sur les émissions/le carbone/l'énergie, des droits d'émission échangeables ou non, des politiques sur l'affectation des terres, l'attribution et/ou la suppression de subventions, des systèmes de caution/remboursement, des normes technologiques ou de productivité, des exigences d'énergie mixte, des interdictions de produits, des accords volontaires, des dépenses et investissements gouvernementaux, et l'aide à la recherche et au développement.

Les estimations des coûts par des modèles et des études différents peuvent varier pour de multiples raisons.

Q7.14–19

Q7.14 & Q7.20

Pour diverses raisons, les estimations quantitatives spécifiques des coûts d'atténuation présentent des différences et des incertitudes importantes. Les estimations des coûts diffèrent en raison (a) de la méthodologie[6] utilisée dans l'analyse, et (b) des facteurs et hypothèses sous-jacents intégrés dans l'analyse. L'inclusion de certains facteurs aura pour résultat des estimations faibles, et d'autres des estimations plus élevées. L'inclusion de plusieurs gaz à effet de serre, de puits, de changements d'origine technique, et des échanges des droits d'émission[7] peut produire des estimations de coûts plus faibles. En outre, des études montrent que certaines sources d'émissions de gaz à effet de serre peuvent être limitées pour un coût social nul ou négatif, de sorte que les politiques peuvent exploiter des possibilités « sans regrets » du type rectification des imperfections du marché, inclusion des bénéfices accessoires et recyclage efficace des recettes fiscales. Une coopération internationale facilitant des réductions rentables des émissions peut diminuer les coûts d'atténuation. D'autre part, la prise en compte des chocs macro-économiques potentiels à court terme, des contraintes quant à l'utilisation des mécanismes économiques domestiques et internationaux, des coûts de transactions élevés, l'inclusion de coûts complémentaires, et un recyclage inefficace des recettes fiscales peuvent augmenter les estimations des coûts. Étant donné qu'aucune analyse n'intègre tous les facteurs pertinents affectant les coûts d'atténuation, les estimations de ces coûts peuvent ne pas refléter les coûts réels de la mise en œuvre des mesures d'atténuation.

Des études examinées dans le TRE soulignent l'existence de possibilités considérables pour réduire les coûts d'atténuation.

Q7.15-16

Q7.15 & Q7 Tableau 7-1

Des études ascendantes indiquent l'existence de possibilités considérables pour réduire les coûts d'atténuation. Selon des études ascendantes, des réductions d'émissions mondiales de 1,9–2,6 Gt C_{eq} (gigatonnes équivalent-carbone) et de 3,6–5,0 GTC_{eq} par an[8] pourraient être obtenues d'ici 2010 et 2020 respectivement. La moitié de ces réductions potentielles pourraient être obtenues d'ici 2020 avec des bénéfices directs (économies d'énergie) supérieurs aux coûts directs (capital net, coûts d'exploitation et de maintenance) et l'autre moitié à un coût direct net pouvant atteindre 100 dollars américains par t C_{eq} (aux prix de 1998). Ces

[6] Le DRE décrivait deux types d'études pour l'estimation des coûts : des études ascendantes, basées sur l'évaluation de technologies et de secteurs spécifiques, et des études descendantes, basées sur des rapports macro-économiques. Voir Encadré 7–1 dans le rapport principal.

[7] Une méthode axée sur le marché pour la réalisation des objectifs environnementaux qui permet, dans le cas de réductions d'émissions de gaz à effet de serre supérieures aux réductions nécessaires, d'utiliser ou d'échanger les réductions excédentaires pour compenser les émissions d'autres sources intérieures ou extérieures au pays. Ici, le terme est utilisé au sens général afin d'inclure les échanges des droits d'émissions, et la collaboration dans le cadre de projets.

[8] Les estimations de réduction d'émissions se réfèrent à une tendance de base dont l'ampleur est similaire au scénario B2 du RSSE.

estimations des coûts nets directs sont obtenues à partir de taux d'actualisation de 5 à 12 %, correspondant aux taux d'actualisation du secteur public. Les taux de rentabilité internes privés varient sensiblement, et sont souvent beaucoup plus élevés, et influent sur l'adoption de ces technologies par le secteur privé. En fonction du scénario d'émissions, les émissions mondiales pourraient être réduites jusqu'aux niveaux de 2000 en 2010–2020, à ces coûts directs nets estimés. L'obtention de ces réductions génère des coûts de mise en œuvre supplémentaires, dont certains peuvent être considérables, et exige des politiques de soutien, une recherche et un développement plus importants, un transfert de technologies efficace, et l'élimination d'autres obstacles. Les diverses études mondiales, régionales, et sectorielles et les études de projets évaluées dans le TRE du GTIII ont des portées et des hypothèses différentes. Il n'existe pas d'études pour chaque secteur et chaque région.

Q7.4 & Q7.16

Les forêts, terres agricoles et autres écosystèmes terrestres présentent un important potentiel d'atténuation pour ce qui est du carbone. La conservation et le piégeage du carbone, sans être nécessairement permanentes, peuvent permettre d'attendre le développement et la mise en œuvre d'autres options. Il peut y avoir trois stratégies d'atténuation biologique : (a) la conservation des bassins de carbone existants, (b) le piégeage par l'accroissement des bassins de carbone[9], et (c) le remplacement par des produits biologiques produits durablement. Selon les estimations, le potentiel mondial des options d'atténuation biologique serait de l'ordre de 100 Gt C (cumulatif) en 2050, soit environ 10 à 20 % des émissions de combustibles fossiles prévues pendant cette période, bien que ces estimations fassent l'objet d'un grand nombre d'incertitudes. La réalisation de ce potentiel dépend de la disponibilité des terres et de l'eau ainsi que du rythme de l'adoption des méthodes de gestion des terres. Les régions subtropicales et tropicales offrent le plus important potentiel biologique pour l'atténuation du carbone atmosphérique. Les estimations des coûts d'atténuation biologique fournies à ce jour varient sensiblement entre 0,1 dollars américains et environ 20 dollars américains par t C dans plusieurs pays tropicaux et entre 20 dollars américains et 100 dollars américains par t C dans les pays non tropicaux. Les analyses financières et de comptabilisation du carbone font appel à des méthodes qui ne sont pas comparables. De plus, dans bien des cas, les calculs des coûts ne couvrent pas, entre autre, les infrastructures, l'actualisation appropriée, la surveillance, la collecte des données et les coûts de mise en œuvre, les coûts de substitution des terres et de la maintenance, ou d'autres dépenses récurrentes qui sont souvent exclues ou ignorées. Selon les estimations, la partie inférieure de la fourchette tend vers une sous-estimation, mais la compréhension et le traitement des coûts s'améliorent avec le temps. Des options d'atténuation biologique pourront réduire ou augmenter les émissions de gaz à effet de serre sans CO_2.

Q7.17–18

Pour les pays visés à l'Annexe B, les estimations des coûts pour l'application du Protocole de Kyoto varient selon les études et les régions, et dépendent considérablement, entre autre, des hypothèses concernant l'utilisation des mécanismes de Kyoto et leur interaction avec les mesures nationales (voir Figure RID–8 pour la comparaison des coûts d'atténuation pour les régions visées à l'Annexe II). La plupart des études mondiales indiquant et comparant ces coûts utilisent des modèles internationaux économiques en énergie. Les incidences suivantes sur le produit intérieur brut (PIB) sont indiquées par neuf de ces études. En l'absence d'échanges de droits d'émissions entre les pays visés à l'Annexe B, ces études prévoient des réductions du PIB[10] de l'ordre de 0,2

[9] Les changements d'affectation des terres pourraient influer sur la concentration atmosphérique de CO_2. Théoriquement, si la totalité du carbone émis à la suite des changements d'affectation des terres par le passé pouvait être restaurée dans la biosphère terrestre au cours du siècle (grâce au reboisement, par exemple), la concentration de CO_2 pourrait diminuer de 40 à 70 ppm).

[10] Les réductions du PIB sont calculées par rapport au PIB de référence prévu pour chaque modèle. Les modèles ont évalué uniquement les réductions de CO_2. A l'opposé, les estimations obtenues dans les analyses ascendantes susmentionnées incluaient tous les gaz à effet de serre. Un grand nombre de méthodes métrologiques informatiques peuvent être utilisées pour présenter les coûts. Par exemple, dans le cas des pays développés, si les coûts annuels associés aux engagements quantifiés pris à Kyoto avec échanges complets des droits d'émissions Annexe B sont de l'ordre de 0,5 % du PIB, ceci représente 125 milliards de dollars américains (1 000 millions) par an, ou 125 dollars américains par personne par an d'ici 2010 dans l'Annexe II (hypothèses du RSSE). Cela correspond à une incidence de moins de 0,1 point de pourcentage sur les taux de croissance économique sur dix ans.

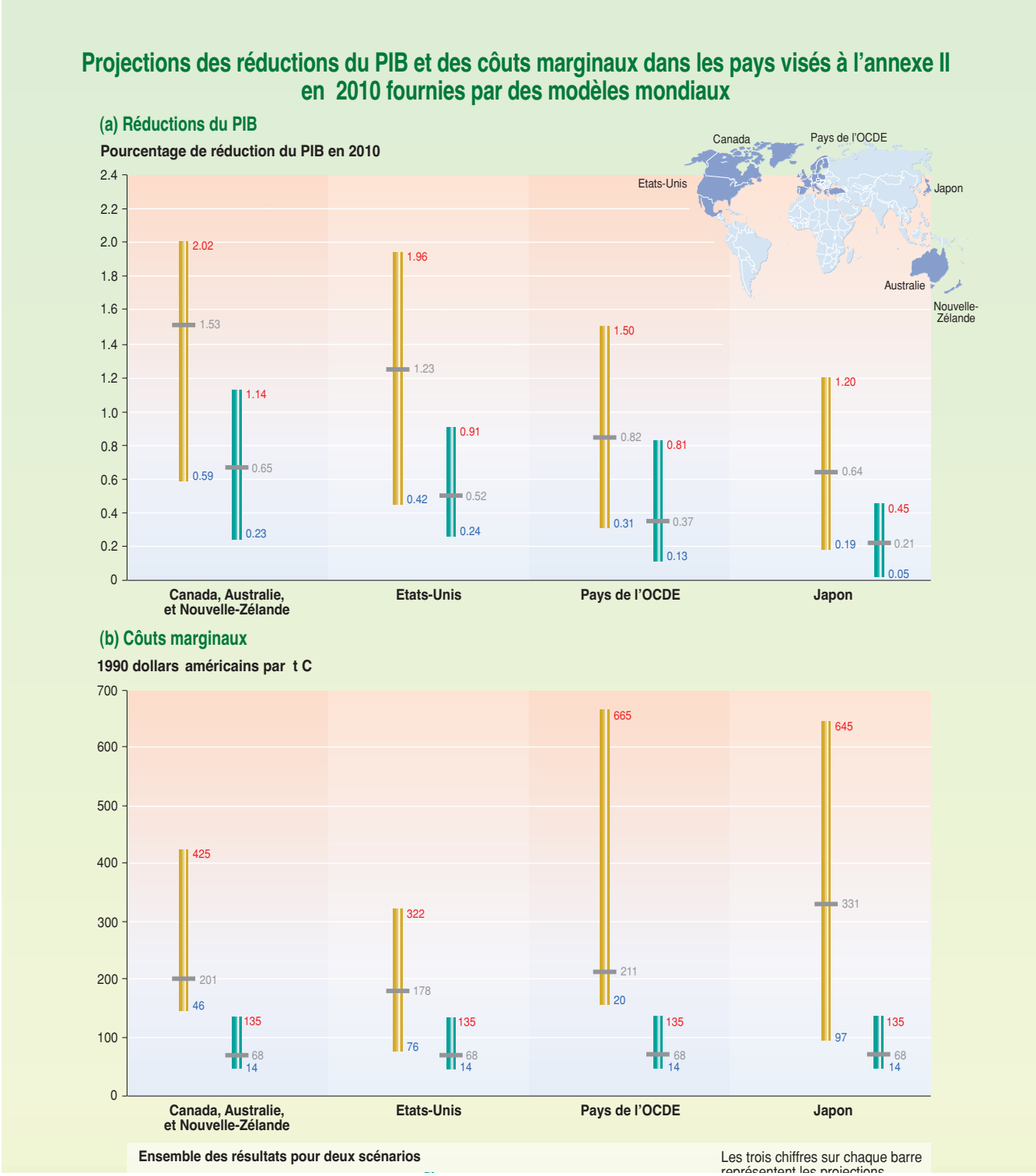


Figure RID–8 : Projections des réductions du PIB et des coûts marginaux dans les pays visés à l'Annexe II en 2010 fournies par des modèles mondiaux : (a) Réductions du PIB et (b) coûts marginaux. Les réductions du PIB prévues sont pour 2010 par rapport au PIB de référence des modèles. Ces estimations sont basées sur les résultats obtenus par neuf équipes de modélisation qui ont participé à une étude forum de modélisation sur l'énergie. Les projections illustrées concernent quatre régions qui constituent l'Annexe II. Les modèles ont examiné deux scénarios. Dans le premier, chaque région effectue la réduction prescrite avec uniquement des échanges domestiques des droits d'émissions de carbone. Dans le second, les échanges des droits d'émissions Annexe B sont autorisés et par conséquent, les coûts marginaux sont les mêmes pour toutes les régions. Pour chaque cas ou région, les valeurs maximales, moyennes et minimales des coûts marginaux estimés pour tous les modèles sont indiquées. Pour les facteurs clés, hypothèses et incertitudes sous-jacentes aux études, voir Tableau 7–3 et Encadré 7–1 dans le rapport principal.

Q7.18–19

à 2 % en 2010 pour des régions visées à l'Annexe II. Dans le cas d'échanges complets des droits d'émissions entre les pays visés à l'Annexe II, les réductions prévues pour 2010 sont de 0,1 à 1,1 % du PIB prévu. Les études de modélisation mondiales susmentionnées indiquent des coûts marginaux nationaux pour la satisfaction des objectifs de Kyoto de 20 dollars américains à 600 dollars américains par t C en l'absence d'échanges de droits d'émissions, et de 15 dollars américains à 150 dollars américains par t C avec échanges entre les pays visés à l'Annexe B. Pour la majorité des pays aux économies en transition, les effets sur le PIB vont d'une augmentation négligeable à une augmentation de plusieurs pour cent. Cependant, pour certains de ces pays, la mise en œuvre du Protocole de Kyoto aura les mêmes effets sur le PIB que pour les pays visés à l'Annexe II. Lorsque ces études ont été effectuées, la plupart des modèles n'incluaient pas les puits, les gaz à effet de serre sans CO_2, le Mécanisme de développement propre (CDM), les options à coûts négatifs, les bénéfices accessoires ou un recyclage ciblé des recettes fiscales, qui sont tous des facteurs qui une fois inclus, contribueront à réduire les estimations de coûts. Mais par ailleurs, ces modèles utilisent des hypothèses qui sous-estiment les coûts car ils supposent une utilisation complète des échanges de droits d'émissions sans coûts de transactions, dans les pays visés à l'Annexe B et entre eux, ainsi qu'une efficacité optimale des réponses d'atténuation et un début d'ajustement économique pour la réalisation des objectifs de Kyoto entre 1990 et 2000. Les réductions de coûts obtenues grâce aux mécanismes de Kyoto peuvent dépendre de la structure de la mise en œuvre, notamment de la compatibilité des mécanismes nationaux et internationaux, des contrôles et des coûts de transaction.

Les contrôles des émissions sur les pays visés à l'Annexe I ont des effets de « réaction en chaîne », bien établis, mais divers, sur les pays non visés à l'Annexe I[11].

Q7.19

Les analyses indiquent des réductions du PIB prévu et des revenus du pétrole prévus pour les pays exportateurs de pétrole non visés à l'Annexe I. L'étude présentant les coûts les plus faibles indique des réductions de 0,2 % du PIB prévu sans échanges des droits d'émission et moins de 0,05 % du PIB prévu avec échanges des droits d'émissions Annexe B en 2010[12]. L'étude présentant les coûts les plus élevés indique des réductions de 25 % des revenus du pétrole prévus sans échanges des droits d'émissions, et 13 % des revenus de pétrole prévus avec échanges des droits d'émissions Annexe B en 2010. A l'exception des échanges des droits d'émission Annexe B, ces études ne prennent pas en compte les politiques et les mesures susceptibles d'atténuer les incidences sur les pays exportateurs de pétrole non visés à l'Annexe I. Les effets sur ces pays peuvent être encore réduits par la suppression des subventions pour les combustibles fossiles, la restructuration des taxes sur l'énergie en fonction de la teneur en carbone, une utilisation accrue du gaz naturel, et la diversification des économies des pays exportateurs de pétrole non visés à l'Annexe I. D'autres pays non visés à l'Annexe I peuvent être affectés négativement par des réductions de la demande d'exportations pour les pays de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) et par l'augmentation du prix des produits à forte teneur en carbone et d'autres produits qu'ils continuent d'importer. Ces autres pays non visés à l'Annexe I peuvent bénéficier de réductions du prix des combustibles, d'exportations accrues de produits à forte teneur en carbone, et du transfert de technologies et de savoir-faire écologiquement rationnels. La possibilité de réimplantation de certaines industries fortes consommatrices de carbone dans des pays non visés à l'Annexe I et des répercussions plus étendues sur les échanges commerciaux en réponse à l'évolution des prix pourraient conduire à des fuites de carbone[13] de l'ordre de 5 à 20 %.

Le développement et le transfert technologiques sont des composants importants d'une stabilisation rentable.

Q7.9–12 & Q7.23

[11] Ces effets de « réaction en chaîne » incluent uniquement les effets économiques, et non pas les effets environnementaux.

[12] Ces estimations de coûts peuvent être exprimées sous forme de différences des taux de croissance du PIB pour la période 2000–2010. Sans échanges des droits d'émissions, le taux de croissance du PIB diminue de 0,02 points de pourcentage par an ; avec échanges des droits d'émissions Annexe B, le taux de croissance diminue de moins de 0,005 points de pourcentage par an.

[13] Les fuites de carbone sont définies ici comme l'augmentation des émissions dans les pays non visés à l'Annexe B en raison de la mise en œuvre des réductions dans l'Annexe B, exprimée sous forme de pourcentage des réductions de l'Annexe B.

Le développement et le transfert de technologies écologiquement rationnelles pourraient avoir un rôle critique pour ce qui est de la réduction des coûts de la stabilisation des concentrations de gaz à effet de serre. Le transfert de technologies entre les pays et les régions pourrait élargir l'éventail d'options régionales. Des économies d'échelle et d'apprentissage réduiront les coûts de leur adoption. Des cadres de politiques économiques et de réglementation sûrs, ainsi que la transparence et la stabilité politique permettront aux gouvernements de créer un environnement qui facilitera les transferts de technologies dans les secteurs privés et publics. Une capacité suffisante dans le domaine des ressources humaines et organisationnelles est indispensable à chaque stade pour augmenter le nombre et améliorer la qualité des transferts de technologies. De plus, le travail en réseau entre les intervenants des secteurs privés et publics et la concentration sur des produits et des techniques offrants de multiples bénéfices accessoires, qui répondent ou s'adaptent aux besoins et priorités de développement local, sont indispensables à l'efficacité des transferts de technologie.

Q7.9-12 & Q7.23

Des scénarios avec des émissions inférieures exigent d'autres schémas de développement des ressources énergétiques et une augmentation de la recherche et du développement sur l'énergie afin d'accélérer le développement et l'utilisation de technologies de pointe et écologiquement rationnelles dans le secteur énergétique. Il est pratiquement certain que les émissions de CO_2 dues à la combustion des combustibles fossiles seront le facteur dominant qui influera sur l'évolution des concentrations atmosphériques de CO_2 au cours du XXIe siècle. Une évaluation des données sur les ressources fournie par le TRE laisse prévoir une modification de l'utilisation de plusieurs sources d'énergie et l'introduction de nouvelles sources d'énergie au cours du XXIe siècle. Le choix d'un mélange d'énergies et de technologies et investissements associés — axés sur l'exploitation de ressources en pétrole et gaz non conventionnelles, ou sur des sources d'énergie non fossiles ou de technologies énergétiques fossiles avec piégeage et stockage du carbone — permettra de déterminer si les concentrations de gaz à effet de serre pourront être stabilisées, et dans l'affirmative, à quel niveau et à quel coût.

Q7.27

La voie vers la stabilisation et le niveau de stabilisation lui-même seront des facteurs clés des coûts d'atténuation[14].

Q7.24–25

La voie adoptée pour atteindre un objectif de stabilisation spécifique aura des répercussions sur les coûts d'atténuation (voir Figure RID–9). Une transition progressive entre le système énergétique mondial actuel et une économie avec moins d'émissions de carbone minimise les coûts associés à la mise au rebut prématurée des biens d'équipement en service, permet d'attendre le développement technologique et permet de dépasser le stade initial des technologies à faibles émissions qui évoluent rapidement. Par ailleurs, une action plus rapide à court terme augmenterait la flexibilité pour atteindre les objectifs de stabilisation, diminuerait les risques pour l'environnement et les êtres humains, ainsi que les coûts associés aux changements climatiques, pourrait stimuler la mise en œuvre plus rapide des technologies à faibles émissions, et fournir de fortes incitations à court terme pour l'évolution technologique future.

Q7.24

Des études montrent que les coûts de la stabilisation des concentrations de CO_2 dans l'atmosphère augmentent avec la diminution du niveau de stabilisation des concentrations. Des niveaux de référence différents peuvent avoir une influence considérable sur les coûts absolus (voir Figure RID–9). On observe une augmentation modérée des coûts lorsqu'on passe d'un niveau de stabilisation de concentration de 750 à 550 ppm, mais l'augmentation des coûts est plus grande lorsqu'on passe de 550 à 450 ppm sauf si les émissions dans le scénario de référence sont très faibles. Bien que les projections des modèles indiquent que les mesures d'atténuation n'influent pas sensiblement sur les voies de croissance mondiale du PIB à long terme, elles ne montrent pas les variations plus importantes qui se produisent sur certaines échelles temporelles plus courtes, et dans certains secteurs ou régions. Ces études n'incluent pas le piégeage du carbone et n'examinent pas les effets possibles d'objectifs plus ambitieux sur les changements technologiques induits. De plus, la question de l'incertitude prend une importance accrue au fur et à mesure de l'extension du cadre temporel.

Q7.25

[14] Voir Question 6 pour la discussion des incidences des changements climatiques.

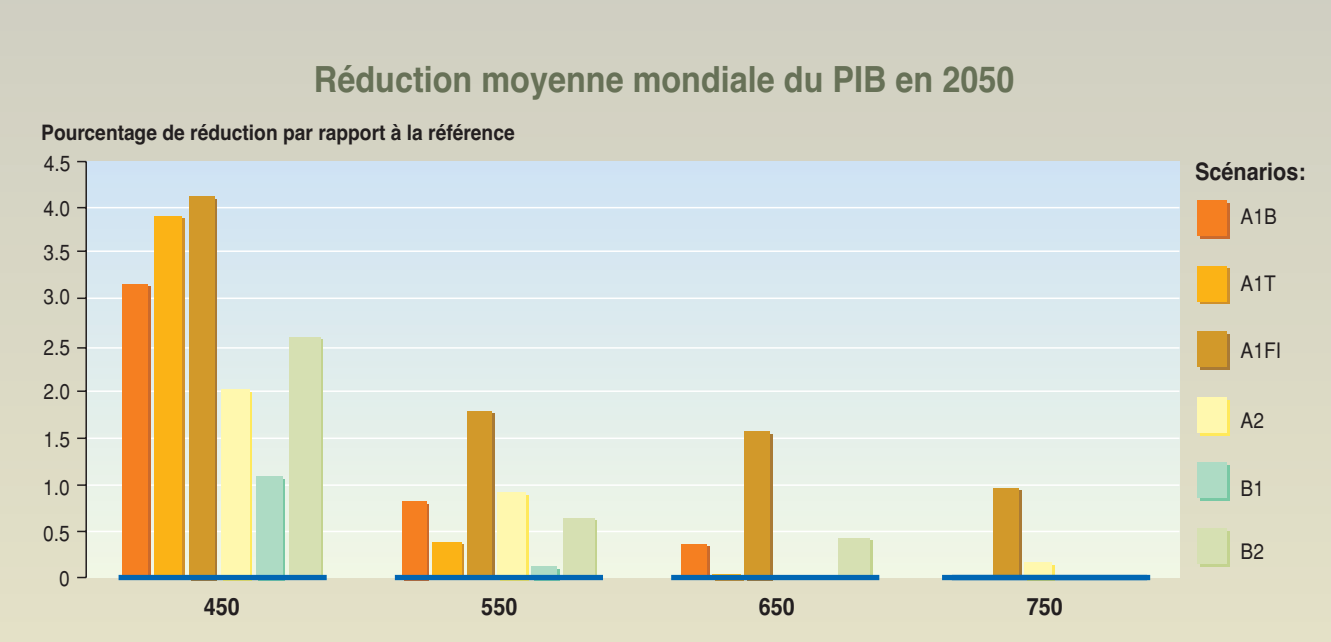


Figure RID–9 : Rapport indicatif en 2050 entre la réduction relative du PIB due aux mesures d'atténuation, les scénarios du RSSE et le niveau de stabilisation. La réduction du PIB tend à augmenter avec l'importance des niveaux de stabilisation, mais le choix du scénario de référence influe considérablement sur les coûts. Ces projections des coûts d'atténuation ne prennent pas en compte les bénéfices potentiels de la prévention de certains changements climatiques (pour une information plus détaillée, voir la légende de la Figure 7–4 du rapport principal).

Q7.25

Question 8

Q8

Que sait-on de l'interaction entre les changements climatiques anthropiques et les autres problèmes environnementaux (pollution atmosphérique urbaine, dépôts acides régionaux, diminution de la biodiversité, appauvrissement de l'ozone stratosphérique, et désertification et dégradation des terres, par exemple) ? Que sait-on des coûts et bénéfices environnementaux, sociaux et économiques et des implications de ces interactions pour l'intégration équitable de stratégies de réponse aux changements climatiques dans des stratégies de développement durable plus larges, à l'échelle locale, régionale et mondiale ?

Les problèmes environnementaux locaux, régionaux et mondiaux sont inextricablement liés et ont des répercussions sur le développement durable. Il existe donc des possibilités synergiques pour le développement d'options de réponse plus efficaces à ces problèmes environnementaux qui augmenteront les bénéfices, réduiront les coûts, et répondront aux besoins humains plus durablement.

Q8.1–2

Dans bien des cas, la satisfaction des besoins humains est à l'origine d'une détérioration de l'environnement, laquelle à son tour risque de diminuer la capacité à répondre aux besoins actuels et futurs. On peut, par exemple, augmenter les rendements agricoles par une utilisation accrue des engrais azotés, de l'irrigation ou par la transformation des prairies naturelles et des forêts en terres cultivées. Mais ces changements peuvent avoir des répercussions sur le climat mondial en raison de l'émission de gaz à effet de serre, entraîner une dégradation des terres due à l'érosion et à la salinisation des sols, et

Q8.3 & Q8.15

contribuer à la diminution de la biodiversité et du piégeage du carbone à la suite de la transformation et de la fragmentation des écosystèmes naturels. De même, la production agricole peut être affectée négativement par les changements climatiques, en particulier dans les régions tropicales et subtropicales, par la diminution de la biodiversité et les modifications des gènes et des espèces, et par la dégradation des terres due à la diminution de la fertilité des sols. Nombre de ces changements ont des effets néfastes sur la sécurité alimentaire et ont des incidences disproportionnées sur les pauvres.

Q8.4

Les principaux facteurs sous-jacents aux changements climatiques anthropiques sont semblables à ceux liés à la majorité des questions environnementales et socio-économiques — à savoir, croissance économique, évolution technologique générale, modes de vie, évolution démographique (effectif de la population, structures par âges et migrations) et structures de l'autorité. Ils peuvent donner lieu à :

- L'accroissement des besoins en ressources naturelles et en énergie ;
- Des imperfections du marché, y compris des subventions qui conduisent à une utilisation inefficace des ressources et constituent un obstacle à la pénétration du marché par des technologies écologiquement rationnelles ; l'absence de reconnaissance de la valeur réelle des ressources naturelles ; l'incapacité à prendre des dispositions financières pour les valeurs mondiales des ressources naturelles au niveau local et l'incapacité à internaliser les coûts de la dégradation environnementale dans la valeur marchande d'une ressource ;
- Une disponibilité et un transfert limités des technologies, une utilisation inefficace des technologies et des investissements insuffisants pour la recherche et le développement des futures technologies ;
- Une gestion inefficace de l'utilisation des ressources naturelles et de l'énergie.

Q8.5–20

Les changements climatiques ont des incidences sur les problèmes environnementaux tels que la diminution de la biodiversité, la désertification, l'appauvrissement de l'ozone stratosphérique, les ressources d'eau douce et la qualité de l'air, et, réciproquement, un grand nombre de ces problèmes influent sur les changements climatiques. Selon les prévisions, par exemple, les changements climatiques devraient aggraver la pollution atmosphérique régionale et retarder la régénération de la couche d'ozone stratosphérique. Les changements climatiques pourraient également influer sur la productivité et la composition des écosystèmes terrestres et aquatiques, avec des risques de diminution de la diversité génétique et des espèces dans de nombreuses régions. Réciproquement, la pollution atmosphérique locale et régionale, l'appauvrissement de l'ozone stratosphérique, les modifications des écosystèmes et la dégradation des terres affectera le climat mondial en modifiant les sources et les puits des gaz à effet de serre, le bilan radiatif de l'atmosphère et l'albédo de surface.

Q8.21–25

Les liens entre les problèmes environnementaux locaux, régionaux et mondiaux et leur rapport avec la satisfaction des besoins humains offrent des possibilités d'exploitation des synergies pour développer des options de réponse et pour réduire la vulnérabilité aux changements climatiques, tout en tenant compte de l'interaction de certains problèmes. Un grand nombre d'objectifs environnementaux et développementaux peuvent être atteints grâce à l'adoption d'un large éventail de technologies, de politiques et de mesures qui reconnaissent explicitement les liens inextricables entre les problèmes environnementaux et les besoins humains. La satisfaction des besoins énergétiques, dans le contexte d'une réduction économique de la pollution atmosphérique locale et régionale et des changements climatiques mondiaux, exige une évaluation interdisciplinaire des synergies et des interactions des moyens utilisés pour répondre aux besoins énergétiques le plus économiquement, et le plus durablement au plan environnemental et social. Les émissions de gaz à effet de serre et la pollution locale et régionale pourraient être réduites par une utilisation plus efficace de l'énergie et par l'utilisation accrue de combustibles fossiles émettant moins de carbone, de technologies de pointe sur les combustibles fossiles (turbines à gaz à cycle combiné extrêmement performantes, cellules combustibles, et systèmes combinant la chaleur et l'énergie, par exemple) et de technologies à énergie renouvelable (utilisation accrue de biocombustibles écologiquement rationnels, de l'énergie hydroélectrique, solaire, éolienne, ou de l'énergie des vagues, par exemple). On peut également réduire l'augmentation des émissions de gaz à effet de serre dans l'atmosphère en améliorant l'absorption du carbone, grâce, par exemple, à l'afforestation, au reboisement, au ralentissement du déboisement et à une meilleure gestion des

forêts, des grands pâturages libres, des zones humides et des terres cultivables, mesures qui peuvent avoir des effets positifs sur la biodiversité, la production alimentaire, les terres et les ressources en eau. Une réduction de la vulnérabilité aux changements climatiques peut souvent réduire la vulnérabilité à d'autres stress environnementaux, et inversement. Dans certains cas, il existe des interactions. Dans certaines mises en œuvre, par exemple, les monocultures peuvent appauvrir la biodiversité locale.

La capacité d'adaptation et d'atténuation des pays peut être améliorée lorsque les politiques climatiques sont intégrées dans des politiques de développement nationales à composantes économiques, sociales et environnementales. Les options d'atténuation et d'adaptation climatiques peuvent produire des bénéfices accessoires qui répondent aux besoins humains, améliorent le bien-être et entraînent d'autres bénéfices environnementaux. Les pays aux ressources économiques limitées et à faible niveau technologique sont souvent très vulnérables aux changements climatiques et à d'autres problèmes environnementaux.

Q8.26-27

Il existe une interdépendance élevée entre les questions d'ordre environnemental qui font l'objet d'accords environnementaux multilatéraux ; la mise en œuvre de ces accords peut tirer profit de certaines synergies. Des problèmes concernant l'environnement mondial font l'objet de conventions et accords individuels, et d'accords régionaux. Ces accords peuvent contenir, entre autres, des questions d'intérêt commun et des besoins similaires pour atteindre des objectifs généraux — plans de mise en œuvre, collecte et traitement des données, renforcement de la capacité humaine et infrastructurelle, et obligations de communication de données, par exemple. Ainsi, bien que différentes, la Convention de Vienne pour la protection de la couche d'ozone et la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques sont scientifiquement interdépendantes, étant donné que de nombreux composés qui contribuent à l'appauvrissement de la couche d'ozone sont également d'importants gaz à effet de serre et que certains produits de substitution destinés à remplacer les substances qui appauvrissent la couche d'ozone désormais interdites sont des gaz à effet de serre.

Q8.11 & Q8.28

Question 9

Q9

Quelles sont les conclusions les plus robustes et les incertitudes clés en ce qui concerne l'attribution des changements climatiques et les projections des modèles à propos :

- des futures émissions de gaz à effet de serre et d'aérosols ?
- des futures concentrations de gaz à effet de serre et d'aérosols ?
- des futurs changements climatiques régionaux et mondiaux ?
- des incidences régionales et mondiales des changements climatiques ?
- des coûts et bénéfices des options d'atténuation et d'adaptation ?

Dans le présent rapport, on entend par une ***conclusion robuste*** en matière de changements climatiques un résultat qui reste valable avec diverses approches, méthodes, modèles et hypothèses, et sur lequel les incertitudes seront relativement sans effet. Dans ce contexte, on entend par ***incertitudes clés*** des incertitudes qui, si elles sont réduites, peuvent donner lieu à de nouvelles conclusions robustes à propos des questions du présent rapport. Dans les exemples du Tableau RID–3, un grand nombre des conclusions robustes concernent l'*existence* d'une réponse du climat aux activités humaines et la forme cette réponse. De nombreuses incertitudes clés concernent la *quantification* de l'ampleur et/ou de l'échelle temporelle de la réponse. Le tableau présente une attribution des changements climatiques, et analyse les questions illustrées à la Figure RID–1. La Figure RID–10 illustre certaines des principales conclusions robustes sur les changements climatiques. Le Tableau RID–3 fournit des exemples et n'est pas une liste exhaustive.

Tableau RID–3 Conclusions robustes et incertitudes clés.[a]

Conclusions robustes		*Incertitudes clés*
Les observations mettent en évidence un réchauffement de la surface de la terre. A l'échelle mondiale, les années 1990 sont très probablement la décennie la plus chaude du relevé instrumental (Figure RID–10b). **[Q9.8]** Concentrations atmosphériques des principaux gaz à effet de serre anthropiques. (CO_2 (Figure RID–10a), CH_4, N_2O, et O_3 troposphérique) ont augmenté sensiblement depuis 1750. **[Q9.10]** Certains gaz à effet de serre ont une longue durée de vie (CO_2, N_2O et PFC, par exemple). **[Q9.10]** La majorité du réchauffement observé au cours des cinquante ans passés est due probablement à l'augmentation des concentrations de gaz à effet de serre résultant des activités humaines. **[Q9.8]**	**Changements climatiques et attribution**	Ampleur et caractère de la variabilité naturelle du climat. **[Q9.8]** Forçages climatiques dus aux facteurs naturels et aux aérosols anthropiques (effets indirects, principalement). **[Q9.8]** Liens entre les tendances régionales et les changements climatiques anthropiques. **[Q9.8 & Q9.22]**
Il est pratiquement certain que l'augmentation des concentrations de CO_2 au cours du XXIe siècle sera due aux émissions de combustibles fossiles (Figure RID–10a). **[Q9.11]** La stabilisation des concentrations atmosphériques de CO_2 à 450, 650 ou 1 000 ppm exigera une réduction des émissions de CO_2 anthropiques mondiales au dessous des niveaux de 1990 en l'espace de quelques décennies, d'un ou de deux siècles environ, respectivement, suivi d'une réduction continue jusqu'à un faible pourcentage des émissions actuelles. Les émissions devraient culminer en une ou deux décennies (450 ppm) et environ un siècle (1 000 ppm) à compter des valeurs actuelles. **[Q9.30]** Pour la plupart des scénarios du RSSE, les émissions de SO_2 (précurseur des aérosols sulfatés) sont inférieures en 2100 par rapport à 2000. **[Q9.10]**	**Émissions et concentrations futures des gaz à effet de serre et aérosols basées sur des modèles et des projections avec scénarios du RSSE et scénarios de stabilisation**	Hypothèses sous-jacentes au large éventail[b] de scénarios d'émissions du RSSE concernant la croissance économique, l'évolution technologique, l'évolution démographique et les structures de gouvernance (à l'origine des plus importantes incertitudes dans les projections). Scénarios d'émissions inappropriés pour les précurseurs de l'ozone et des aérosols). **[Q9.10]** Facteurs de la modélisation du cycle du carbone, y compris les effets des rétroactions climatiques[b].**[Q9.10]**
Très probablement, la température moyenne mondiale à la surface au cours du XXIe siècle augmentera à un rythme sans précédent pendant les 10 000 ans passés (Figure RID–10b). **[Q9.13]** Très probablement, la quasi totalité des zones terrestres se réchaufferont plus que la moyenne mondiale, avec augmentation du nombre de jours chauds et de vagues de chaleur et diminution du nombre de jours froids et de vagues de froid. **[Q9.13]** Le niveau de la mer s'élèvera au cours du XXIe siècle et cette élévation se poursuivra pendant des siècles. **[Q9.15]** Les cycles hydrologiques seront plus intenses. Il y aura très probablement une augmentation des précipitations moyennes mondiales, et les précipitations seront plus intenses sur un grand nombre de régions. **[Q9.14]** Augmentation probable de la sécheresse estivale et des risques associés de sécheresse sur les zones intérieures continentales à moyenne latitude. **[Q9.14]**	**Futurs changements climatiques à l'échelle régionale et mondiale basés sur des projections de modèles avec scénarios du RSSE**	Hypothèses associées à un large éventailc de scénarios du RSSE, comme précédemment. **[Q9.10]** Facteurs associés aux projections de modèles[c], en particulier sensibilité du climat, forçage du climat et rétroactions, en particulier à propos de la vapeur d'eau, des nuages et des aérosols (y compris les effets indirects des aérosols). **[Q9.16]** Compréhension de la distribution théorique associée aux projections des températures et du niveau de la mer. **[Q9.16]** Mécanismes, quantifications, échelles temporelles et probabilités associés aux changements abrupts/non-linéaires à grande échelle (circulation thermohaline océanique, par exemple). **[Q9.16]** Capacités des modèles aux échelles régionales (précipitations notamment) donnant lieu à des projections contradictoires et des difficultés quant à la quantification aux échelles locales et régionales. **[Q9.16]**

[a] Dans le présent rapport, on entend par ***conclusion robuste*** au sujet des changements climatiques un résultat qui reste valable avec diverses approches, méthodes, modèles et hypothèses, et sur lequel les incertitudes seront relativement sans effet. Dans ce contexte, on entend par ***incertitudes clés*** des incertitudes qui, si elles sont réduites, peuvent donner lieu à de nouvelles conclusions robustes à propos des questions du présent rapport. Ce tableau fournit des exemples et n'est pas une liste exhaustive.

[b] La prise en compte des incertitudes ci-dessus conduit à une fourchette de concentrations de CO_2 en 2100 entre 490 et 1 260 ppm environ.

[c] La prise en compte des incertitudes ci-dessus conduit à une fourchette de 1,4 à 5,8°C (Figure RID–10b) pour l'augmentation de température moyenne mondiale à la surface, 1900–2100, et une élévation moyenne du niveau de la mer mondial de 0,09 à 0,88 m.

Tableau RID–3 Conclusions robustes et incertitudes clés.[a]

Conclusions robustes		*Incertitudes clés*
Les changements climatiques prévus auront des effets bénéfiques et néfastes sur les systèmes environnementaux et socio-économiques, mais plus les changements et leur rythme seront grands, plus les effets néfastes prédomineront. **[Q9.17]** Les effets néfastes des changements climatiques s'exerceront de façon disproportionnée sur les pays en développement et les pauvres de ces pays. **[Q9.20]** Les écosystèmes et les espèces sont vulnérables aux changements climatiques et autres contraintes (comme le montrent les effets observés de récentes variations de températures locales) et certains seront endommagés ou détruits irréversiblement. **[Q9.19]** A certaines moyennes et hautes latitudes, la productivité végétale (arbres et certaines cultures agricoles) pourrait augmenter dans le cas de faibles augmentations de température. La productivité végétale devrait diminuer dans la plupart des régions du monde dans le cas d'un réchauffement supérieur à quelques (« a few ») °C. **[Q9.18]** De nombreux systèmes physiques sont vulnérables aux changements climatiques (par exemple, les effets des ondes de tempête côtières seront exacerbés par l'élévation du niveau de la mer, et les glaciers et le pergélisol continueront de régresser). **[Q9.18]**	**Incidences régionales et mondiales des changements climatiques moyens et extrêmes**	Fiabilité des données locales ou régionales dans les projections de changements climatiques, en particulier pour les extrêmes climatiques. **[Q9.22]** Évaluation et prévision de la réponse des systèmes écologiques, sociaux (effets des maladies à transmission vectorielle et maladies d'origine hydrique, par exemple) et économiques face à l'effet cumulé des changements climatiques et autres contraintes, telles que les changements de l'affectation des terres, la pollution locale, etc. **[Q9.22]** Identification, quantification et évaluation des dommages associés aux changements climatiques. **[Q9.16, Q9.22 & Q9.26]**
Les mesures de réduction (atténuation) des émissions de gaz à effet de serre diminueraient les pressions sur les systèmes naturels et humains dues aux changements climatiques. **[Q9.28]** Les coûts de l'atténuation varient selon les régions et les secteurs. Il existe d'importantes possibilités technologiques et autres qui permettraient de réduire ces coûts. Des échanges des droits d'émission efficaces diminueraient également les coûts pour les participants à ces échanges. **[Q9.31 & Q9.35–36]** Les contrôles des émissions pour les pays visés à l'Annexe I ont des effets « de réaction en chaîne » bien établis, mais divers, sur les pays non visés à l'Annexe I. **[Q9.32]** Face aux changements climatiques, les réponses d'atténuation nationales peuvent être plus efficaces si elles sont mises en œuvre dans le cadre d'un ensemble de politiques visant à limiter ou réduire les émissions nettes de gaz à effet de serre. **[Q9.35]** Potentiellement, l'adaptation peut diminuer les effets néfastes des changements climatiques et peut souvent entraîner des bénéfices accessoires immédiats, sans toutefois prévenir la totalité des dommages. **[Q9.24]** L'adaptation peut être complémentaire à l'atténuation dans le cadre d'une stratégie rentable de réduction des risques des changements climatiques ; conjointement, elles peuvent contribuer à la réalisation d'objectifs de développement durable. **[Q9.40]** L'inertie au sein des systèmes climatiques, écologiques et socio-économiques en interaction est une cause importante de l'effet positif de mesures d'adaptation et d'atténuation anticipées. **[Q9.39]**	**Futurs changements climatiques à l'échelle régionale et mondiale basés sur des projections de modèles avec scénarios du RSSE**	Compréhension des interactions entre les changements climatiques et d'autres problèmes environnementaux et des implications socio-économiques connexes. **[Q9.40]** Futur prix de l'énergie, et coût et disponibilité des technologies à faibles émissions. **[Q9.33–34]** Identification des moyens pour éliminer les obstacles qui empêchent l'adoption de technologies à faibles émissions, et estimation des coûts pour surmonter ces obstacles. **[Q9.35]** Quantification des coûts des mesures d'atténuation non planifiées avec effets à court terme soudains. **[Q9.38]** Quantification des estimations des coûts générés par différentes méthodes (ascendante/descendante, par exemple), y compris les bénéfices accessoires, l'évolution technologique, et les effets sur les secteurs et les régions. **[Q9.35]** Quantification des coûts d'adaptation. **[Q9.25]**

Des progrès significatifs ont été faits dans le TRE dans plusieurs domaines de connaissances nécessaires à la compréhension des changements climatiques et de la réponse humaine à ces changements. Mais d'autres recherches devront être menées dans de nombreux domaines importants, en particulier :

- La détection et l'attribution des changements climatiques ;
- La compréhension et la prévision des changements climatiques régionaux et des extrêmes climatiques ;
- La quantification des incidences des changements climatiques à l'échelle mondiale, régionale et locale ;
- L'analyse des mesures d'adaptation et d'atténuation ;
- L'intégration de tous les aspects du problème des changements climatiques dans des stratégies de développement durable ;
- Des études complètes et intégrées contribuant à préciser la définition « d'une perturbation anthropique dangereuse du système climatique ».

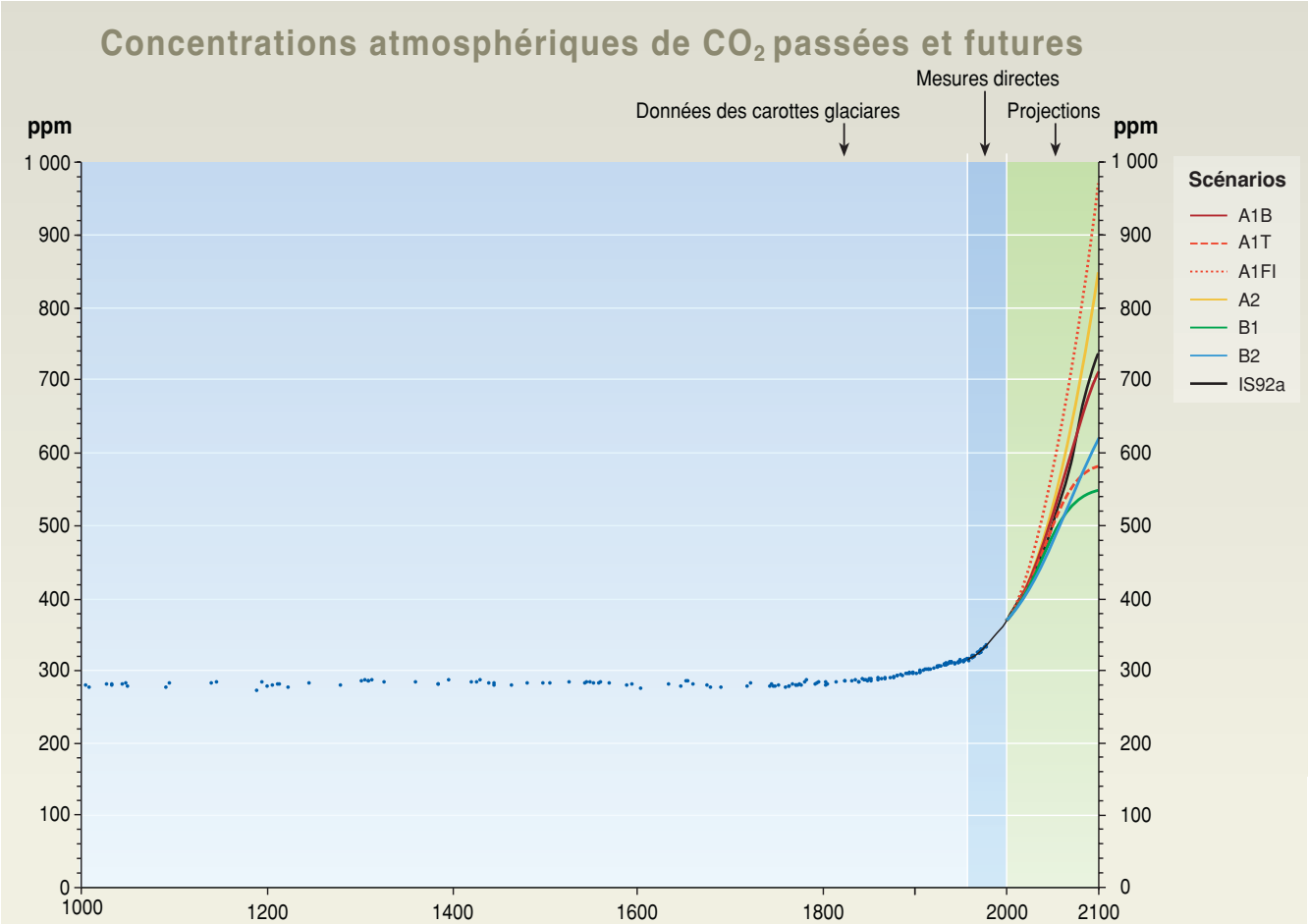


Figure RID–10a : Concentrations atmosphériques de CO_2 entre 1000 et 2000 obtenues à partir des données des carottes glaciaires et des mesures atmosphériques directes au cours des quelques dernières décennies. Les projections des concentrations de CO_2 pour la période 2000 à 2100 sont basées sur les six scénarios d'illustration du RSSE et IS92a (pour une comparaison avec le DRE).

Q9 Figure 9–1a

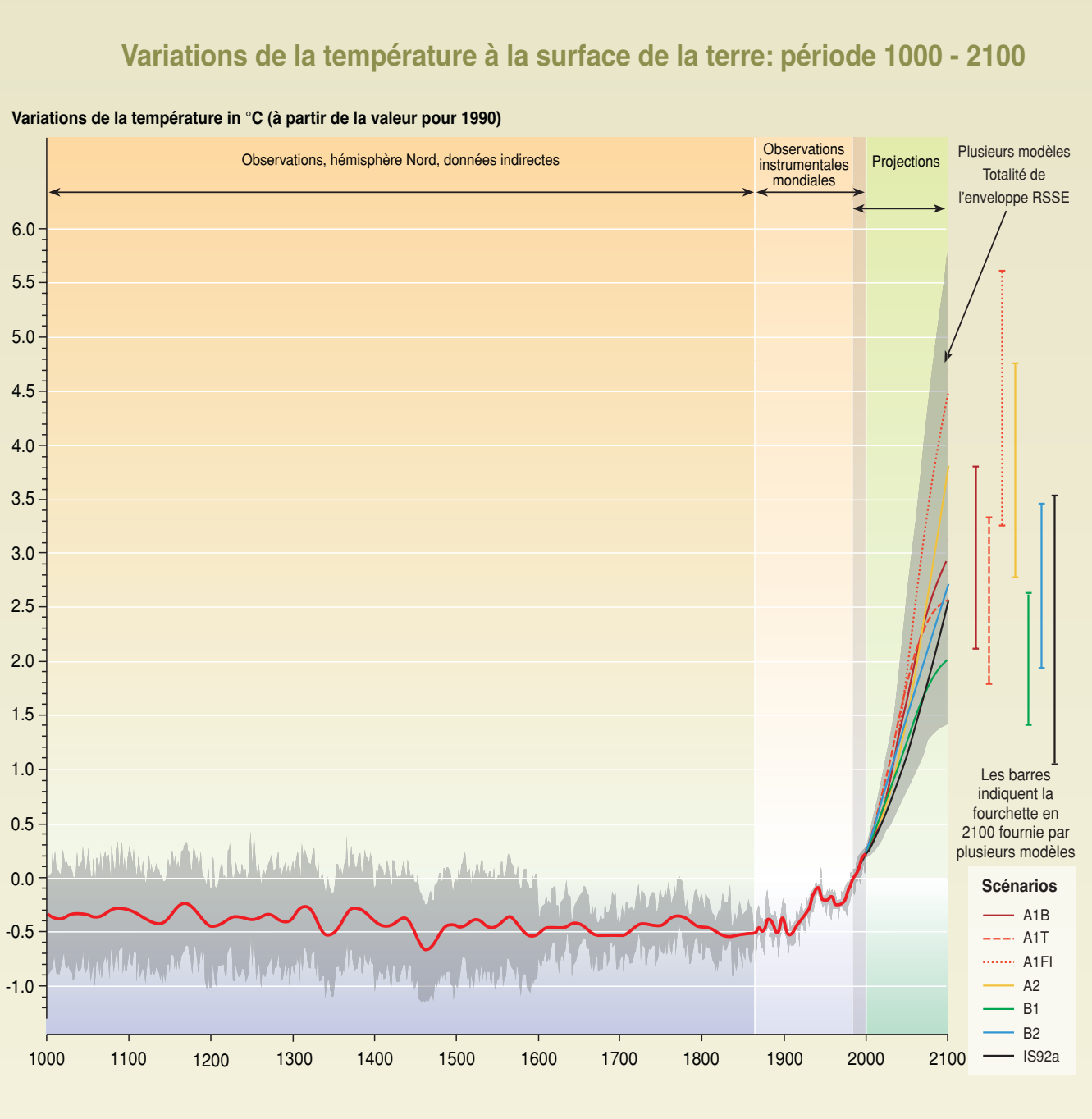


Figure RID–10b : Variations de la température à la surface de la terre : Période 1000–2100. Les variations des températures moyennes à la surface de l'hémisphère Nord pour la période 1000–1860 sont représentées (des données correspondantes pour l'hémisphère Sud ne sont pas disponibles) reconstituées à partir de données indirectes (cernes d'arbres, coraux, carottes glaciaires et données historiques). La ligne indique la moyenne de cinquante ans, la partie grise la limite de confiance de 95 % dans les données annuelles. De 1860 à 2000, les variations des observations des températures moyennes mondiales et annuelles à la surface obtenues par relevé instrumental sont indiquées ; la ligne représente la moyenne décennale. De 2000 à 2100, les projections des températures moyennes mondiales à la surface sont indiquées pour les six scénarios d'illustration du RSSE et IS92a utilisant un modèle avec une sensibilité du climat moyenne. La partie grise intitulée « plusieurs modèles totalité de l'enveloppe RSSE » représente la fourchette de résultats obtenus avec l'ensemble complet des 35 scénarios du RSSE en plus de ceux obtenus à partir de modèles avec des sensibilités du climat différentes. L'échelle de température illustre les variations par rapport à la valeur pour 1990 ; l'échelle est différente de celle utilisée à la Figure RID–2.

Q9 Figure 9–1b

Changements climatiques 2001: Rapport de synthèse

Rapport de synthèse

Evaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat

Ce résumé, intégralement approuvé à la XVIIIe session du GIEC (Wembley, Royaume-Uni, 24-29 septembre 2001), représente la déclaration préalablement agréée par le GIEC sur les déouvertes essentielles et les incertitudes des Contributions des Groupes de travail au Troisième rapport d'évaluation.

Etabli à partir d'un projet élaboré par :

Equipe de rédaction principale
Robert T. Watson, Daniel L. Albriton, Terry Barker, Igor A. Bashmakov, Osvaldo Canziani, Renate Christ, Ulrich Cusbach, Ogunlade Davidson, Habiba Gitay, David Griggs, Kirsten Halsanaes, John Houghton, Joanna House, Zbigniew Kundzewicz, Murari Lai, Neil Leary, Christopher Magadza, James J. McCarthy, John F.B. Mitchell, Jose Roberto Moreira, Mohan Munasinghe, Ian Noble, Rajendra Pachauri, Barrie Pittock, Michael Prather, Richard G. Richels, John B. Robinson, Jayant Sathaye, Stephen Schneider, Robert Scholes, Thomas Stocker, Narasimhan Sundararaman, Rob Swart, Tomihiro Taniguchi, et D. Zhou.

Equipe élargie
Q.K. Ahmad, Oleg Anisimov, Nigel Arnell, Fons Baede, Tariq Banuri, Leonard Bernstein, Daniel H. Bouille, Timothy Carter, Catrinus J. Jepma, Liu Chunzhen, John Church, Stewart Cohen, Paul Desanker, William Easterling, Chris Folland, Filippo Giorgi, Jonathan Gregory, Joanna Haigh, Hideo Harasawa, Bruce Hewitson, Jean-Charles Hourcade, Mike Hulme, Tom Karl, Pekka E. Kauppi, Rik Leemans, Anil Markandya, Luis Jose Mata, Bryant McAvaney, Anthony McMichael, Linda Mearns, Jerry Meehl, Gylvan Meira-Filho, Evan Mills, William R. Moomaw, Berrien Moore, Tsuneyuki Morita, M. J. Mwandosya, Leonard Nurse, Martin Parry, Joyce Penner, Colin Prentice, Venkatachalam Ramaswany, Sarah Raper, Jim Salinger, Michael Scott, Roger A. Sedjo, Priyaradshi R. Shukla, Barry Smit, Joel Smith, Leena Srivastava, Ron Stouffer, Kanako Tanaka, Ferenc L. Toth, Alla Tsyban, John P. Weyant, Tom Wilbanks, Francis Zwiers, et un grand nombre d'auteurs du GIEC.

Réviseurs
Susan Barrell, Rick Bradley, Eduardo Calvo, Ian Carruthers, Oyvind Christophersen, Yuri Izrael, Eberhard Jochem, Fortunat Joos, Martin Manning, Bert Metz, Alionne Ndiaye, Buruhani Nyenzi, Ramon Pichs-Madruga, Richard Odingo, Michel Petit, Jan Pretel, Armando Ramirez, Jose Romero, John Stone, R.T.M. Sutamihardja, David Warrilow, Ding Yihui, et John Zillman.

Question 1

Q1

Comment les analyses scientifiques, techniques et socio-économiques peuvent-elles contribuer à déterminer ce qui constitue une perturbation anthropique dangereuse du système climatique, telle qu'elle est définie dans l'Article 2 de la Convention-cadre sur les changements climatiques ?

Convention-cadre sur les changements climatiques, Article 2

« L'objectif ultime de la présente Convention et de tous instruments juridiques connexes que la Conférence des Parties pourrait adopter est de stabiliser, conformément aux dispositions pertinentes de la Convention, les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère à un niveau qui empêche toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique. Il conviendra d'atteindre ce niveau dans un délai suffisant pour que les écosystèmes puissent s'adapter naturellement aux changements climatiques, que la production alimentaire ne soit pas menacée et que le développement économique puisse se poursuivre d'une manière durable. »

1.1 **Les sciences naturelles, techniques et sociales peuvent fournir des données et des preuves indispensables à la définition de ce qui constitue « une perturbation anthropique dangereuse du système climatique ». Mais cette définition est un jugement subjectif établi à partir de processus socio-politiques, et qui prend en compte des facteurs tels que le développement, l'équité et la durabilité, ainsi que les incertitudes et les risques.** Les preuves scientifiques permettent de réduire les incertitudes et d'étendre les connaissances, et peuvent être utiles pour l'analyse de mesures de précaution[1]. Les décisions reposent sur l'évaluation des risques, et conduisent à des choix de gestion des risques par les décideurs, en ce qui concerne les mesures et les politiques[2].

GTII TRE Section 2.7 & GTIII TRE Chapitre 10

1.2 **La détermination de ce qui constitue « une perturbation anthropique dangereuse du système climatique » repose sur une base qui variera selon les régions — en fonction de la nature locale et des conséquences des incidences des changements climatiques, ainsi que de la capacité d'adaptation à ces changements — et qui dépend de la capacité d'atténuation, étant donné l'importance de l'ampleur et du rythme des changements.** Les mesures d'adaptation qui seront choisies dépendent de l'efficacité des diverses réponses d'atténuation ou d'adaptation pour ce qui est de la réduction de la vulnérabilité et de l'amélioration des systèmes entretenant la vie. En l'absence de modèles universels, il est important d'évaluer la solidité des mesures d'intervention par rapport à divers scénarios de mondes futurs, et les possibilités d'intégration de ces politiques propres au climat dans des politiques de développement durable plus générales.

GTII TRE Chapitre 18 & GTIII TRE Chapitre 10

1.3 **Le Troisième Rapport d'évaluation (TRE) fournit aux décideurs une évaluation des nouvelles données scientifiques et des preuves susceptibles de les aider à déterminer ce qui constitue « une perturbation anthropique dangereuse du système climatique »** en ce qui concerne : (1) l'ampleur et le rythme des changements climatiques, (2) les incidences écologiques et socio-économiques de ces changements, et (3) l'obtention éventuelle d'une large fourchette de niveaux de concentrations grâce à des mesures d'atténuation et à une information sur la contribution de l'adaptation à la réduction de la vulnérabilité.

GTI TRE, GTII TRE, & GTIII TRE

1.4 **En ce qui concerne l'ampleur et le rythme des changements climatiques, le TRE fournit des prévisions basées sur des scénarios des futures concentrations atmosphériques de gaz à effet de serre, des profils des changements mondiaux et régionaux, du rythme des variations des températures, des précipitations et du niveau de la mer, et la modification des phénomènes climatiques extrêmes.** Il étudie également les possibilités de changements abrupts et irréversibles de la circulation océanique et des inlandsis.

GTI TRE

1.5 **Le TRE examine les effets biophysiques et socio-économiques des changements climatiques.** Il met en évidence cinq domaines sources d'inquiétude, à savoir :

. risques pour les systèmes uniques et menacés ;
. risques associés aux phénomènes climatiques extrêmes ;
. distribution des incidences ;
. incidences mondiales ;
. risques de phénomènes à grande échelle et à effets importants.

GTII TRE Chapitre 19

[1] Les conditions qui justifient l'adoption de mesures de précaution sont décrites à l'Article 3.3 de la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC).

[2] Le risque associé à un événement est défini simplement comme la probabilité de cet événement, multiplié par l'ampleur de ses conséquences. Divers cadres de décisions peuvent faciliter l'évaluation et la gestion des risques climatiques. Ils incluent, entre autres, l'analyse des coûts-bénéfices, l'analyse de la rentabilité, l'analyse d'attributs multiples, et les fenêtres d'opportunités. Ces techniques permettent de différencier les niveaux de risque associés aux divers mondes futurs, mais dans tous les cas, les analyses sont fortement entachées d'incertitudes.

Point particulièrement intéressant pour la présente étude, le TRE contient une évaluation de la probabilité de seuils critiques à partir desquels les systèmes humains et naturels présentent des changements à grande échelle, abrupts ou irréversibles en réponse à l'évolution climatique. Étant donné qu'aucun indicateur individuel (une unité monétaire, par exemple) n'inclut tous les risques présentés par les changements climatiques, divers critères et méthodes analytiques sont nécessaires pour évaluer les incidences et faciliter les décisions en matière de gestion des risques.

1.6 **Pour ce qui est des stratégies nécessaires pour faire face aux changements climatiques, le TRE évalue comment obtenir divers niveaux de concentrations grâce à des mesures d'atténuation et à une information sur la capacité de l'adaptation à réduire la vulnérabilité.** La causalité est à double sens. Différents niveaux de stabilisation sont le résultat de différents scénarios d'émissions, eux-mêmes liés à des voies de développement sous-jacentes. De même, ces voies de développement influent sensiblement sur la capacité d'adaptation d'une région. Il existe donc des liens dynamiques entre les stratégies d'adaptation et d'atténuation et les changements climatiques et les perspectives d'adaptation des écosystèmes, de production alimentaire et de développement durable.

GTII TRE Chapitre 18 & GTIII TRE Chapitre 2

1.7 Une vision globale des changements climatiques prend en compte les forces dynamiques en jeu dans le cycle de causes et effets interdépendants pour tous les secteurs concernés. La Figure 1–1 représente ce cycle, depuis les forces motrices sous-jacentes constituées par la population, l'économie, la technologie et la gouvernance, jusqu'aux émissions de gaz à effet de serre et autres émissions, à l'évolution du système climatique physique, aux incidences biophysiques et humaines, à l'adaptation et à l'atténuation, avant un retour aux forces motrices. La figure présente une vue schématique d'un cadre idéal « d'évaluation intégrée », dans lequel toutes les composantes du problème des changements climatiques sont en interaction. Des changements dans une partie du cycle influent sur les autres composants de façon dynamique, par des voies multiples. Le TRE évalue les nouvelles données et preuves pertinentes au point de vue politique pour tous les secteurs de la Figure 1–1. Un des nouveaux aspects du TRE a été de remplir la partie inférieure droite de la figure après étude d'autres voies de développement et de leurs liens avec les émissions de gaz à effet de serre, et recherches préliminaires sur l'interaction entre l'adaptation, l'atténuation et les voies de développement. Mais, en raison du caractère incomplet des connaissances, l'évaluation du TRE n'intègre pas la totalité des changements climatiques.

GTII TRE Chapitres 1 & 19, GTIII TRE Chapitre 1, & RSSE

1.8 **La prise de décisions concernant les changements climatiques est fondamentalement un processus séquentiel soumis à des incertitudes générales.** Le processus décisionnel doit tenir compte d'un certain nombre d'incertitudes, notamment le risque de changements non linéaires et/ou irréversibles, et doit équilibrer les risques de mesures insuffisantes ou excessives, et examiner attentivement les conséquences (environnementales et économiques), leur probabilité et l'attitude de la société vis-à-vis des risques, attitude qui variera probablement d'un pays à l'autre et d'une génération à l'autre. La question pertinente est « quelle est la meilleure ligne de conduite à court terme, compte tenu des changements climatiques à long terme et des incertitudes connexes ».

GTI TRE, GTII TRE, & GTIII TRE, Section 10.1.4

1.9 **Les incidences des changements climatiques s'inscrivent dans le problème plus large de l'interaction de sous-systèmes sociaux, économiques et environnementaux complexes et leur influence sur les perspectives de développement durable.** Cette interaction est multiple. Le développement économique influe sur l'équilibre des écosystèmes et, à son tour, est affecté par l'état de l'écosystème ; la pauvreté peut être à la fois effet et cause de la détérioration de l'environnement ; des modes de vie caractérisés par une forte consommation matérielle et énergétique et une consommation élevée et continue des ressources non renouvelables, ainsi qu'une croissance démographique rapide, seront probablement incompatibles avec des voies de développement durables. De même, des inégalités socio-économiques extrêmes au sein des communautés et entre les pays peuvent nuire à la cohésion sociale qui contribuerait à un développement durable et renforcerait l'efficacité des stratégies de réponse. Par ailleurs, les décisions de politique

GTII TRE

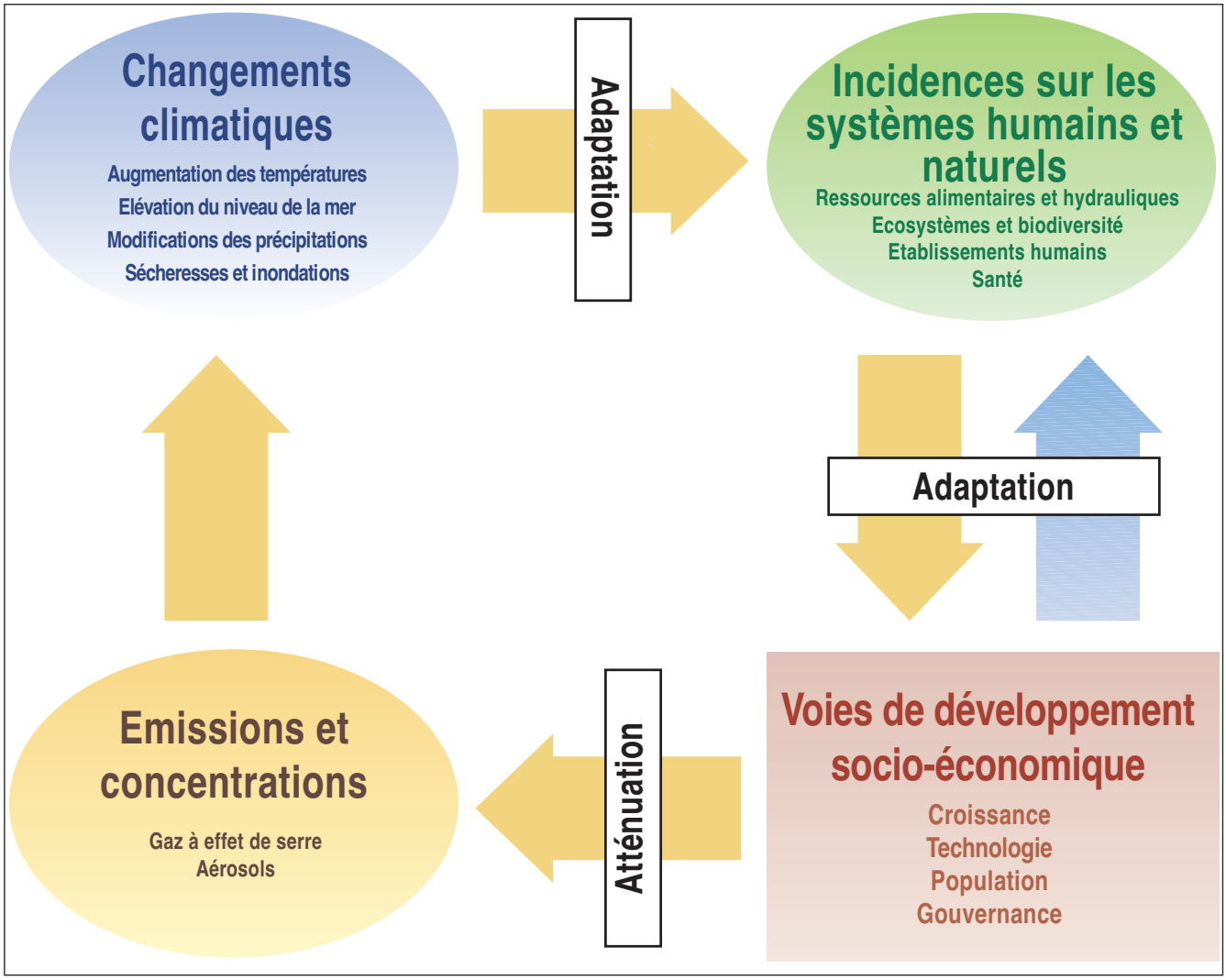


Figure 1–1 : Changements climatiques — un cadre intégré. Représentation schématique et simplifiée d'un cadre d'évaluation intégré pour l'étude des changements climatiques anthropiques. Les flèches jaunes indiquent un cycle complet (en sens horaire) de causes et effets dans les quatre secteurs représentés, et les flèches bleues indiquent la réponse sociétale aux effets des changements climatiques. Pour les pays développés et en développement, chaque **voie de développement socio-économique** examinée dans le *Rapport spécial sur les scénarios d'émissions* comprend des forces motrices à l'origine d'émissions de gaz à effet de serre, aérosols, et précurseurs — le dioxyde de carbone (CO_2) étant le plus important. **Les émissions de gaz à effet de serre s'accumulent dans l'atmosphère, modifient les concentrations** et perturbent les équilibres naturels, selon des processus physiques tels que le rayonnement solaire, la formation nuageuse, et les pluies. Les aérosols sont également une des causes de la pollution atmosphérique (pluies acides, par exemple) à effets nocifs sur la santé et les systèmes naturels (non représentés). La poursuite de l'effet de serre entraînera des **changements climatiques** à très long terme, avec **effets connexes sur les systèmes naturels et humains**. Les changements dans ces systèmes et le climat (non représenté) pourront entraîner des rétroactions — par exemple l'albédo dû aux changements d'affectation des terres — et d'autres interactions, peut-être plus importantes, entre les systèmes et les émissions atmosphériques (les effets des changements d'affectation des terres, par exemple — non représentés). Ces changements influeront sur les voies de développement socio-économiques. Les voies de développement ont elles aussi des effets directs sur les systèmes naturels (représentés par la flèche en sens anti-horaire partant de la case développement) tels que les changements d'affectation des terres à l'origine du déboisement. Cette figure illustre le fait que les composantes du problème des changements climatiques existent dans un cycle dynamique, caractérisé par des temporisations considérables. Les émissions et les incidences, par exemple, sont liées de façon complexe aux voies de développement socio-économique et technologiques sous-jacentes. Une contribution importante du TRE a été l'examen explicite du secteur inférieur droit (représenté par un rectangle) par l'étude des liens entre les émissions de gaz à effet de serre et les voies de développement (dans le RSSE), et par l'évaluation des travaux préliminaires sur les liens entre l'adaptation, l'atténuation et les voies de développement (GTII et GTIII). Cependant, le TRE ne peut pas fournir une évaluation totalement intégrée des changements climatiques, car tous les composants du cycle n'ont pu être liés dynamiquement. L'adaptation et l'atténuation sont représentés en tant que facteurs de modification des effets illustrés.

socio-économiques et technologiques, prises pour des raisons sans rapport avec le climat, ont des répercussions considérables sur les politiques climatiques et les effets des changements climatiques, ainsi que sur d'autres problèmes environnementaux (voir Question 8). En outre, les seuils d'incidences critiques et la vulnérabilité aux incidences de l'évolution climatique sont directement liés aux conditions environnementales, sociales et économiques et à la capacité institutionnelle.

GTIII TRE Section 10.3.2

1.10 **Par conséquent, on peut améliorer l'efficacité des politiques sur le climat en les intégrant dans des stratégies plus générales visant à renforcer la durabilité des voies de développement nationales et régionales.** En effet, les conséquences de la variabilité et des changements climatiques naturels, les mesures d'intervention en matière de climat, et le développement socio-économique connexe influeront sur la capacité des pays à atteindre des objectifs de développement durable. Réciproquement, la poursuite de ces objectifs influera sur les possibilités de politiques en matière de climat et sur leur succès. En particulier, les caractéristiques socio-économiques et technologiques des diverses voies de développement auront des effets considérables sur les émissions, le rythme et l'ampleur des changements climatiques, leurs incidences, et la capacité d'adaptation et d'atténuation face à l'évolution du climat. Le *Rapport spécial sur les scénarios d'émissions* (RSSE, voir Encadré 3–1) a présenté plusieurs futurs mondes plausibles présentant des caractéristiques différentes, chacun ayant des implications très différentes pour le futur climat et pour les politiques dans ce domaine.

GTII TRE Chapitre 18, GTIII TRE Chapitre 8, 9, 10, & RSSE

1.11 **Le TRE évalue les informations disponibles sur l'échelonnement dans le temps, les opportunités, les coûts, les bénéfices et les effets de diverses options d'atténuation et d'adaptation.** Il indique l'existence d'opportunités qui permettraient aux pays, individuellement et conjointement, de réduire les coûts d'atténuation et d'adaptation et d'obtenir des bénéfices associés à un développement durable.

Question 2

Q2

Quelles sont les preuves, les causes et les conséquences des changements climatiques mondiaux depuis l'époque préindustrielle ?

(a) Le climat de la terre a-t-il évolué depuis l'époque préindustrielle à l'échelle régionale et/ou mondiale ? Auquel cas, quel est le pourcentage des changements observés attribuable aux activités humaines et quel est le pourcentage attribuable aux phénomènes naturels ? Sur quoi repose cette attribution ?

(b) Que sait-on des conséquences environnementales, sociales et économiques des changements climatiques depuis l'époque préindustrielle, et plus particulièrement au cours des cinquante dernières années ?

2.1 Cette réponse porte essentiellement sur les mesures classiques du climat (à savoir températures, précipitations, niveau de la mer, et phénomènes extrêmes, y compris inondations, sécheresses et tempêtes), sur d'autres composants du système climatique de la terre (gaz à effet de serre et aérosols, écosystèmes, par exemple), et sur la santé et les secteurs socio-économiques. Selon la définition du GIEC, on entend par *changements* climatiques une variation statistiquement significative pendant de longues périodes, généralement pendant des décennies ou plus. Ces changements incluent des variations de la fréquence et de l'ampleur des phénomènes climatiques sporadiques, ainsi que l'augmentation lente et continue de la température moyenne mondiale à la surface. Par conséquent, la présente discussion inclut des variations climatiques-météorologiques sur toutes les échelles temporelles et spatiales, depuis des tempêtes violentes de courte durée jusqu'aux phénomènes El Niño, des sécheresses décennales, et des variations des températures et de la couverture de glace sur des centaines d'années. Bien qu'en règle générale les variations climatiques à court terme soient considérées comme naturelles actuellement, la présente question examine leurs incidences car elles représentent un type de changements susceptibles de devenir plus prédominants dans un monde futur au climat perturbé par les activités humaines (voir Question 4). L'attribution est ici un processus utilisé pour déterminer les causes les plus probables des changements détectés avec un degré de confiance défini. La présente discussion examine les changements climatiques attribuables à l'influence humaine et les changements qui peuvent être naturels actuellement mais qui sont susceptibles d'être modifiés par l'influence humaine à l'avenir (voir Encadré 3–1).

2.2 **De toute évidence, le climat de la terre a évolué à l'échelle régionale et mondiale depuis l'époque préindustrielle, et certains aspects de cette évolution sont imputables aux activités humaines.**

2.3 **Les émissions de gaz à effet de serre et d'aérosols dues aux activités humaines continuent de modifier l'atmosphère d'une manière qui influera probablement sur le climat (voir Tableau 2–1).**

2.4 **Les concentrations atmosphériques de gaz à effet de serre et leur forçage radiatif ont généralement augmenté au cours du XXe siècle en raison des activités humaines.** Au cours des années 1990, pratiquement tous les gaz à effet de serre ont atteint leurs niveaux les plus hauts jamais enregistrés et ces niveaux continuent d'augmenter (voir Figure 2–1). Les niveaux de dioxyde de carbone (CO_2) et le méthane (CH_4) atmosphériques ont varié considérablement pendant les cycles glaciaires-interglaciaires au cours des 420 000 dernières années, mais même les valeurs maximales de ces niveaux antérieurs sont largement inférieures aux concentrations atmosphériques actuelles. En termes de forçage radiatif par les gaz à effet de serre résultant des activités humaines, le CO_2 et le CH_4 sont le premier et deuxième par ordre d'importance respectivement. De 1750 à 2000, les concentrations de CO_2 ont augmenté de 31±4 %, et celles de CH_4 de 151±25 % (voir Encadré 2–1 et Figure 2–1) ; ces taux d'augmentation sont sans précédent. En moyenne, les émissions dues à la combustion de combustibles fossiles ont été de 5,4 Gt C an-1 au cours des années 1980, et ont atteint 6,3 Gt C an-1 au

GTI TRE Chapitres 3 & 4, & RSAAP

GTII TRE RID & GTII TRE RID

Encadré 2–1 | Indications de confiance et de probabilité.

Dans certains cas, les auteurs du Troisième rapport d'évaluation ont attribué des niveaux de confiance représentant leur jugement collectif quant à la validité d'une conclusion basée sur des observations, des résultats de modélisation et des théories étudiées. Les termes suivants ont été utilisés dans le texte du Rapport de synthèse au TRE au sujet des observations du GTI : *pratiquement certain* (plus de 99 % de probabilité qu'un résultat soit vrai) ; *très probable* (90 à 99 % de probabilité) ; *probable* (66 à 90 % de probabilité) ; *moyennement probable* (33 à 66 % de probabilité) ; *peu probable* (10 à 33 % de probabi-lité) ; *très peu probable* (1 à 10 % de probabilité) ; et *extrêmement peu probable* (moins de 1 % de probabilité).Une fourchette d'incertitude explicite (±) est une fourchette *probable*. Les estimations de confiance concernant les résultats du GTII sont les suivantes : *très élevée* (95 % ou plus), *élevée* (67 à 95 %), *moyenne* (33 à 67 %), *faible* (5 à 33 %) et *très faible* (5 % ou moins). Aucun niveau de confiance n'a été attribué dans le GTIII.

Tableau 2–1 Changements atmosphériques, climatiques et biophysiques de la planète au cours du XXe siècle.[a]

Indicateur	*Changements observés*
Indicateurs de concentration	
Concentration atmosphérique de CO_2	De 280 ppm pour la période entre 1000 et 1750 à 368 ppm en 2000 (augmentation de 31±4 %). [GTI TRE Chapitre 3]
Échanges de CO_2 dans la biosphère terrestre	Source cumulée d'environ 20 Gt C entre 1800 et 2000 ; mais absorption nette par les puits de 14±7 Gt C environ au cours des années 1990. [GTI TRE Chapitre 3 & RSUTCATF]
Concentration atmosphérique de CH_4	De 700 ppb pour la période entre 1000 et 1750 à 1 750 ppb en 2000 (augmentation de 151±25 %). [GTI TRE Chapitre 4]
Concentration atmosphérique de N_2O	De 270 ppb pour la période entre 1000 et 1750 à 316 ppb en 2000 (augmentation de 17±5 %). [GTI TRE Chapitre 4]
Concentration troposphérique de O_3	Augmentation de 35±15 % entre 1750 et 2000 ; variable selon les régions. [GTI TRE Chapitre 4]
Concentration stratosphérique de O_3	Diminution entre 1970 et 2000 ; variable avec l'altitude et la latitude. [GTI TRE Chapitre 4 & 6]
Concentration atmosphérique de HFC, PFC et SF_6	Augmentation mondiale au cours des cinquante dernières années. [GTI TRE Chapitres 4 & 6]
Indicateurs climatiques	
Température moyenne mondiale à la surface	Augmentation de 0,6±0,2 °C au cours du XXe siècle ; réchauffement plus important des zones terrestres que des océans *(très probable)*. [GTI TRE Section 2.2.2.3]
Température à la surface dans l'hémisphère Nord	Augmentation au cours du XXe siècle plus importante qu'au cours de tout autre siècle du dernier millénaire ; années 1990 : décennie la plus chaude du millénaire *(probable)*. [GTI TRE Chapitre 2 RE & Section 2.3.2.2]
Fourchette de températures à la surface diurnes	Diminution entre 1950 et 2000 sur les zones terrestres ; augmentation deux fois plus rapide des températures minimales nocturnes que des températures maximales diurnes *(probable)*. [GTI TRE Section 2.2.2.1]
Jours chauds / indice de chaleur	Augmentation *(probable)*. [GTI TRE Section 2.7.2.1]
Jours froids / de gel	Diminution pour la quasi totalité des zones terrestres au cours du XXe siècle *(très probable)*. [GTI TRE Section 2.7.2.1]
Précipitations continentales	Augmentation de 5 à 10 % au cours du XXe siècle dans l'hémisphère Nord (*très probable*), mais diminution sur certaines régions (Afrique du Nord et occidentale et certaines parties de la Méditerranée, par exemple). [GTI TRE Chapitre 2 RE & Section 2.5.2]
Fortes précipitations	Augmentation aux latitudes nord moyennes et supérieures *(probable)*.[GTI TRE Section 2.7.2.2]
Fréquence et intensité de la sécheresse	Absence accrue de précipitations en été et augmentation de la sécheresse associée dans quelques zones *(probable)*. Dans certaines régions, telles que certaines parties de l'Asie et de l'Afrique, on a observé une augmentation de la fréquence et de l'intensité de la sécheresse au cours des dernières décennies.[GTII TRE Sections 10.1.3 & 11.1.2]

cours des années 1990. Les trois quarts environ de l'augmentation du CO_2 atmosphérique au cours des années 1990 ont été dus à la combustion de combustibles fossiles, le reste étant la conséquence du changement d'affectation des terres, notamment du déboisement. Au cours du XIXe et d'une grande partie du XXe siècle, la biosphère terrestre a été une source nette de CO_2 atmosphérique, mais est devenue un puits net avant la fin du XXe siècle. L'augmentation des concentrations de CH_4 peut être liée aux émissions résultant de l'utilisation de l'énergie, de l'élevage, de la culture de riz et des décharges. Les augmentations des concentrations d'autres gaz à effet de serre — en particulier de l'ozone troposphérique (O_3), troisième par ordre d'importance — sont directement attribuables à la combustion de combustibles fossiles ainsi qu'à d'autres émissions industrielles et agricoles.

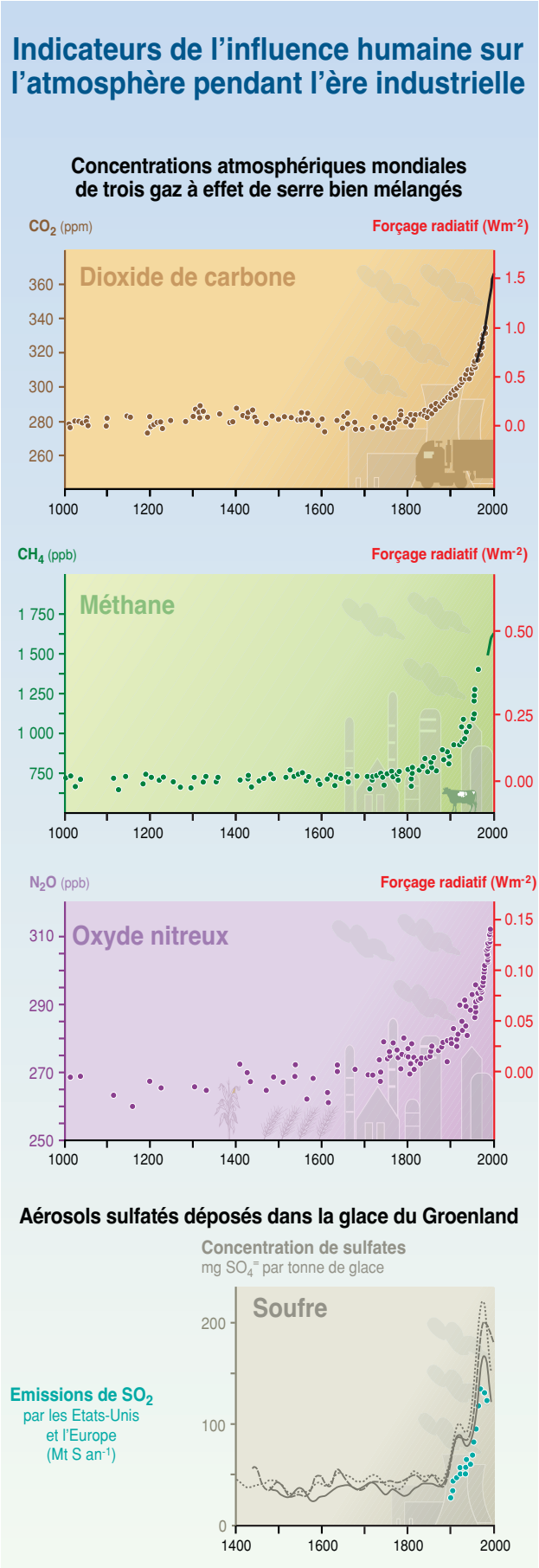
2.5 **Le forçage radiatif résultant de l'augmentation des gaz à effet de serre anthropiques depuis l'époque préindustrielle est positif (réchauffement) avec une petite fourchette d'incertitude ; celui dû aux effets directs des aérosols est négatif (refroidissement) et plus faible ; alors que le forçage négatif dû aux effets indirects des aérosols (sur les nuages et sur le cycle**

GTI TRE Chapitres 5 & 6, & RSAAP Chapitre 6

Tableau RID–1	Changements atmosphériques, climatiques et biophysiques de la planète au cours du XXe siècle.[a] **(suite)**
Indicateur	***Changements observés***
Indicateurs biologiques et physiques	
Niveau moyen de la mer à l'échelle mondiale	Augmentation à un taux annuel moyen de 1 à 2 mm au cours du XXe siècle. [GTI TRE Chapitre 11]
Durée du gel des fleuves et lacs	Diminution de deux semaines environ au cours du XXe siècle aux latitudes moyennes et supérieures de l'hémisphère Nord *(très probable)*. [GTI TRE Chapitre 2 RE & Section 2.2.5.5, & GTII TRE Sections 5.7 & 16.1.3.1]
Superficie et épaisseur de la glace marine arctique	Diminution de 40 % de l'épaisseur au cours des récentes décennies, de la fin de l'été au début de l'automne *(probable)* et diminution de la superficie de 10 à 15 % depuis les années 1950, au printemps et en été. [GTI TRE Section 2.2.5.2 & GTII TRE Section 16.1.3.1]
Glaciers non polaires	Régression étendue au cours du XXe siècle. [GTI TRE Section 2.2.5.4 & GTII TRE Section 4.3.11]
Couverture neigeuse	Diminution de 10 % de la superficie, observée depuis la mise en œuvre d'observations mondiales par satellites au cours des 1960 *(très probable)*. [GTI TRE Section 2.2.5.1]
Pergélisol	Fonte, réchauffement et dégradation dans certaines parties des régions polaires, sub-polaires et montagneuses. [GTI TRE Section 2.2.5.3 & 11.2.5, & GTII TRE Section 16.1.3.1]
Phénomènes El Niño	Plus fréquents, plus longs et plus intenses au cours des vingt à trente dernières années, par rapport aux cent ans antérieurs. [GTI TRE Section 7.6.5]
Saison de croissance	Plus longue de un à quatre jours environ par décennie au cours des quarante dernières années dans l'hémisphère Nord, en particulier aux latitudes supérieures. [GTII TRE Section 5.2.1]
Espèces végétales et animales	Déplacement vers les pôles et en altitude dans le cas des plantes, insectes, oiseaux et poissons. [GTII TRE Sections 5.2, 5.4, 5.9, & 16.1.3.1]
Reproduction, floraison et migration	Floraison plus précoce, retour plus précoce des oiseaux, dates de saison de reproduction plus précoces et apparition plus précoce des insectes dans l'hémisphère Nord. [GTII TRE Sections 5.2.1 & 5.4.3]
Blanchissement des récifs coralliens	Plus fréquente, notamment pendant les phénomènes El Niño. [GTII TRE Section 6.3.8]
Indicateurs économiques	
Pertes économiques liées au climat	Augmentation de plus d'un ordre de grandeur des pertes indexées mondiales au cours des quarante dernières années (voir Q2 Figure 2–7). Cette augmentation observée est liée en partie à des facteurs socio-économiques et en partie à des facteurs climatiques. [GTII TRE Sections 8.2.1 & 8.2.2]

[a] Ce tableau contient des exemples de changements clés observés et n'est pas une liste exhaustive. Il comprend des changements dus à des changements climatiques anthropiques et ceux pouvant résulter de variations climatiques naturelles ou de changements climatiques anthropiques. Les niveaux de confiance sont indiqués lorsqu'ils ont fait l'objet d'une évaluation explicite par le Groupe de travail pertinent.

hydrologique), qui est peut-être important, est mal quantifié. Des facteurs clés anthropiques et naturels provoquant des modifications du forçage radiatif entre 1750 et 2000 sont indiqués à la Figure 2–2, sur laquelle les facteurs ayant des forçages radiatifs quantifiables sont indiqués par de larges bandes de couleur. Seuls quelques effets des aérosols sont estimés ici et indiqués sous forme de fourchettes. Outre les composants atmosphériques, d'autres facteurs — rayonnement solaire et changement d'affectation des terres — sont également indiqués. Les aérosols stratosphériques résultant de grandes éruptions volcaniques sont à l'origine de forçages négatifs significatifs mais de courte durée (en particulier pendant les périodes 1880–1920 et 1960–1994) qui ne sont pas importants sur l'échelle temporelle depuis l'époque préindustrielle et qui ne sont pas représentés. La somme des facteurs quantifiés à la Figure 2–2 (gaz à effet de serre, aérosols et nuages, affectation des terres (albédo), et radiation solaire) est positive, mais elle n'inclut pas le forçage négatif potentiellement important dû aux effets indirects des aérosols. La modification totale du forçage radiatif depuis l'époque préindustrielle continue d'être un moyen d'évaluation utile, de la réponse de la température moyenne



GTI TRE Figures RID–2, 3–2b, 4–1a, 4–1b, 4–2, & 5–4a

Figure 2–1 : Les données indicatrices des changements de la composition de l'atmosphère au cours du dernier millénaire mettent en évidence l'augmentation rapide des gaz à effet de serre et des aérosols sulfatés qui est imputable principalement à la croissance économique depuis 1750. Les trois graphiques supérieurs représentent l'augmentation des concentrations atmosphériques de dioxyde de carbone (CO_2), méthane (CH_4), et oxyde nitreux (N_2O) au cours du dernier millénaire. Des premières données sporadiques obtenues à partir de l'air prisonnier des glaces (symboles) correspondent aux observations atmosphériques continues effectuées au cours des récentes décennies (lignes pleines). Ces gaz sont bien mélangés dans l'atmosphère, et leurs concentrations reflètent les émissions provenant des sources à travers le monde. L'échelle de droite représente le forçage radiatif positif estimé résultant de ces gaz. Le graphique inférieur représente la concentration de soufre dans des carottes glaciaires du Groenland (indiquée par des lignes pour trois carottes) de laquelle les effets épisodiques des éruptions volcaniques ont été enlevés. Résultat des émissions de dioxyde de soufre (SO_2), les aérosols sulfatés se déposent facilement à la surface, et ne sont pas bien mélangés dans l'atmosphère. Le graphique indique que l'augmentation des dépôts de soufre au Groenland est imputable aux émissions de SO_2 par les Etats-Unis et l'Europe (indiqué par des symboles), émissions qui ont diminué au cours des dernières décennies. Les aérosols sulfatés produisent un forçage radiatif négatif.

mondiale à la surface aux perturbations humaines et naturelles ; cependant, la somme des forçages ne représente pas nécessairement les aspects détaillés des réponses climatiques éventuelles telles que les changements climatiques régionaux. Pendant la seconde moitié du XXe siècle (non représenté), le forçage positif dû aux gaz « bien mélangés » a augmenté rapidement au cours des quarante dernières années, alors que, à l'opposé, la somme des forçages naturels a été négative au cours des vingt dernières années, et peut-être même des quarante dernières années.

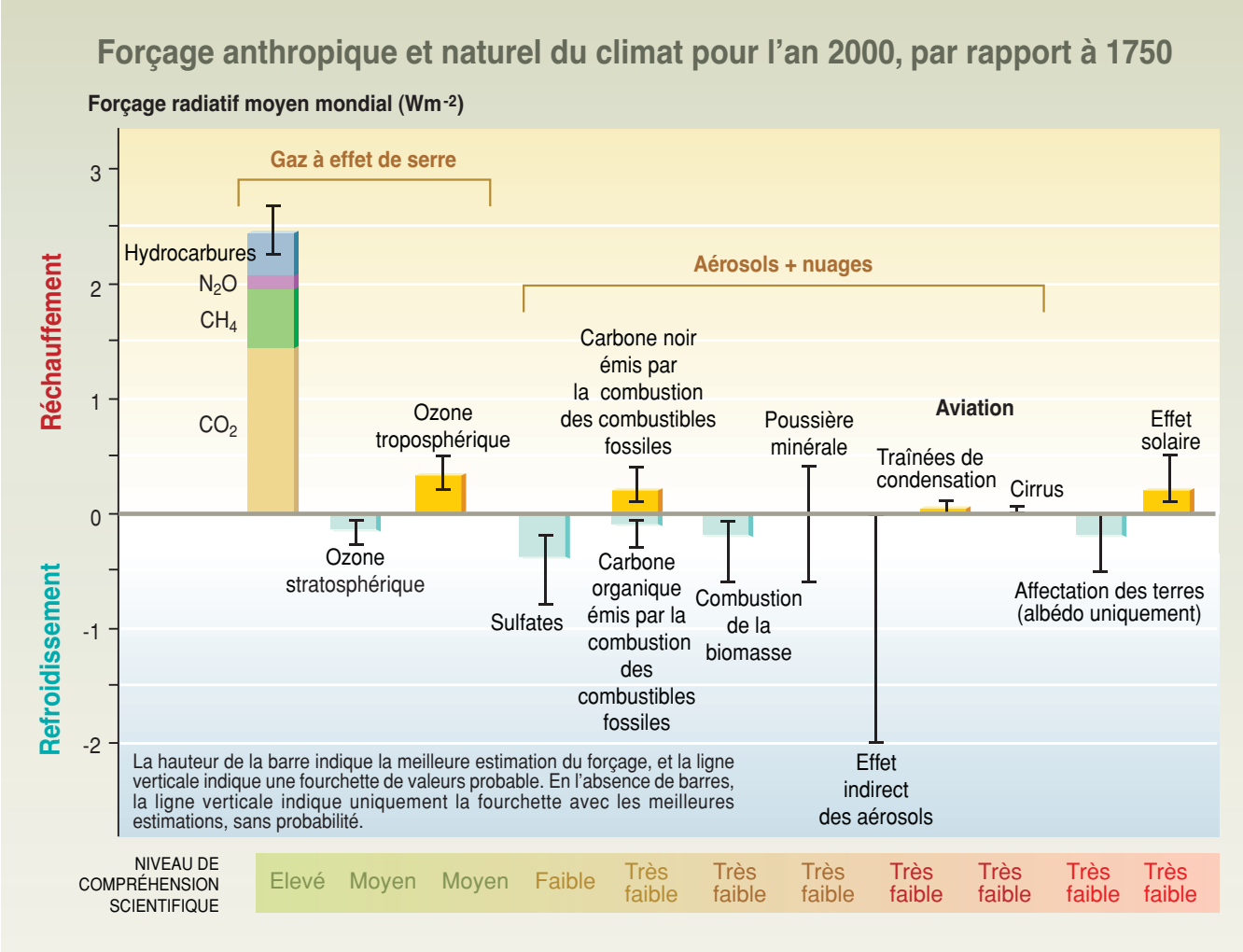


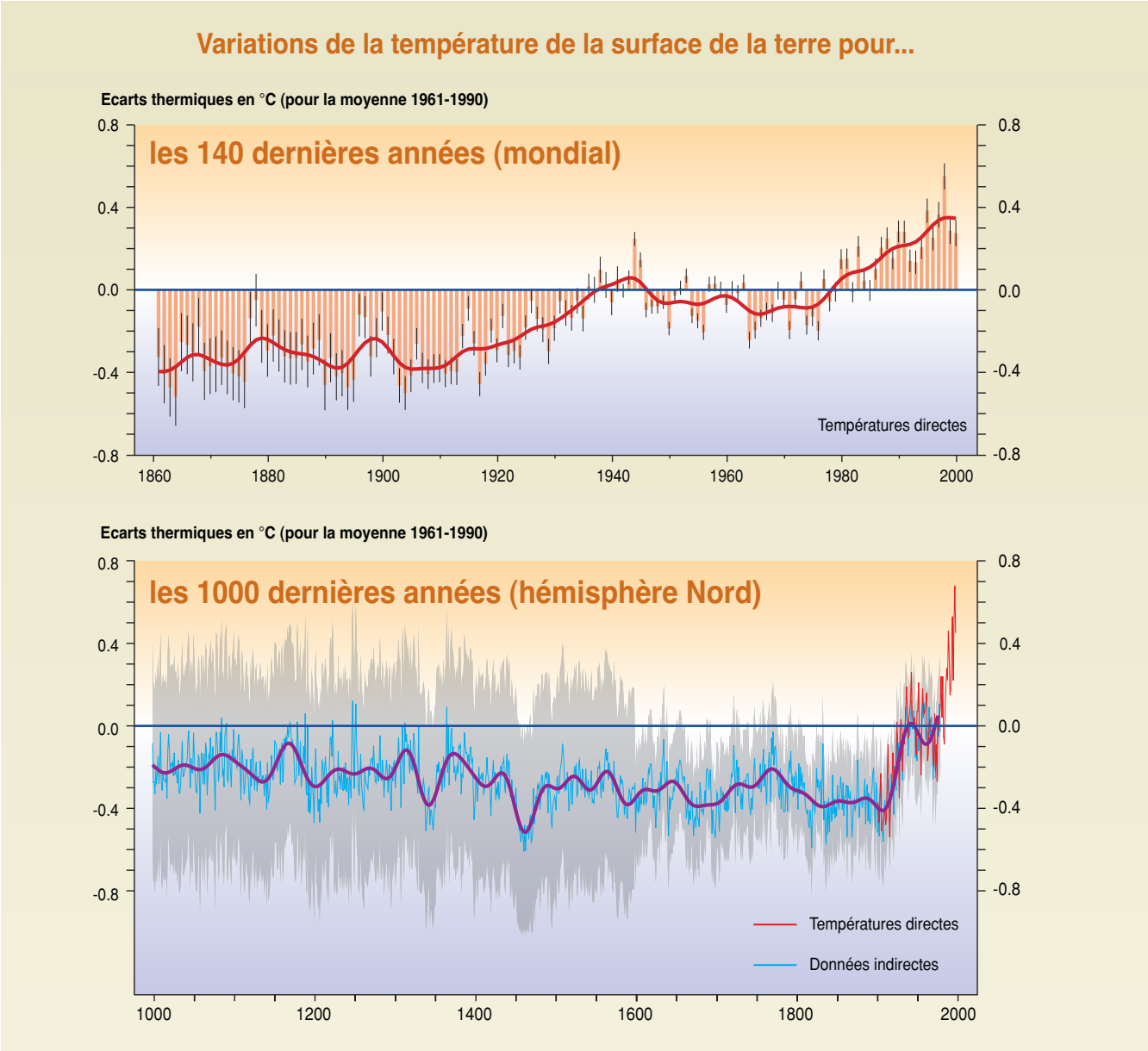
Figure 2–2 : La notion de forçage radiatif permet une comparaison générale de l'influence des facteurs externes sur le climat. Ces forçages radiatifs sont dus aux changements de la composition de l'atmosphère et à la modification du réfléchissement de surface en raison de l'exploitation des terres et des variations du rayonnement solaire. A l'exception du rayonnement solaire, chacun de ces facteurs est lié à une forme d'activité humaine. Les barres rectangulaires représentent les estimations des contributions de ces forçages, dont certains entraînent un réchauffement, et d'autres un refroidissement. Le forçage dû aux phénomènes volcaniques épisodiques, qui entraîne un forçage négatif de quelques années seulement, n'est pas indiqué. La figure représente l'effet indirect des aérosols sur la grosseur et le nombre des gouttelettes des nuages. Un deuxième effet indirect des aérosols sur les nuages, à savoir l'effet sur leur durée de vie, qui entraîne également un forçage négatif, n'est pas indiqué. Les effets de l'aviation sur les gaz à effet de serre sont inclus dans les barres individuelles. La ligne verticale sur les barres rectangulaires représente une fourchette d'estimations, basées sur des fourchettes de valeurs publiées et sur la compréhension des phénomènes physiques. Le degré de certitude est beaucoup plus grand pour certains forçages que pour d'autres. Une ligne verticale sans barre rectangulaire indique un forçage pour lequel on ne peut pas donner de meilleure estimation en raison du nombre élevé d'incertitudes. Comme indiqué, le niveau général de compréhension scientifique pour chaque forçage varie considérablement. Certains agents de forçage radiatif, tels que le CO_2, sont bien mélangés au-dessus de notre planète et perturbent le bilan thermique mondial. Pour d'autres, tels que les aérosols, en raison de leur distribution spatiale, les perturbations qu'ils entraînent ont un caractère régional plus marqué. Le forçage radiatif continue d'être un moyen utile pour estimer, à un premier niveau, les incidences climatiques relatives, par exemple la réponse relative de la température moyenne mondiale à la surface aux perturbations d'origine radiative. Cependant, ces estimations du forçage moyen mondial n'indiquent pas nécessairement les aspects détaillés des réponses climatiques éventuelles (changements climatiques régionaux, par exemple).

GTI TRE RID, GTI TRE Chapitre 6 RE, & GTI TRE Figures RID-3 & 6-6

2.6 Un nombre croissant d'observations dépeint globalement un monde plus chaud et d'autres modifications du système climatique (voir Tableau 2–1).

2.7 **La température moyenne mondiale à la surface a augmenté entre 1860 et 2000, période du relevé instrumental.** Au cours du XXe siècle, cette augmentation a été de 0,6°C, avec une fourchette de confiance *très probable* (voir Encadré 2–1) de

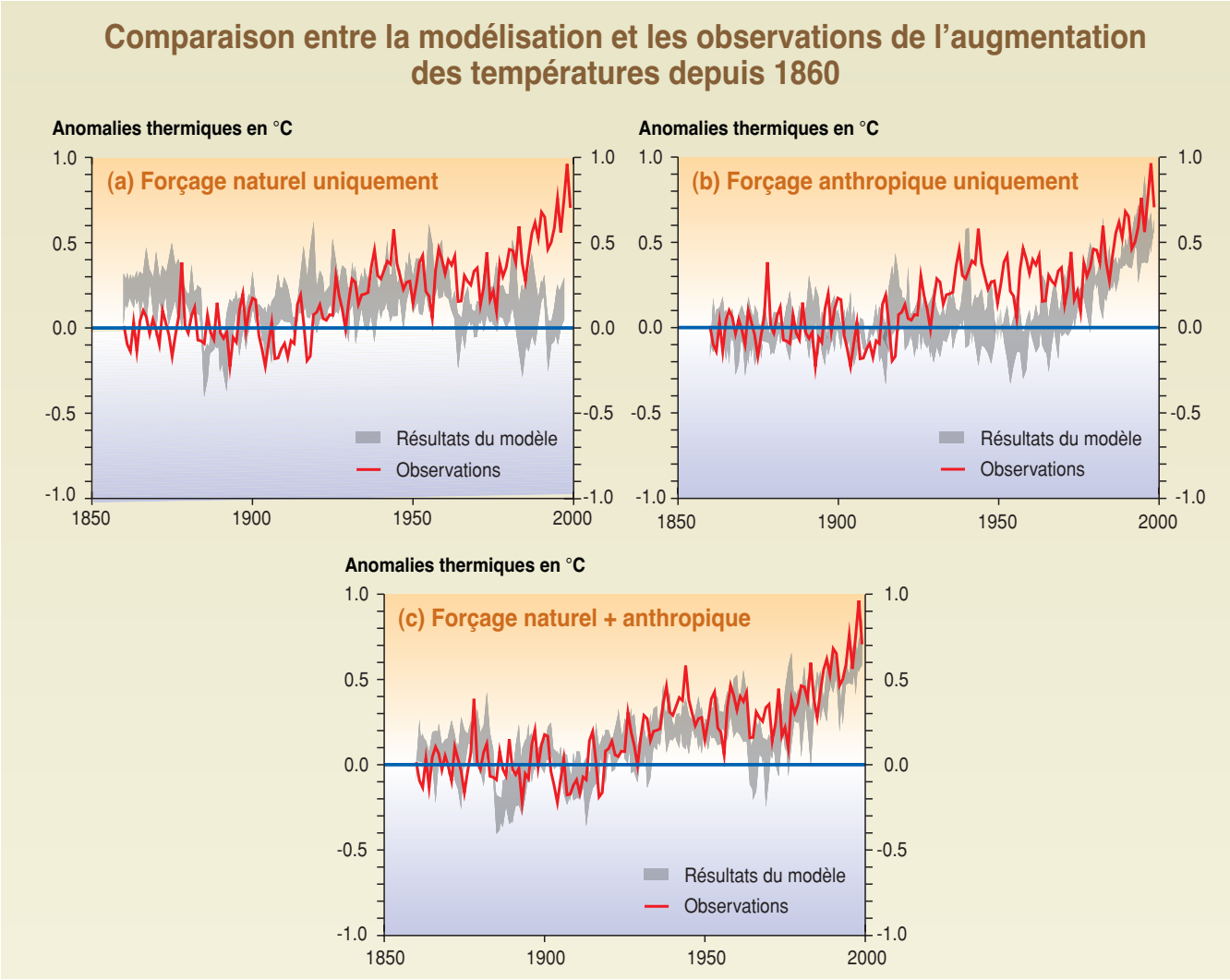
GTI TRE RID & GTI TRE Sections 2.2.2, 2.3.2, & 2.7.2



GTI TRE Figures RID-1,2-7c, & 2-20

Figure 2–3 : La température à la surface de la terre a augmenté d'environ 0,6°C par rapport aux mesures de température directes (1860–2000, graphique supérieur) — une augmentation sans précédent pour l'hémisphère Nord pendant le dernier millénaire, si l'on se réfère aux données de température indirectes dont on dispose (graphique inférieur). Dans le graphique supérieur, la température moyenne mondiale à la surface est indiquée année par année (barres rouges avec fourchette *très probable* sous forme de lignes filiformes noires) et approximativement décennie par décennie (ligne rouge continue). Les analyses tiennent compte des données manquantes, des erreurs aléatoires et des incertitudes des mesures, des incertitudes pour la correction de justesse des températures à la surface des océans, et des ajustements pour l'urbanisation des terres. Le graphique inférieur réunit des données indirectes (ligne bleue année par année avec fourchette *très probable* sous forme de bande grise, ligne violette moyenne pour cinquante ans) et des mesures de température directes (ligne rouge) pour l'hémisphère Nord. Les données indirectes sont celles fournies par les cernes d'arbres, les coraux, les carottes de glace, et des données historiques étalonnées par rapport à des données thermométriques. Il n'y a pas suffisamment de données pour permettre l'évaluation de ces changements dans l'hémisphère Sud.

0,4–0,8°C (voir Figure 2–3). Très probablement, les années 1990 auront été la décennie la plus chaude, et 1988 l'année la plus chaude jamais mesurée. L'adjonction de données indirectes pour l'hémisphère Nord au relevé instrumental permet d'affirmer qu'au cours du dernier millénaire, l'augmentation de la température au XXe siècle aura été probablement la plus importante de tous les siècles, et que les années 1990 auront été probablement la décennie la plus chaude (voir Figure 2–3). Les données antérieures à 1860 pour l'hémisphère Sud sont insuffisantes pour permettre de comparer le réchauffement récent avec les changements survenus au cours du dernier millénaire. Depuis 1950, l'augmentation de la température de la surface de la mer est d'environ la moitié de celle de la température moyenne de l'air à la surface de la terre. Pendant cette période, les températures nocturnes journa lières minimales au-dessus des terres ont augmenté en moyenne d'environ 0,2°C par décennie, soit environ le double du taux d'augmentation des températures diurnes maximales de l'air. Ces variations climatiques ont prolongé la saison sans gel dans nombre de régions à moyenne et haute latitude.



GTI TRE Figure 12–7

Figure 2–4 : La simulation des variations des température de la terre (°C) et la comparaison des résultats avec les changements mesurés peuvent fournir des indications sur les causes sous-jacentes des changements majeurs. On peut utiliser un modèle climatique pour simuler les variations de température d'origine naturelle et anthropique. Les simulations représentées dans la zone de (a) ont été effectuées uniquement avec des forçages naturels : variation solaire et activité volcanique. Celles comprises dans la zone de (b) ont été effectuées avec des forçages anthropiques : gaz à effet de serre et estimation des aérosols sulfatés. Enfin, celles comprises dans la zone de (c) associent les forçages naturels et anthropiques. (b) permet de constater que l'inclusion des forçages anthropiques fournit une explication plausible pour une partie importante des variations de température observées au cours des cent dernières années ; mais c'est (c), qui associe les facteurs naturels et anthropiques, qui correspond le mieux aux observations. Ces résultats montrent que les forçages inclus suffisent pour expliquer les variations observées, sans toutefois exclure la possibilité d'intervention d'autres forçages. D'autres modèles avec forçage anthropique donnent des résultats similaires à ceux obtenus dans (b).

2.8 **Dans les 8 km inférieurs de l'atmosphère l'augmentation de la température mondiale entre 1950 et 2000 — environ 0,1°C par décennie — a été similaire à celle à la surface.** Pour la période 1979–2000 les mesures par satellites et par ballons sondes mettent en évidence un réchauffement pratiquement identique au-dessus de l'Amérique du Nord (0,3ºC par décennie) et en Europe (0,4ºC par décennie) pour la surface et l'atmosphère inférieure, mais des différences marquées au-dessus de certaines zones terrestres, en particulier dans les régions tropicales (0,10±0,10°C par décennie pour la surface et 0,06±0,16°C par décennie pour l'atmosphère inférieure). Les températures pour la surface et l'atmosphère inférieure subissent des influences différentes dues à des facteurs tels que l'appauvrissement de l'ozone stratosphérique, les aérosols atmosphériques, et le phénomène El Niño. En outre, les techniques d'échantillonnage spatial peuvent aussi expliquer certaines différences au niveau des tendances, bien que celles-ci ne soient pas complètement expliquées.

GTI TRE RID & GTI TRE Section 2.2.4

2.9 **Des preuves plus récentes et plus concluantes permettent de dire que la majeure partie du réchauffement observé au cours des cinquante dernières années est imputable aux activités humaines.**

2.10 **Il est peu probable que l'origine du réchauffement observé au cours du XXe siècle soit complètement naturelle.** Il est très peu probable que l'élévation des températures à la surface au cours des cent dernières années s'explique uniquement par une variabilité interne. Des reconstructions des données climatiques pour le dernier millénaire ont montré que le réchauffement observé au cours du XXe siècle était inhabituel et qu'il ne pouvait pas être dû uniquement à un forçage naturel. En d'autres termes, les éruptions volcaniques et les variations du rayonnement solaire n'expliquent pas le réchauffement dans la deuxième moitié du XXe siècle (voir Figure 2–4a), mais peuvent avoir contribué au réchauffement observé au cours de la première moitié du XXe siècle.

GTI TRE RID & GTI TRE Chapitre 12

2.11 **Même si l'on tient compte des incertitudes qui subsistent, les nouvelles données dont on dispose permettent de dire que la majeure partie du réchauffement observé au cours des cinquante dernières années est due probablement à l'augmentation des concentrations de gaz à effet de serre.** Des études de détection et d'attribution (y compris les gaz à effet de serre et les aérosols sulfatés comme facteurs de forçage anthropique) mettent constamment en lumière les preuves d'un signal anthropique dans les données climatiques des 35 à 50 dernières années, malgré des incertitudes concernant le forçage dû aux aérosols sulfatés anthropiques et aux facteurs naturels (volcans et rayonnement solaire). Les forçages dus aux aérosols sulfatés et le forçage naturel sont négatifs pour cette période et n'expliquent pas le réchauffement (voir Figure 2–4a) ; alors que la plupart de ces études constatent que, au cours des cinquante dernières années, le rythme et l'ampleur du réchauffement dû uniquement à une augmentation des gaz à effet de serre est comparable, ou supérieur, au réchauffement observé (Figure 2–4b). C'est lorsque tous les facteurs de forçages anthropiques et naturels sont combinés (voir Figure 2–4c) que l'on obtient la meilleure concordance entre les simulations et les observations pour les relevés 1860–2000. Ce résultat n'exclut pas la possibilité d'une contribution par d'autres forçages ; en outre, ces études de détection et d'attribution n'ont pas pris en compte certains facteurs anthropiques connus (carbone organique, carbone noir (suie), aérosols générés par la combustion de biomasse, et certains changements d'affectation des terres). Les estimations de l'ampleur et de la distribution géographique de ces forçages anthropiques supplémentaires varient considérablement.

GTI TRE RID & GTI TRE Chapitre 12

2.12 **Les changements concernant le niveau de la mer, la couverture neigeuse, la superficie des glaces et les précipitations sont révélateurs d'un réchauffement du climat près de la surface de la terre (voir Tableau 2–1).** Certains de ces changements sont régionaux, et d'autres peuvent être le résultat de variations climatiques internes, de forçages naturels, ou d'activités humaines régionales, et non pas exclusivement d'une influence humaine mondiale.

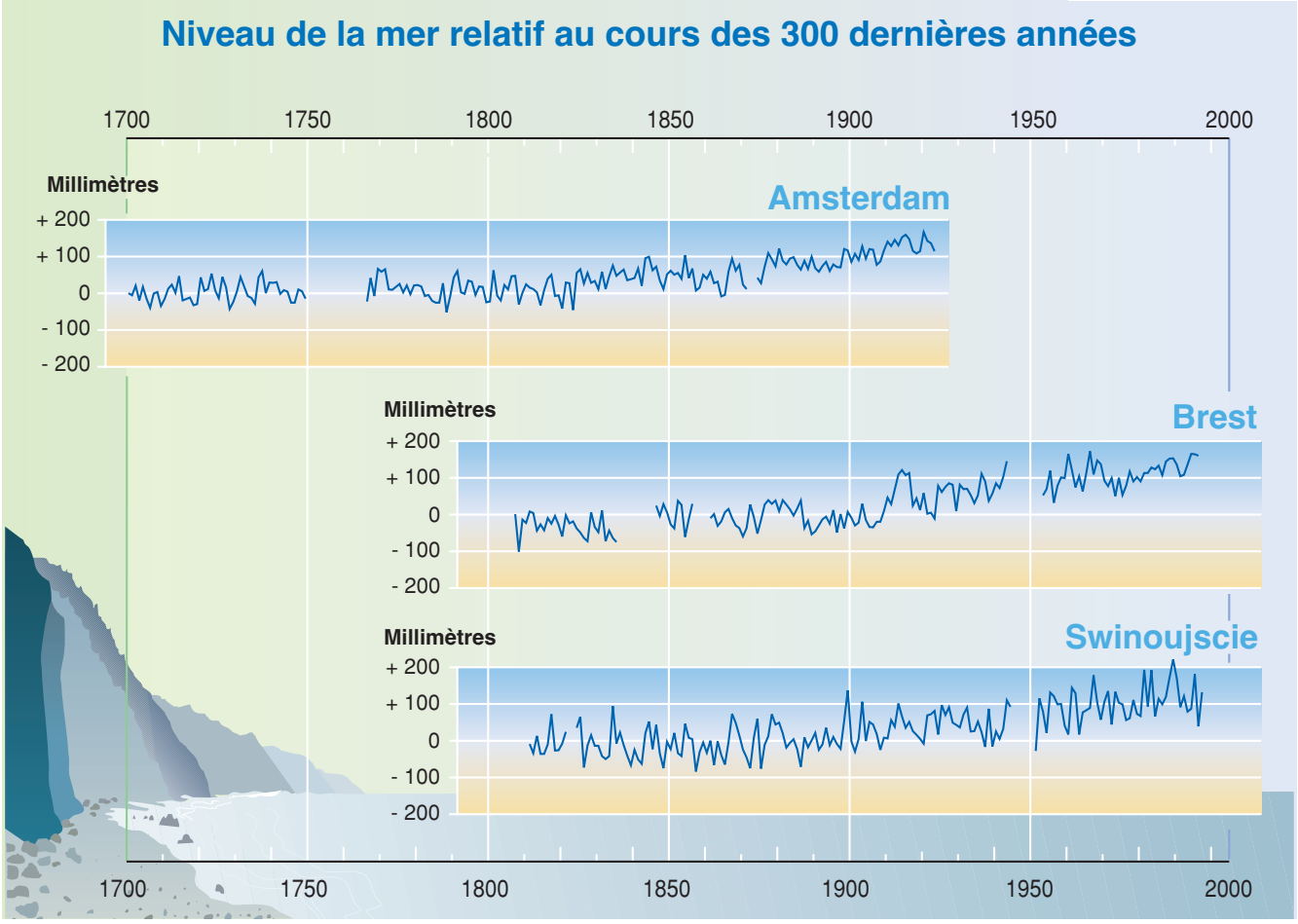
GTI RID & GTII TRE Section 4.3.11

2.13 **Très probablement, le réchauffement du XXe siècle a contribué de façon importante à l'élévation observée du niveau de la mer, et à l'augmentation du contenu thermique des océans.** Le réchauffement entraîne l'élévation du niveau de la mer en raison de la dilatation thermique des mers et de la régression généralisée de la glace terrestre. Calculée à partir des mesures fournies par les marégraphes, et après correction pour les mouvements terrestres, l'élévation moyenne annuelle était de 1 à 2 mm au cours du XXe siècle. Les quelques longs relevés dont on dispose montrent que cette élévation a été moins importante au cours du XIXe siècle (voir Figure 2–5). Sous réserve des incertitudes actuelles, les observations et les modèles confirment l'absence d'accélération significative de l'élévation du niveau de la mer au cours du XXe siècle. Le rythme d'élévation du niveau de la mer observé pendant le XXe siècle est en accord avec les modèles. A l'échelle mondiale, le contenu thermique des océans a augmenté depuis la fin des années 1950, période pour laquelle on dispose de suffisamment de données sur les températures des profondeurs océaniques.

GTI TRE Sections 2.2.2.5, 11.2, & 11.3.2

2.14 **La couverture neigeuse et la superficie des glaces ont diminué.** Très probablement, en moyenne, la superficie de la couverture neigeuse a diminué d'environ 10 % dans l'hémisphère Nord depuis la fin des années 1960 (principalement en raison des changements printaniers sur l'Amérique et l'Eurasie) et la durée annuelle du gel des lacs et des fleuves à moyenne et haute latitude dans l'hémisphère Nord a diminué de 2 semaines environ au cours du XXe siècle. On constate également une régression généralisée des glaciers de montagne dans les régions non polaires au cours du XXe

GTI TRE Section 2.2.5



GTI TRE Figure 11–7

Figure 2–5 : D'après les informations fournies par quelques villes européennes disposant de données pratiquement continues sur le niveau de la mer sur 300 ans, c'est au cours du XXe siècle que l'on observe l'élévation la plus importante. Les données fournies par Amsterdam, aux Pays-Bas, Brest, en France, et Swinoujscie, en Pologne, ainsi que par d'autres localités, confirment l'accélération de l'élévation du niveau de la mer au cours du XXe siècle par rapport au XIXe siècle.

siècle. Il est probable que la superficie de la glace marine au printemps et en été dans l'hémisphère Nord a diminué de 10 à 15 % environ entre 1950 et 2000 et que, au cours des 30 dernières années du XXe siècle, l'épaisseur de la glace marine arctique a diminué de 40 % environ pendant la fin de l'été et le début de l'automne. Bien qu'entre 1978 et 2000 il n'existe pas de changement de la superficie d'ensemble de la glace marine antarctique comparable à l'élévation de la température moyenne mondiale à la surface, le réchauffement régional dans la Péninsule antarctique a coïncidé avec l'effondrement des inlandsis du Prince Gustav et de Larsen au cours des années 1990 ; cependant, la disparition de ces inlandsis a eu peu de répercussions directes.

2.15 **Au cours du XXe siècle, les précipitations ont très probablement augmenté de 5 à 10 % sur la plupart des moyennes et hautes latitudes des continents de l'hémisphère Nord,** mais, à l'opposé, il est probable que les pluies ont diminué de 3 % en moyenne sur une grande partie des zones terrestres subtropicales (voir Figure 2–6a). L'élévation de la température moyenne mondiale à la surface entraînera très probablement des variations des précipitations et de l'humidité atmosphérique en raison de la modification de la circulation atmosphérique, d'un cycle hydrologique plus actif, et d'un accroissement de la capacité de rétention d'eau dans l'atmosphère. Pendant la deuxième moitié du XXe siècle, la fréquence des fortes précipitations aux moyennes et hautes latitudes de l'hémisphère Nord a probablement augmenté de 2 à 4 %. Des augmentations à long terme relativement faibles ont été observées au cours du XXe siècle dans les zones terrestres touchées par des sécheresses ou des inondations importantes, mais dans grand nombre de régions, une variabilité climatique interdécennale et multidécennale caractérise les changements, sans qu'aucune tendance importante ne soit évidente pour le XXe siècle.

GTI TRE Sections 2.5, 2.7.2.2, & 2.7.3

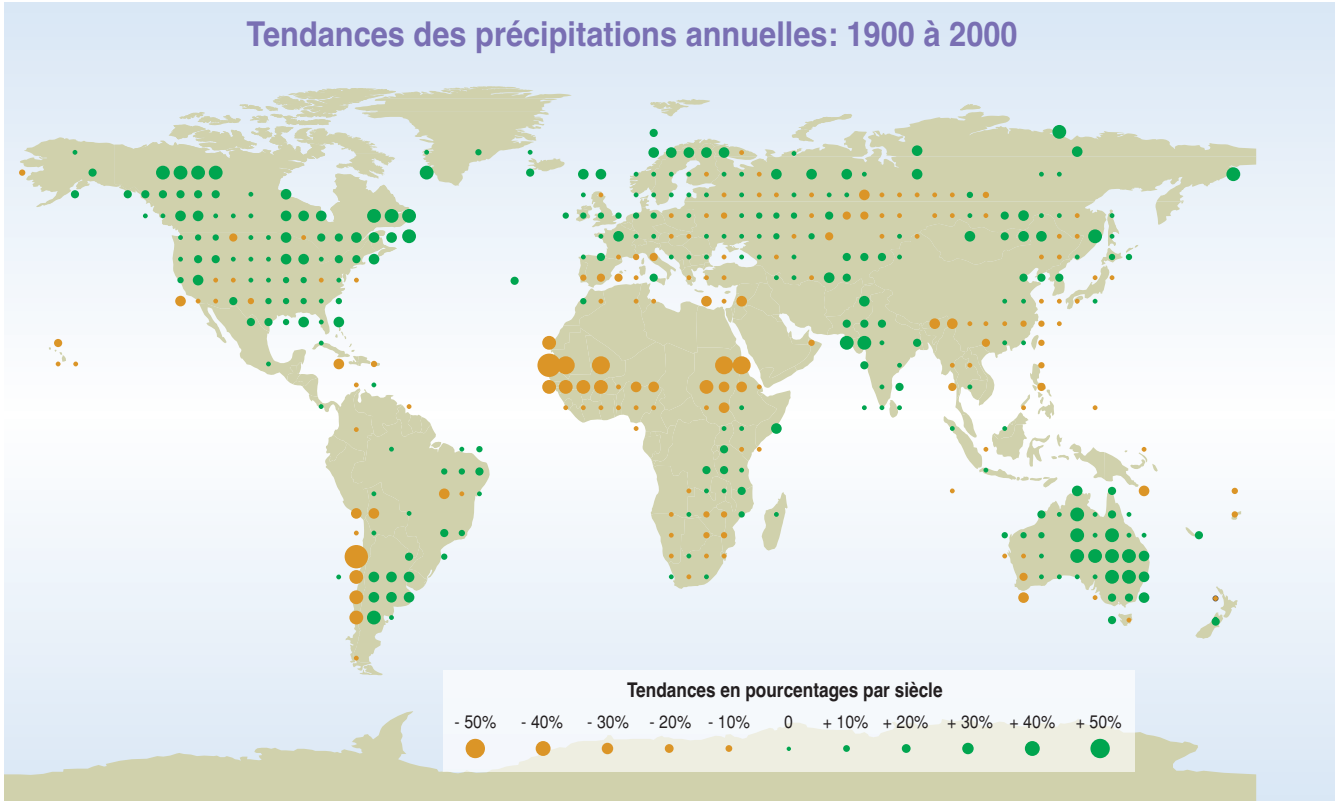


Figure 2–6a : Pendant le XXe siècle, en moyenne, les précipitations ont augmenté sur les continents à l'extérieur des tropiques, mais ont diminué dans les zones désertiques d'Afrique et d'Amérique du Sud. Bien que les données climatiques indiquent une augmentation générale des précipitations, cohérentes avec l'élévation de la température et l'augmentation de l'humidité atmosphérique, les tendances en matière de précipitations sont extrêmement variables entre les régions et, pour certaines régions continentales, ne sont documentées que pour le XXe siècle. Au cours des cent dernières années, on observe des tendances à long terme relativement réduites dans les zones terrestres de sécheresse ou de forte humidité, mais dans de nombreuses régions ces changements sont dominés par une variabilité climatique interdécennale et multidécennale pour laquelle il n'existe pas de tendance évidente pendant le XXe siècle.

GTI TRE Figure 2-25

2.16 **D'autres aspects importants du climat ont également connu des changements (voir Tableau 2–1).**

2.17 **Au cours du XXe siècle, il y a eu un réchauffement continu et à grande échelle de la surface des terres et des océans, les augmentations de température les plus importantes étant observées aux moyennes et hautes latitudes des continents septentrionaux.** Le réchauffement de la surface des terres, plus rapide que celui de la surface des océans, observé entre 1976 et 2000 (voir Figure 2–6b) est cohérent avec les changements observés au niveau des variations climatiques naturelles, telles que les Oscillations de l'Atlantique nord et arctique, et avec les simulations du réchauffement dû aux gaz à effet de serre. Comme décrit ci-dessous, il existe une documentation sur des liens statistiquement significatifs entre le réchauffement régional et les changements des systèmes biologiques observés pour l'eau douce et les environnements terrestres et marins pour tous les continents.

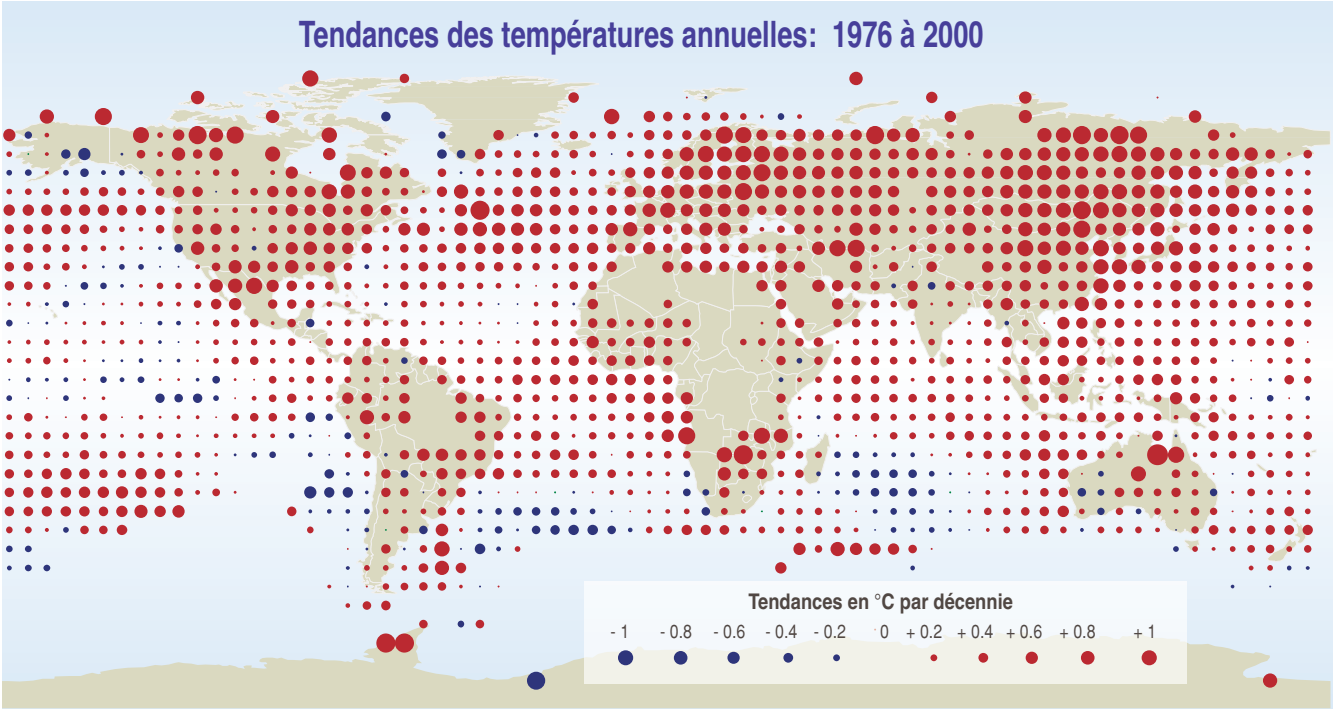
GTI TRE Sections 2.2.2, 2.6.3 & 2.6.5, & GTII TRE Section 6.3

2.18 **Depuis le milieu des années 1970, le réchauffement dû à l'Oscillation australe El Niño (ENSO) a été plus fréquent, plus long et plus intense, comparé aux 100 ans antérieurs.** ENSO influe régulièrement sur les variations régionales des précipitations et des températures sur la plupart des zones tropicales, subtropicales et à certaines latitudes moyennes. Mais, si l'on en croit les modèles, dans un monde plus chaud, les phénomènes El Niño ne seraient pas nécessairement plus fréquents.

GTI TRE Section 2.6.2

2.19 **Certains aspects importants du climat semblent *ne pas* avoir changé.** Quelques régions du monde n'ont pas connu de réchauffement au cours des récentes

GTI TRE Sections 2.2.2, 2.2.5, & 2.7.3



GTI TRE Figure 2–9d

Figure 2–6b : Un réchauffement à grande échelle et cohérent de la surface des terres et des océans a eu lieu au cours des vingt-cinq dernières années, les plus importantes élévations de température se situant à moyenne et haute latitude en Amérique du Nord, en Europe et en Asie. De grandes zones de refroidissement ont été observées uniquement dans certaines parties de l'Océan pacifique et de l'Océan austral et dans l'Antarctique. Le réchauffement plus rapide des terres par rapport aux océans correspond aux changements des variations climatiques naturelles observés, dans le cas, par exemple des Oscillations de l'Atlantique Nord et Arctique, et aux simulations de profils de réchauffement dû aux gaz à effet de serre. Comme indiqué dans le texte, le réchauffement dans certaines régions est lié aux changements qui ont été observés dans les systèmes biologiques de tous les continents.

décennies, principalement certaines zones océaniques de l'hémisphère Sud et de certaines parties de l'Antarctique (voir Figure 2–6b). La superficie de la glace marine Antarctique est restée quasiment stable et a même augmenté depuis 1978, début des mesures par satellites fiables. Les analyses actuelles ne peuvent tirer des conclusions quant à la probabilité des changements de la fréquence des tornades, orages ou averses de grêle, pour le nombre limité de régions étudiées. De plus, en raison de données insuffisantes et d'analyses contradictoires, il n'est pas possible d'évaluer les changements des intensités des cyclones tropicaux et extratropicaux et des fortes tempêtes aux latitudes moyennes.

2.20 **Les changements climatiques régionaux qui se sont produits au cours des 50 dernières années ont eu des répercussions sur les systèmes biologiques et hydrologiques dans nombre de régions du monde (voir Tableau 2–1).**

2.21 **Les changements climatiques régionaux ont eu des effets très nets, notamment l'élévation des températures au sein des bio-systèmes pendant le XXe siècle.** Dans de nombreuses régions du monde, les changements anthropiques ou naturels observés dans ces systèmes[3] sont cohérents pour divers emplacements et vont dans le sens des effets prévus des variations de température régionales. La probabilité selon laquelle les changements observés se produiraient par hasard dans le sens prévu (sans référence à l'ampleur) est infime. Ces systèmes incluent, par exemple, les répartitions d'espèces, les tailles des populations, et les époques de reproduction ou de migrations. Suite à ces observations, on peut dire que les changements climatiques régionaux représentent un facteur déterminant important. On a observé des changements en ce qui concerne les types (incendies, sécheresses, bourrasques dévastatrices, par exemple), l'intensité et la fréquence des perturbations qui sont influencées par des changements climatiques régionaux (anthropiques ou naturels) et par les méthodes d'utilisation des terres. A leur tour, ces perturbations ont des effets sur la productivité et les espèces vivant au sein d'un écosystème, en particulier aux latitudes et altitudes élevées. La fréquence des infestations de parasites et des maladies a également changé, en particulier dans les systèmes arborés, et celles-ci peuvent être liées aux changements climatiques. Dans certaines régions d'Afrique, depuis 1970, la conjonction des changements climatiques régionaux (sécheresse au Sahel) et des contraintes anthropiques a entraîné une diminution de la production céréalière. Le réchauffement présente cependant quelques aspects positifs : ainsi, en Europe, entre 1959 et 1993, la saison de croissance est plus longue de 11 jours, et la consommation d'énergie destinée au chauffage en hiver a diminué.

GTII TRE Sections 5.4, 5.6.2, 10.1.3.2, 11.2, 13.1.3.1, & 13.2.4.1, & GTII TRE Figure RID–1

2.22 **L'élévation des températures à la surface des océans a eu des effets néfastes sur les récifs coralliens.** Au cours des dernières décennies, les températures de la mer à la surface ont augmenté dans la majeure partie des océans tropicaux. Un grand nombre de coraux ont subi l'effet prononcé, bien que souvent en partie réversible, du blanchissement lorsque les températures de la mer à la surface augmentent de plus de 1°C au cours d'une saison, quelle qu'elle soit ; une augmentation de 3°C entraînant la destruction des coraux. En général, ceci se produit pendant les phénomènes El Niño et est aggravé par l'augmentation des températures de la mer à la surface. Ce blanchissement est souvent associé à d'autres contraintes, telles que la pollution.

GTI TRE Section 2.2.2.2 & GTII TRE Sections 6.4.5 & 17.2.4.1

2.23 **Les changements dans les systèmes marins, en particulier pour les populations de poissons, ont été liés aux oscillations climatiques à grande échelle.** Le phénomène El Niño a des répercussions sur les pêcheries au large des côtes d'Amérique du Sud et d'Afrique et les oscillations décennales dans le Pacifique sont liées au déclin des pêcheries au large de la côte occidentale de l'Amérique du Nord.

GTI TRE Section 2.6.3 & GTII TRE Sections 10.2.2.2, 14.1.3, & 15.2.3.3

[3] Il existe quarante-quatre études régionales concernant plus de quatre cents plantes et animaux, et portant sur vingt à cinquante ans, effectuées principalement en Amérique du Nord, en Europe et dans la région polaire australe, ainsi que seize études régionales sur une centaine de processus physiques dans la plupart des régions du monde, et portant sur vingt à cent cinquante ans.

2.24 **On a observé des changements des débits fluviaux, des inondations et des sécheresses.** Selon des preuves des incidences des changements climatiques régionaux sur des composants du cycle hydrologique, il semblerait que l'élévation des températures aurait pour effet d'intensifier le cycle hydrologique. Au cours des dernières décennies, dans une grande partie de l'Europe de l'Est, la Russie européenne, et l'Amérique du Nord, les débits fluviaux maximaux sont observés à la fin de l'hiver plutôt qu'au printemps. La fréquence croissante des sécheresses et des inondations dans certaines régions est liée aux variations climatiques — comme en témoignent, par exemple, des sécheresses au Sahel et dans le nord-est et le sud du Brésil, et des inondations en Colombie et au nord-ouest du Pérou.

GTI TRE Section 2.7.3.3, & GTII TRE RID, GTII TRE Sections 4.3.6, 10.2.1.2, 14.3, & 19.2.2.1, & GTII TRE Tableau 4–1

2.25 **Les premières indications montrent que certains systèmes humains ont été affectés par l'augmentation des sécheresses et des inondations. Les coûts socio-économiques croissants liés aux dommages climatiques et aux variations climatiques régionales semblent indiquer une vulnérabilité croissante aux changements climatiques (voir Tableau 2–1).**

2.26 **Les phénomènes météorologiques ou climatiques extrêmes causent un nombre croissant de dommages non négligeables.** Actuellement, les phénomènes extrêmes sont une source importante d'effets liés au climat. Ainsi, en 1997–1998, le phénomène El Niño a été à l'origine d'un nombre considérable de pertes en vies humaines, dommages matériels et autres dommages environnementaux. Les incidences des phénomènes extrêmes et de la variabilité climatique sont une source de préoccupation majeure. Selon les premières indications, il semblerait que certains systèmes économiques et sociaux aient été affectés par l'augmentation récente du nombre d'inondations et de sécheresses, et qu'il y ait augmentation des pertes économiques dues aux catastrophes climatiques. Ces systèmes étant également affectés par des modifications des facteurs socio-économiques tels que les variations démographiques et les changements d'affectation des terres, il est difficile de quantifier les incidences relatives des changements climatiques (anthropiques ou naturels) et des facteurs socio-économiques. Entre les années 1950 et les années 1990, par exemple, les coûts directs des pertes mondiales résultant de phénomènes catastrophiques liés au climat, compte tenu de l'inflation, ont augmenté d'un ordre de grandeur (voir Figure 2–7), et les coûts dus aux phénomènes climatiques non catastrophiques ont augmenté de la même façon. Le nombre de phénomènes catastrophiques liés au climat a augmenté trois fois plus vite que le nombre de phénomènes non liés au climat, en dépit d'une amélioration générale de la préparation aux catastrophes naturelles. Cette tendance à la hausse des pertes liées au climat au cours des 50 dernières années s'explique en partie par des facteurs socio-économiques (croissance démographique, augmentation des revenus, urbanisation des zones vulnérables) et en partie par des facteurs climatiques régionaux (modification des précipitations, inondations).

GTII TRE RID & GTII TRE Sections 8.2 & 14.3

2.27 **Le pourcentage des pertes liées au climat couvertes par les assurances varie beaucoup selon les régions** et l'inégalité des conséquences des risques climatiques pose un problème en matière de développement et d'équité. A l'heure actuelle, les compagnies d'assurance ne remboursent que 5 % des pertes économiques en Asie et en Amérique du Sud, 10 % en Afrique, et 30 % environ en Australie, en Europe, et en Amérique du Nord et centrale. En règle générale, le pourcentage couvert par les assurances est beaucoup plus élevé pour les dommages dus uniquement aux tempêtes que pour les pertes liées aux inondations et les pertes agricoles. Le solde de ces pertes est absorbé par les gouvernements et par les personnes et les organisations affectées.

GTII TRE Sections 8.3.3.1 & 8.5.4

2.28 **Les changements climatiques ont également des effets sur la santé.** On sait que des maladies infectieuses à transmission vectorielle ou d'origine alimentaire ou hydrique réagissent à l'évolution des conditions climatiques. L'expérience montre clairement que toute augmentation des inondations augmente le risque de noyades, maladies diarrhéiques et respiratoires, les maladies dues à la contamination de l'eau, et — dans les pays en développement — la faim et la malnutrition (*confiance élevée*). Les vagues de chaleur en Europe et en Amérique du Nord sont associées à une augmentation

GTII TRE RID & GTII TRE Sections 9.5.1, 9.7.8, 10.2.4, & 13.2.5

significative de la mortalité urbaine, mais une hausse des températures hivernales entraîne également une diminution de la mortalité hivernale. Dans certains cas, les effets sur la santé sont clairement liés aux récents changements climatiques, comme le montre l'exemple de la Suède où les cas d'encéphalite à tiques ont augmenté après des hivers plus doux et où cette tendance s'est déplacée vers le nord suite à l'augmentation de la fréquence d'hivers plus doux entre 1980 et 1994.

2.29 La reconnaissance et l'anticipation des incidences négatives des changements climatiques sont à l'origine de réponses publiques et gouvernementales.

2.30 **Au cours de la dernière décennie, les changements climatiques observés et prévus ont donné lieu à des réponses socio-économiques et en matière de politique.** Parmi ces réponses figurent le développement du marché de l'énergie renouvelable, l'établissement de programmes d'amélioration de l'efficacité énergétique en réponse aux inquiétudes concernant les changements climatiques, l'intégration de politiques climatiques dans des politiques nationales plus générales, des taxes sur le carbone dans plusieurs pays, des systèmes d'échange de droits d'émission de gaz à effet de serre dans certains pays, des accords volontaires nationaux et internationaux avec des industries pour améliorer l'efficacité énergétique ou diminuer les émissions de gaz à effet de serre, la création de marchés d'échange du carbone, des pressions publiques et

GTIII TRE Sections 3.2, 3.4–5, 3.8.4, 6.2.2, 6.3.2, & 9.2.1

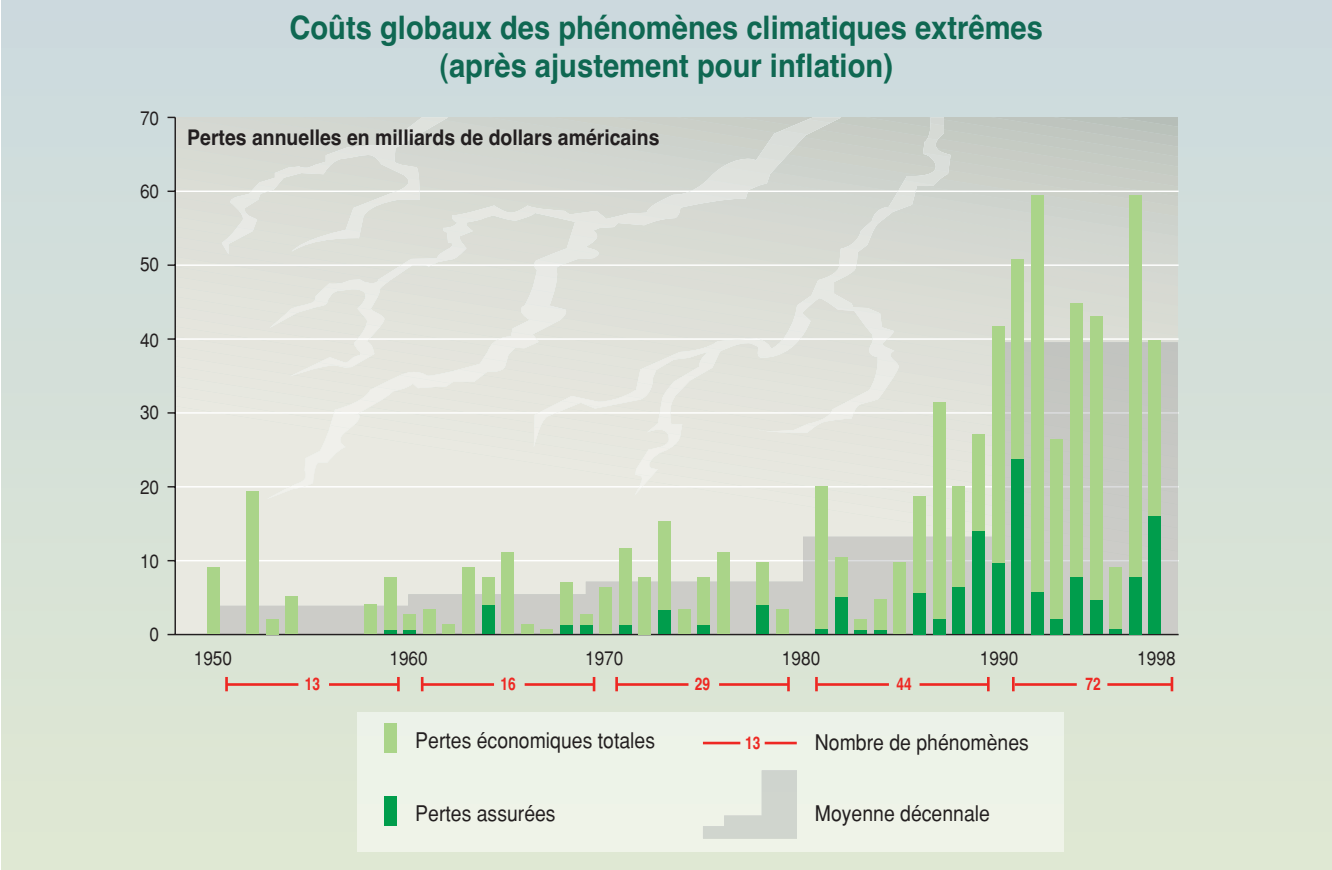


Figure 2–7 : A l'échelle mondiale, entre les années 1950 et les années 1990, par exemple, les pertes économiques résultant de phénomènes catastrophiques liés au climat ont été multipliées par dix (après ajustement pour inflation), une augmentation dont la rapidité ne peut être expliquée simplement par l'inflation. On constate une augmentation du pourcentage de ces pertes couvert par les assurances, qui est passé d'un niveau négligeable à environ 23 % pendant les années 1990. Les pertes globales résultant de petits phénomènes climatiques non catastrophiques (non inclus ici) sont similaires. Cette tendance à la hausse des pertes dues à des catastrophes climatiques au cours des cinquante dernières années s'explique en partie par des facteurs socio-économiques (croissance démographique, augmentation des revenus, urbanisation des zones vulnérables) et en partie par des facteurs climatiques régionaux (modification des précipitations, inondations).

GTII TRE Figure 8–1

politiques auprès des services publics pour demander la réduction ou la compensation des émissions de carbone par de nouveaux projets énergétiques, l'étude par le secteur industriel de nouvelles méthodes de compensation des émissions de carbone, et la création de programmes destinés à aider les pays en développement et les pays les moins développés à réduire leur vulnérabilité, à s'adapter aux changements climatiques et prendre des mesures d'atténuation.

Question 3

Q3

Que sait-on des conséquences climatiques, environnementales et socio-économiques régionales et mondiales au cours des 25, 50, et 100 prochaines années, en conjonction avec une fourchette d'émissions de gaz à effet de serre prévue par des scénarios utilisés dans le TRE (prévisions sans mesures d'interventions climatiques) ?

Dans la mesure du possible, évaluer :

- les changements prévus des concentrations atmosphériques, du climat et du niveau de la mer ;
- les incidences et les coûts et bénéfices économiques des changements climatiques et de la composition de l'atmosphère sur la santé, la diversité et la productivité des écosystèmes et les secteurs socio-économiques (en particulier l'agriculture et l'eau) ;
- les diverses options d'adaptation, y compris leurs coûts, bénéfices et problèmes ;
- les questions de développement, durabilité et équité associées aux conséquences et à l'adaptation à l'échelle régionale et mondiale.

3.1 Les scénarios d'émissions de gaz à effet de serre utilisés comme point de départ des prévisions climatiques du TRE sont ceux du *Rapport spécial du GIEC sur les scénarios d'émissions* (voir Encadré 3–1). Les scénarios du RSSE n'ayant été disponibles que peu de temps avant l'établissement du TRE, il n'a pas été possible d'inclure les évaluations des incidences basées sur ces scénarios. Les évaluations des incidences dans le TRE utilisent donc des résultats de modèles climatiques qui, en général, sont basés sur des scénarios de changements climatiques à l'équilibre (par exemple, 2xCO2), un nombre relativement faible d'expériences utilisant un scénario transitoire avec 1 % d'augmentation annuelle du CO_2, ou les scénarios utilisés dans le DRE (Série IS92). Par conséquent, pour ce qui est de la présente question, le problème est d'essayer d'apparier ces évaluations des incidences et les résultats des changements climatiques basés sur les scénarios du RSSE. On est donc tenu d'utiliser des valeurs approximatives, ce qui, en de nombreux cas, ne permet de tirer que des conclusions qualitatives. Les changements prévus en matière de variabilité climatique, phénomènes extrêmes, et changements abrupts/non linéaires sont examinés à la Question 4.

Encadré RID–1	Les futures émissions de gaz à effet de serre et d'aérosols résultant des activités humaines modifieront l'atmosphère, ce qui devrait influer sur le climat.

Les changements climatiques sont le résultat de la variabilité interne du système climatique et de facteurs externes (naturels et anthropiques). Les émissions de gaz à effet de serre et d'aérosols anthropiques modifient la composition de l'atmosphère. Les futures émissions de gaz à effet de serre et d'aérosols sont déterminées par des forces motrices telles que la croissance démographique, le développement socio-économique et l'évolution technologique, et sont donc extrêmement incertaines. Les scénarios constituent d'autres représentations de futurs possibles et sont des outils utiles pour l'analyse de l'influence des forces motrices sur les futures émissions et l'évaluation des incertitudes connexes. Les scénarios du RSSE, développés pour actualiser la série IS92, consistent en six groupes de scénarios, basés sur des canevas narratifs, qui couvrent un large éventail de forces motrices (voir Figure 3–1). Tous sont plausibles et à cohérence interne, sans attribution de probabilité de concrétisation. Ils recouvrent quatre combinaisons de variations démographiques, développement socio-économique, et évolution technologique majeure (A1B, A2, B1, B2). Deux autres groupes de scénarios, A1FI et A1T, examinent explicitement d'autres possibilités d'évolution technologique en matière d'énergie par rapport à celle de A1B (voir Figure 3–1a). Les émissions de gaz à effet de serre qui en résultent — CO_2, CH_4, et N_2O, ainsi que SO_2, à l'origine de la production des aérosols sulfatés –, sont indiquées aux Figures 3–1b à 3–1e ; d'autres gaz et particules sont également importants. Ces émissions modifient la concentration de ces gaz et aérosols dans l'atmosphère. Les changements des concentrations pour les scénarios du RSSE sont indiqués aux Figures 3–1f à 3–1i. On notera que dans le cas des gaz à longue durée de vie atmosphérique, tels que le CO_2 indiqué dans la partie (f), la concentration atmosphérique réagit aux variations des émissions relativement lentement (voir Figure 5–3) ; alors que dans le cas des gaz et aérosols à courte durée de vie atmosphérique, tels que les aérosols sulfatés indiqués dans la partie (i), la concentration atmosphérique réagit beaucoup plus vite. On peut analyser sommairement l'influence des changements des concentrations atmosphériques de gaz à effet de serre et aérosols sur le système climatique à l'aide de la notion de forçage radiatif, qui mesure l'influence possible d'un facteur sur la modification de l'équilibre des entrants et sortants énergétiques dans le système Terre-Atmosphère. Un forçage radiatif positif, tel que le forçage dû aux concentrations croissantes de gaz à effet de serre, tend à réchauffer la surface ; de même, un forçage radiatif négatif, qui peut résulter de l'augmentation de certains types d'aérosols tels que les aérosols sulfatés, tend à refroidir la surface. Le forçage radiatif résultant des concentrations croissantes indiquées dans les parties (f) à (i) est représenté dans la partie (j). On notera que, comme pour les scénarios IS92, toutes les combinaisons d'émissions de gaz à effet de serre et aérosols dans les scénarios du RSSE provoquent l'augmentation du forçage radiatif.

GT1 TRE Chapitres 3, 4, 5, & 6

3.2 **Tous les scénarios d'émissions du GIEC prévoient une augmentation des concentrations de dioxyde de carbone, et une élévation de la température moyenne mondiale à la surface et du niveau de la mer au cours du XXIe siècle.**

3.3 **Tous les scénarios d'émissions du RSSE prévoient une augmentation de la concentration atmosphérique de CO_2.** Dans le cas des six scénarios d'illustration du RSSE, la concentration prévue de CO_2, le principal gaz à effet de serre anthropique, pour 2100 se situe entre 540 et 970 ppm, alors qu'elle était de 280 ppm environ pour la

GTI TRE Section 3.7.3.3

période préindustrielle et 368 ppm environ en l'an 2000 (voir Figure 3–1f). Diverses hypothèses socio-économiques (démographiques, sociales, économiques et technologiques) sont à l'origine des différents niveaux des futurs gaz à effet de serre et aérosols. Pour chaque scénario, d'autres incertitudes, notamment à propos de la poursuite des processus d'absorption actuels (puits de carbone) et l'ampleur de la rétroaction climatique sur la biosphère terrestre, causent une variation de –10 à +30 % pour la concentration en 2100. On obtient donc une fourchette totale entre 490 et 1 260 ppm — 75 à 350 % supérieure à la concentration pour 1750 (époque préindustrielle).

3.4 **Les calculs des concentrations des principaux gaz à effet de serre sans CO_2 fournis par les modèles pour 2100 varient considérablement pour les six scénarios d'illustration du RSSE.** Dans la plupart des cas, A1B, A1T, et B1 ont les augmentations les plus faibles, et A1Fl et A2 les plus importantes (voir Figures 3–1g et 3–1h).

GTI TRE Section 4.4.5 & GTI TRE Encadré 9-1

3.5 **Les scénarios du RSSE incluent des diminutions ou des augmentations éventuelles des aérosols anthropiques, en fonction du degré d'utilisation des combustibles fossiles et des mesures prises pour réduire les émissions polluantes.** Comme indiqué à la Figure 3–1i, les six scénarios d'illustration du RSSE prévoient une diminution des concentrations d'aérosols sulfatés au-dessous des niveaux actuels d'ici 2100, ce qui entraînerait un réchauffement par rapport à l'époque actuelle. Par ailleurs, les aérosols naturels (sel de mer, poussière et émissions liées aux aérosols sulfatés et aérosols de carbone) devraient augmenter en raison des changements climatiques.

GTI TRE Section 5.5 & RSSE Section 3.6.4

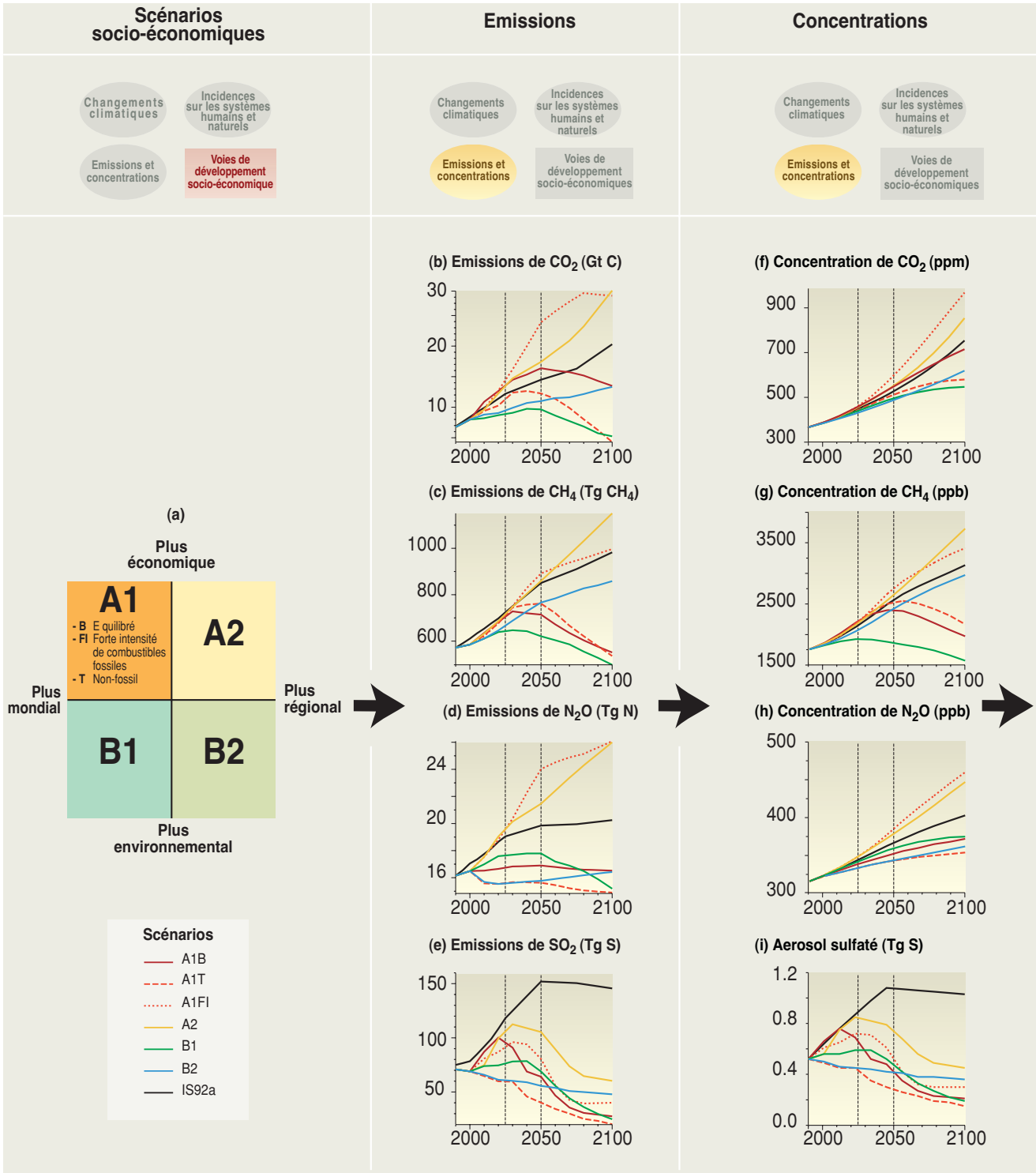
3.6 **La température moyenne mondiale à la surface devrait augmenter de 1,4 à 5,8°C pour la période entre 1990 et 2100 (voir Figure 3–1k), soit deux à dix fois plus que la valeur type du réchauffement observé au cours du XXe siècle et le rythme du réchauffement prévu sera très probablement sans précédent, au moins au cours des dix derniers millénaires, si l'on se réfère aux données paléoclimatiques (voir Figure 9–1).** Pour les périodes entre 1990 et 2025 et 1990 et 2050, les augmentations prévues sont de 0,4 à 1,1°C et 0,8 à 2,6°C, respectivement. Ces résultats sont pour l'ensemble des 35 scénarios du RSSE, à partir d'un certain nombre de modèles climatiques[4]. Les augmentations de température devraient être supérieures à celles prévues dans le DRE qui étaient de l'ordre de 1,0 à 3,5°C, calculé à partir de six scénarios IS92. Ces températures plus élevées et la fourchette plus large s'expliquent principalement par le fait que les scénarios du RSSE prévoient des émissions de SO_2 plus faibles que celles prévues dans les scénarios IS92, en raison de changements structuraux du système énergétique, et d'inquiétudes à propos de la pollution atmosphérique locale et régionale.

GTI TRE Section 9.3.3

3.7 **D'ici 2100, la fourchette des réponses de températures à la surface pour différents modèles climatiques pour le même scénario d'émissions est comparable à la fourchette pour différents scénarios d'émissions du RSSE pour un modèle climatique unique.** Comme indiqué à la Figure 3–1, les scénarios du RSSE utilisant les émissions les plus élevées produisent les augmentations de températures les plus importantes. Il existe d'autres incertitudes liées à des incertitudes à propos du forçage radiatif, l'incertitude la plus importante concernant le forçage dû aux aérosols sulfatés.

GTI TRE Section 9.3.3

[4] Des modèles à bases physiques complexes sont l'outil principal pour les projections de changements climatiques. Des modèles climatiques simples, étalonnés pour donner une réponse équivalente pour les températures et le niveau de la mer à celles de modèles climatiques complexes, ont été également utilisés afin d'étudier l'éventail de scénarios. Ces projections sont obtenues à l'aide d'un modèle climatique simple dont la sensibilité climatique et l'absorption thermique des océans sont étalonnés par rapport à sept modèles climatiques complexes. La sensibilité du climat utilisée dans le modèle simple se situe entre 1,7 et 4,2°C, ce qui est comparable à la fourchette généralement acceptée de 1,5 à 4,5°C. En ce qui concerne les expériences du modèle de circulation générale atmosphère–océans (AOGCM) pour la fin du XXIe siècle (de 2071 à 2100), comparé à la période 1961 à 1990, le réchauffement moyen pour le scénario A2 du RSSE est de 3,0°C avec une fourchette de 1,3 à 4,5°C, alors que pour le scénario B2 du RSSE le réchauffement moyen est de 2,2°C avec une fourchette de 0,9 à 3,4°C.



A1FI, A1T et A1B

Le canevas et la famille de scénarios A1 décrivent un monde futur dans lequel la croissance économique sera très rapide, la population mondiale culminera au milieu du siècle pour décliner par la suite, et de nouvelles technologies plus efficaces seront introduites rapidement. Les principaux thèmes sous-jacents sont la convergence entre les régions, le renforcement des capacités et des interactions culturelles et sociales accrues, avec une réduction substantielle des différences régionales dans le revenu par habitant. La famille de scénario A1 se scinde en trois groupes qui décrivent des directions possibles de l'évolution technologique dans le système énergétique. Les trois groupes A1 se distinguent par leur accent technologique : forte intensité de combustibles fossiles (A1FI), sources d'énergie autres que fossiles (A1T) ou équilibre entre les sources (A1B) (dans lequel « équilibré » est défini comme ne s'appuyant pas excessivement sur une source d'énergie particulière, en supposant que des taux d'amélioration similaires s'appliquent à toutes les technologies de l'approvisionnement énergétique et des utilisations finales).

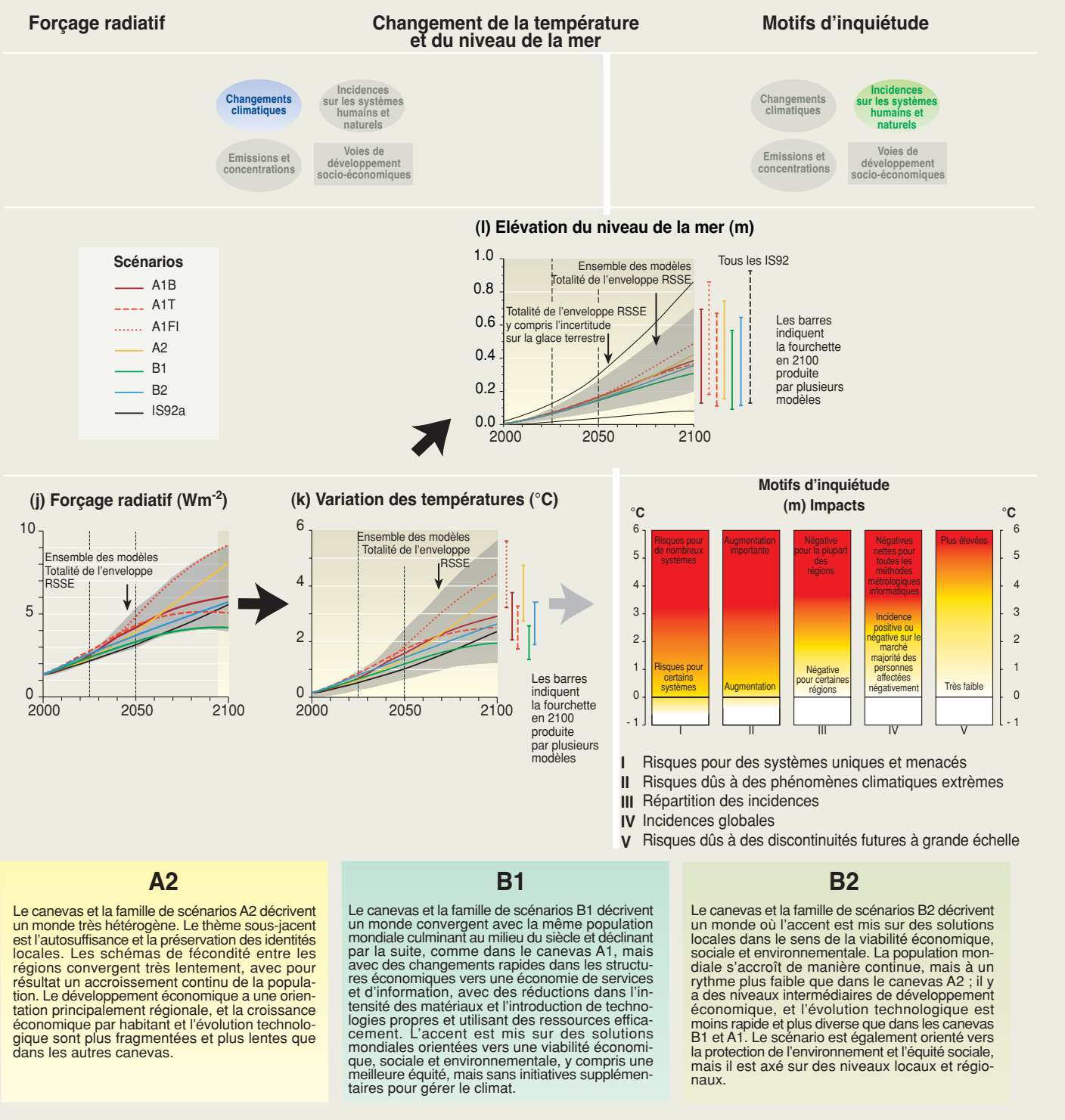


Figure RID–3 : Les différentes suppositions socio-économiques sous-jacentes aux scénarios du RSSE donnent différents niveaux d'émissions futures de gaz à effet de serre et d'aérosols. A leur tour, ces émissions modifient la concentration de ces gaz et aérosols dans l'atmosphère, ce qui modifie le forçage radiatif du climat. Le forçage radiatif dû aux scénarios du RSSE a pour effet une élévation des températures et du niveau de la mer, changements qui auront eux-mêmes des répercussions. Les scénarios du RSSE n'incluent pas de mesures d'intervention supplémentaires pour gérer le climat et n'attribuent pas de valeur de probabilité. Les scénarios du RSSE n'ayant été disponibles que très peu de temps avant l'établissement du TRE, les résultats des modèles climatiques utilisés ici pour les évaluations des incidences sont généralement basés sur des scénarios de changements climatiques à l'état d'équilibre (doublement du CO_2, par exemple), un nombre relativement faible d'expériences utilisant un scénario transitoire d'augmentation annuelle du CO_2 de 1 %, ou sur les scénarios utilisés dans le DRE (série IS92). A leur tour, les incidences peuvent influer sur les voies de développement socio-économique, par le biais, par exemple, de mesures d'adaptation et d'atténuation. Les parties en surbrillance dans la partie supérieure de la figure indiquent les rapports existant entre les divers aspects et le cadre d'évaluation intégré pour l'étude des changements climatiques (voir Figure RID–1).

GTI TRE Figures 3.12, 4.14, 5.13, 9.13, 9.14, & 11.12, GTII TRE Figure 19–7, & RSSE Figures RID–2, RID–5, RID–6, & RT–10

3.8 **Les précipitations moyennes annuelles à l'échelle mondiale devraient augmenter au cours du XXIe siècle.** On prévoit également une augmentation des moyennes mondiales de vapeur d'eau et d'évaporation.

GTI TRE Section 9.3.1

3.9 **Le niveau moyen de la mer à l'échelle mondiale devrait augmenter de 0,09 à 0,88 m entre 1990 et 2100, pour tous les scénarios du RSSE (voir Figure 3–1l).** Les augmentations prévues pour les périodes 1990–2025 et 1990–2050 sont de 0,03 à 0,14 m et 0,5 à 0,32 m, respectivement. Cette augmentation est due principalement à la dilatation thermique des océans et à la fonte des glaciers et des calottes polaires. La fourchette d'augmentation du niveau de la mer présentée dans le DRE était de 0,13 à 0,94 m, calculé à partir des scénarios IS92. En dépit des variations de température plus élevées prévues dans la présente évaluation, les prévisions concernant le niveau de la mer sont légèrement inférieures, principalement en raison de l'utilisation de modèles plus sophistiqués dans lesquels l'apport des glaciers et des inlandsis est plus faible.

GTI TRE Section 11.5.1

3.10 Selon les prévisions, les changements climatiques et l'élévation du niveau de la mer à l'échelle régionale devraient présenter des différences considérables par rapport aux changements moyens à l'échelle mondiale.

3.11 **Très probablement, dans la quasi totalité des zones terrestres le réchauffement sera plus rapide que la moyenne mondiale, en particulier pour les hautes latitudes septentrionales en hiver.** En particulier, tous les modèles indiquent un réchauffement supérieur de plus de 40 % au réchauffement moyen mondial dans les parties septentrionales de l'Amérique du Nord, et de l'Asie du Nord et Centrale. A l'opposé, on prévoit un réchauffement inférieur au réchauffement moyen mondial en Asie du Sud et du Sud-Est en été et dans la partie sud de l'Amérique du Sud en hiver (voir Figure 3–2).

GTI TRE Section 10.3.2

3.12 **A l'échelle régionale, on prévoit des variations des précipitations de l'ordre de 5 à 20 %.** Il y aura probablement augmentation des précipitations en été et en hiver sur les régions aux latitudes supérieures. Des augmentations sont également prévues en hiver pour les latitudes nord moyennes, en Afrique tropicale et en Antarctique, et en été en Asie australe et orientale. Les précipitations hivernales devraient diminuer en Australie, Amérique centrale et Afrique australe. Très probablement, les variations des précipitations interannuelles seront plus importantes sur la plupart des régions pour lesquelles on prévoit une augmentation des précipitations moyennes (voir Figure 3–3).

GTI TRE Section 10.3.2

3.13 **Par rapport à l'élévation moyenne mondiale du niveau de la mer prévue, la fourchette de variations régionales prévues pour les changements du niveau de la mer est importante car le niveau de la mer au rivage est déterminé par de nombreux facteurs (voir Figure 3–4).** Le degré de confiance en ce qui concerne la distribution régionale de l'élévation du niveau de la mer obtenue à l'aide de modèles complexes est faible car il y a peu de similarités entre les résultats des modèles, bien que presque tous les modèles prévoient une élévation supérieure à la moyenne dans l'Océan Arctique et inférieure à la moyenne dans l'Océan Austral.

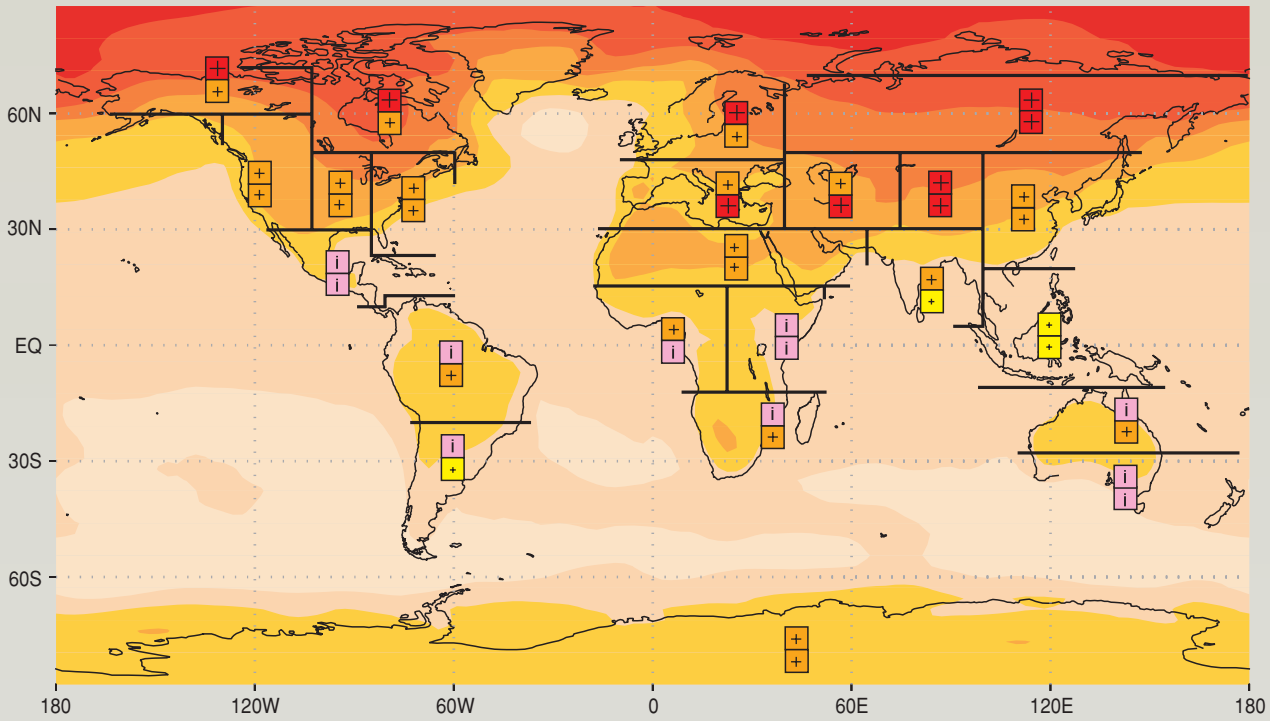
GTI TRE Section 11.5.2

Figure 3–2 : L'arrière-plan indique la variation de température moyenne annuelle (ombrage en couleur) pour (a) le scénario A2 du RSSE et (b) le scénario B2 du RSSE. Les deux scénarios du RSSE indiquent la période 2071–2100, comparée à la période 1961–1990, et ont été exécutés par AOGCM. Seuls les scénarios A2 et B2 sont indiqués, étant donné l'absence de données AOGCM pour les autres scénarios du RSSE. Les encadrés contiennent une analyse de la cohérence entre les modèles en ce qui concerne le réchauffement relatif régional (c'est-à-dire le réchauffement par rapport au réchauffement moyen mondial de chaque modèle) pour les mêmes scénarios. Le classement des régions indique un accord sur le réchauffement de plus de 40 % par rapport à la moyenne annuelle mondiale (*largement supérieur au réchauffement moyen*), un accord sur le réchauffement supérieur à la moyenne annuelle mondiale (*supérieur au réchauffement moyen*), un accord sur un réchauffement inférieur à la moyenne annuelle mondiale (*inférieur au réchauffement moyen*) ou un désaccord entre les modèles quant à l'ampleur du réchauffement relatif régional (*ampleur du réchauffement non cohérente*). Il y a également une catégorie pour un accord sur le refroidissement (cette catégorie ne se produit jamais). Un accord nécessite un résultat cohérent fourni par au moins sept des neuf modèles. Dans le cas des modèles utilisés, le réchauffement annuel moyen mondial se situe entre 1,2 et 4,5°C pour A2 et 0,9 et 3,4°C pour B2, et par conséquent une amplification régionale de 40 % représente des fourchettes de réchauffement de 1,7 à 6,3°C pour A2 et 1,3 à 4,7°C pour B2.

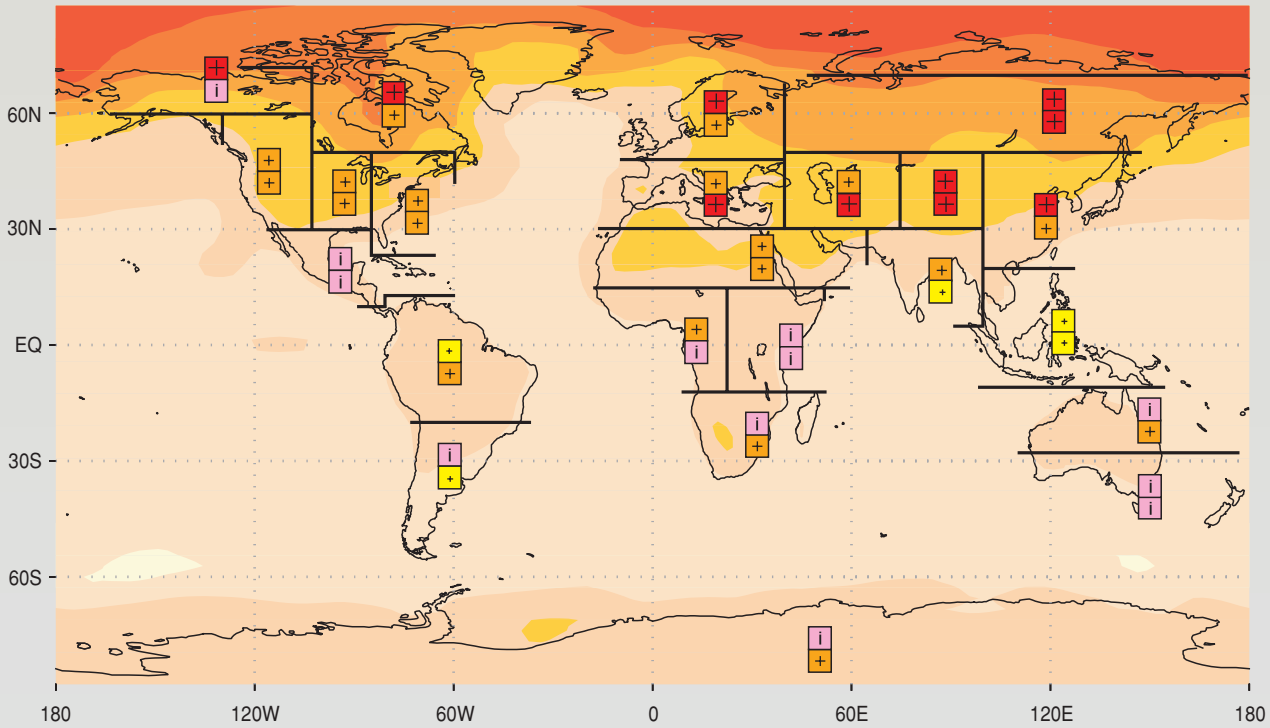
GTI TRE Figures 9.10d & 9.10e, & GTI TRE Encadré 10.1 (Figure 1)

Variations des températures pour les scénarios A2 et B2

a) Scénario A2



b) Scénario B2



Variations de température par rapport à la moyenne mondiale du modèle

- Largement supérieure au réchauffement moyen
- Supérieure au réchauffement moyen
- Inférieure au réchauffement moyen
- Ampleur irrégulière du réchauffement
- Refroidissement

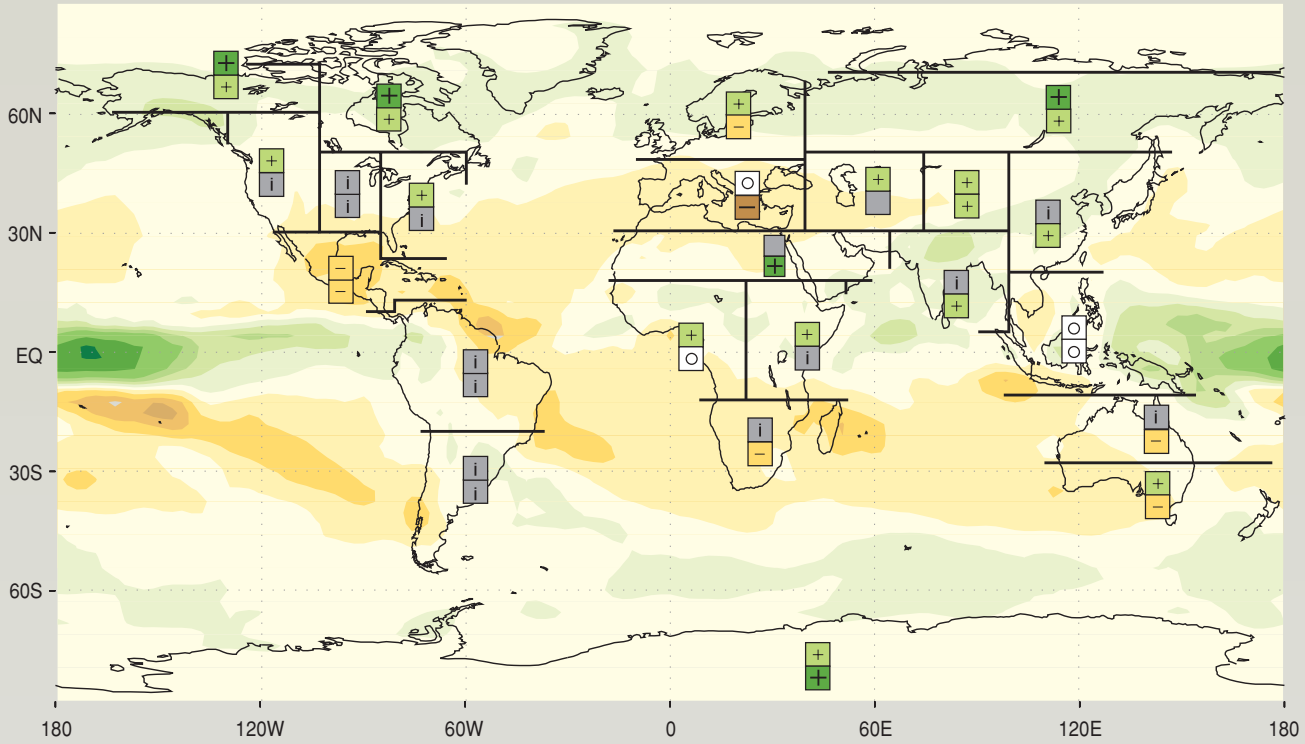
Variations de température moyenne mondiale (°C)

- 2 - 1 0 1 2 3 4 5 6 8 10 12

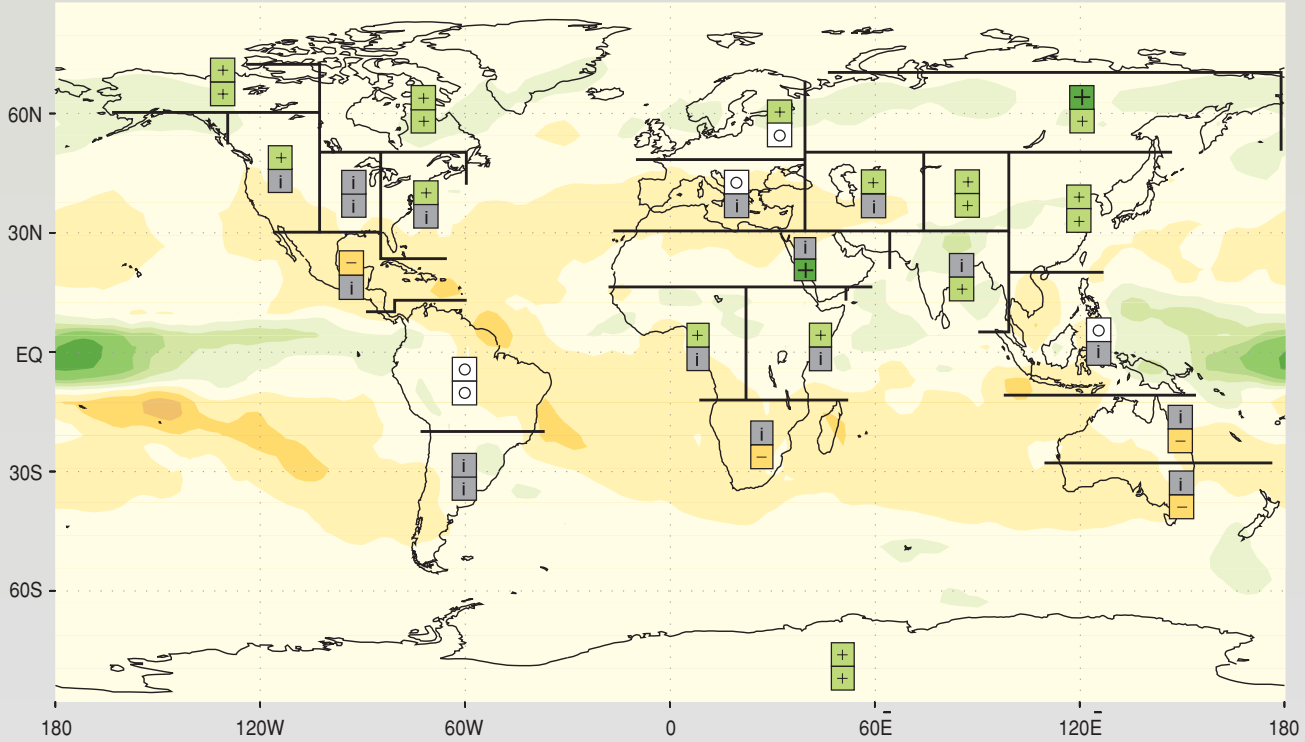
- Décembre-Janvier-Février
- Juin-Juillet-Août

Variations des précipitations pour les scénarios A2 et B2

a) Scénario A2



b) Scénario B2



variations des précipitations

- Augmentation importante
- Petite augmentation
- Pas d'augmentation
- Petite diminution
- Diminution importante
- Signe non cohérent

Variations des précipitations moyennes mondiales (mm jour^{-1})

- 1 | - 0.75 | - 0.50 | - 0.25 | 0 | 0.25 | 0.50 | 0.75 | 1 | 1.5 | 2 | 3

- Décembre-Janvier-Février
- Juin-Juillet-Août

Figure 3–3 : L'arrière-plan indique la variation moyenne annuelle des précipitations (ombrage en couleur) pour (a) le scénario A2 du RSSE et (b) le scénario B2 du RSSE. Les deux scénarios du RSSE indiquent la période 2071–2100, comparée à la période 1961–1990, et ont été exécutés par AOGCM. Seuls les scénarios A2 et B2 sont indiqués étant donné l'absence de données AOGCM pour les autres scénarios du RSSE. Les encadrés indiquent une analyse de la cohérence entre les modèles en ce qui concerne les variations des précipitations régionales. Le classement des régions indique un accord sur une augmentation avec une variation moyenne de plus de 20 % (*augmentation importante*), un accord sur une augmentation avec une variation moyenne entre 5 et 20 % (*petite augmentation*), un accord sur un changement entre –5 et +5 % ou un accord sur une variation moyenne entre –5 et +5 % (*pas de changement*), un accord sur une diminution avec une variation moyenne entre –5 et –20 % (*petite diminution*), un accord sur une diminution avec une variation moyenne de plus de –20 % (*diminution importante*), ou un désaccord (*signe non cohérent*). Un accord nécessite un résultat cohérent fourni par au moins sept des neuf modèles.

GTI TRE Encadré 10.1 (Figure 2)

3.14 **Selon les prévisions, la régression généralisée des glaciers et des calottes polaires devrait se poursuivre au cours du XXIe siècle.** Dans l'hémisphère Nord, la couverture neigeuse, le pergélisol et la superficie de la glace marine devraient continuer de diminuer. La masse de l'inlandsis antarctique devrait augmenter, en raison de l'augmentation des précipitations, alors que celle de l'inlandsis groenlandais devrait diminuer, car l'augmentation du ruissellement sera supérieure à celle des précipitations. Les inquiétudes exprimées au sujet de la stabilité de l'inlandsis de l'Antarctique occidental sont examinées à la Question 4.

GTI TRE Section 11.5.4

3.15 **Les changements climatiques prévus auront des effets bénéfiques et néfastes sur les systèmes environnementaux et socio-économiques, mais plus l'ampleur et le rythme de ces changements seront importants, plus les effets néfastes prédomineront.**

3.16 **Les effets néfastes seront plus graves dans le cas d'émissions cumulées de gaz à effet de serre et de changements climatiques connexes plus importants *(confiance moyenne).*** Des changements climatiques peuvent avoir des

GTII TRE Sections 1.2, 19.3, 19.5, & 19.8

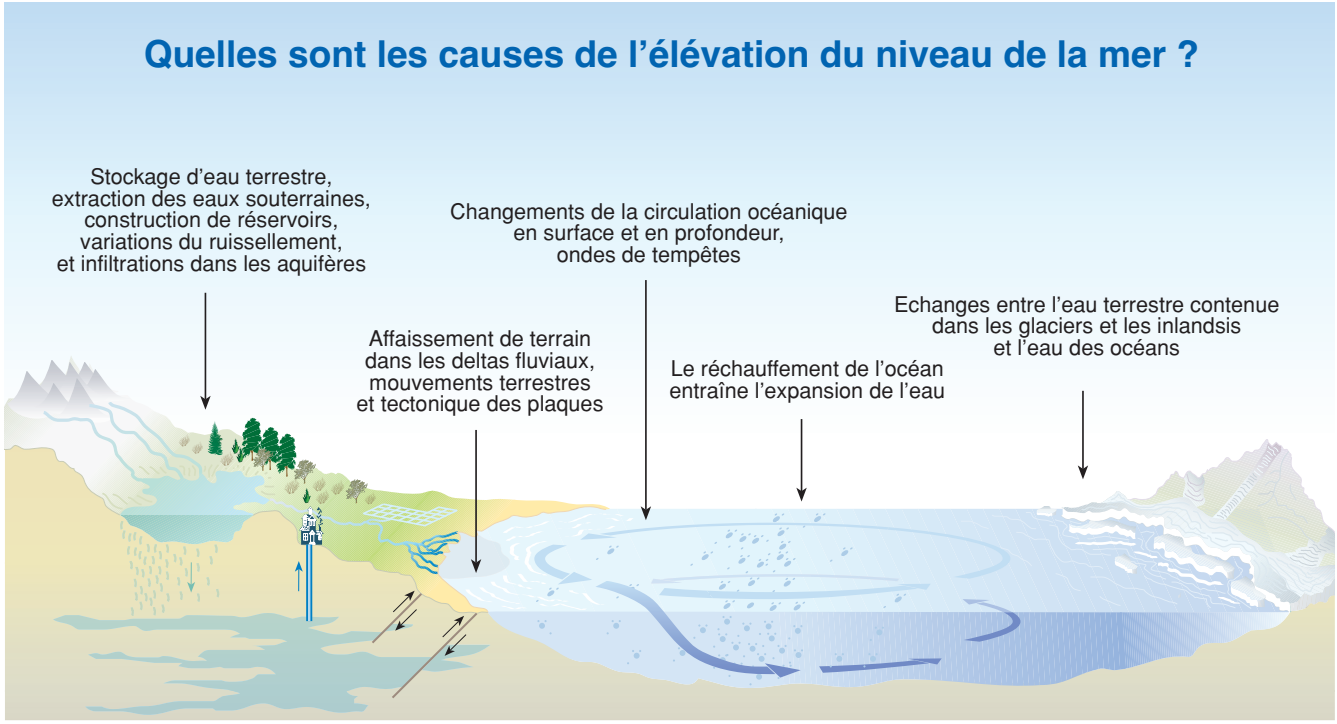


Figure 3–4 : Le niveau de la mer au rivage est déterminé par de nombreux facteurs dans l'environnement mondial qui entrent en jeu sur des échelles temporelles extrêmement variables, depuis des heures (marées) jusqu'à des millions d'années (modifications des bassins océaniques dues à la structure géologique et à la sédimentation). Sur une échelle temporelle située entre des décennies et des siècles, certains des facteurs les plus importants influant sur le niveau moyen de la mer sont liés au climat et à l'évolution climatique.

GTI TRE Encadré RT-2

effets bénéfiques et des effets néfastes, mais selon les prévisions, les effets néfastes devraient prédominer dans une grande partie du monde. Les effets des changements climatiques posent des risques qui augmentent avec la température moyenne mondiale. Un grand nombre de ces risques ont été classés en cinq groupes pour lesquels il y a lieu de s'inquiéter : risques pour les espèces menacées et les systèmes uniques, dommages dus à des phénomènes climatiques extrêmes, effets subis plus particulièrement par les pays en développement et les pauvres dans tous les pays, incidences générales mondiales, et phénomènes à effets importants et à grande échelle (voir Encadré 3–2 et Figure 3–1). Les effets des changements climatiques sur la santé, les écosystèmes, la production alimentaire, les ressources en eau, les petites îles et des zones côtières de faible élévation, et les activités globales du marché sont résumés ci-dessous. On notera cependant que la plupart de ces études n'ont pas pris en compte les futurs changements de la fréquence ou de l'intensité des phénomènes extrêmes (voir également la Question 4).

Santé

3.17 **Dans l'ensemble, les changements climatiques devraient accroître les risques pour la santé, en particulier pour les populations à faibles revenus, surtout dans les régions tropicales/subtropicales.** Les changements climatiques peuvent influer sur la santé de diverses façons, notamment directement (diminution du stress dû au froid dans les pays tempérés, mais augmentation du stress dû à la chaleur, pertes de vies humaines au cours d'inondations et de tempêtes), et indirectement suite à la modification des vecteurs de maladies (moustiques, par

GTII TRE Sections 5.3, 9.1, 9.5, & 9.11

Encadré 3–2 Inquiétudes liées aux risques dus à l'élévation des températures imputable aux changements climatiques.

- *Systèmes uniques et menacés :* Certains changements au niveau des espèces et des systèmes ont déjà été associés aux changements climatiques observés, et certaines espèces et certains systèmes très vulnérables risquent d'être appauvris ou de disparaître suite à de très petits changements climatiques. Une augmentation du réchauffement renforcerait les risques pour ces espèces et ces systèmes et mettrait en danger d'autres systèmes.

GTII TRE Sections 5.2, 5.4, & 19.3

- *Phénomènes climatiques extrêmes :* Une augmentation de la fréquence et de l'intensité de certains phénomènes extrêmes a déjà été observée (voir Question 2), et il est probable que ces variations continueront d'augmenter avec la poursuite du réchauffement. Il en serait de même quant aux risques pour les personnes, les biens, les cultures, l'élevage et les écosystèmes. Ces risques augmentent en cas de développement dans des zones naturellement dynamiques et instables (plaines d'inondations fluviales et régions côtières de faible élévation : voir également Question 4).

GTII TRE Sections 15.2 & 19.6

- *Distribution inégale des incidences :* En règle générale, les pays en développement risquent davantage de subir les effets néfastes des changements climatiques que les pays développés, certains de ces derniers pouvant même obtenir des bénéfices économiques dans le cas d'un réchauffement de quelques (« a few ») °C. Dans le cas d'un réchauffement plus important, la plupart des régions seraient exposées à des effets pour la plupart néfastes. Mais, en général, les pays en développement continueraient d'être plus gravement touchés que les pays développés. La vulnérabilité varie au sein des pays et les populations les plus déshéritées sont souvent les plus vulnérables à des effets dangereux aussi bien pour leur vie que pour leur mode d'existence.

GTII TRE Section 19.4

- *Incidences mondiales :* Les incidences mondiales sur le secteur du marché peuvent être positives ou négatives jusqu'à quelques (« a few ») °C, bien que la majorité des gens risquent d'être affectés négativement. Un réchauffement plus important augmente le risque d'incidences négatives sur le secteur du marché mondial, et la majorité des incidences seront négatives pour la plupart des gens.

GTII TRE Section 19.5

- *Phénomènes à grande échelle et incidences importantes :* La probabilité de phénomènes à grande échelle et incidences importantes pour une échéance de cent ans, tels que l'arrêt de la circulation thermohaline ou l'effondrement de l'inlandsis de l'Antarctique occidental, est très faible pour un réchauffement de moins de quelques (« a few ») °C. Le risque, qui est un résultat des probabilités de ces phénomènes et de l'ampleur de leurs conséquences, est en grande partie non quantifié. Dans le cas d'un réchauffement plus important, et sur une échelle de temps de plus de cent ans, les probabilités et les risques augmentent, mais on ne peut toujours pas quantifier cette augmentation du risque.Voir également Question 4.

GTII TRE Section 19.6

Tableau 3–1 Conséquences des changements climatiques sur la santé, en l'absence de mesures d'intervention climatiques.

	2025	***2050***	***2100***
Concentration de CO2[a]	405–460 ppm	445–640 ppm	540–970 ppm
Variations de température mondiale moyenne depuis 1990[b]	0,4–1,1°C	0,8–2,6°C	1,4–5,8°C
Élévation moyenne mondiale du niveau de la mer depuis 1990[b]	3–14 cm	5–32 cm	9–88 cm
Effets sur la santé[c]			
Stress dû à la chaleur et mortalité hivernale [TRE GTII Section 9.4]	Augmentation des décès et maladies liés à la chaleur (*confiance élevée*[d]). Diminution de la mortalité hivernale dans certaines régions tempérées (*confiance élevée*[d]).	Amplification des effets du stress thermique (*confiance élevée*[d]).	Amplification des effets du stress thermique (*confiance élevée*[d]).
Maladies à transmission vectorielle et maladies d'origine hydrique [TRE GTII Section 9.7]		Extension des zones à risques de transmission du paludisme et de la dengue (*confiance moyenne à élevée*[d]).	Extension des zones à risques de transmission (*confiance moyenne à élevée*[d])
Inondations et tempêtes [TRE GTII Sections 3.8.5 & 9.5]	Augmentation des décès, blessures et infections associés aux conditions climatiques extrêmes (*confiance moyenne*[d]).	Augmentations plus importantes des décès, blessures et infections (*confiance moyenne*[d]).	Augmentations plus importantes des décès, blessures et infections (*confiance moyenne*[d]).
Nutrition [TRE GTII Sections 5.3.6 & 9.9]	Les populations déshéritées sont vulnérables à des risques accrus de famine, mais l'état des connaissances à ce sujet est très incomplet.	Les populations déshéritées restent vulnérables à des risques accrus de famine.	Les populations déshéritées restent vulnérables à des risques accrus de famine.

[a] Les fourchettes de concentrations de CO_2 indiquées sont estimées à l'aide de modèles de cycle rapide du carbone pour les six scénarios d'illustration du RSSE et correspondent aux valeurs minimales et maximales estimées à l'aide d'un modèle de cycle rapide du carbone pour les trente-cinq projections d'émissions de gaz à effet de serre du RSSE (voir TRE GTI Section 3.7.3).

[b] Les fourchettes indiquées pour les variations de température moyenne mondiale et l'élévation moyenne mondiale du niveau de la mer correspondent aux valeurs minimales et maximales estimées à l'aide d'un modèle climatique simple pour les trente-cinq projections d'émissions de gaz à effet de serre et émissions de SO_2 du RSSE (voir TRE GTI Sections 9.3.3 et 11.5.1).

[c] Les états récapitulatifs sur les effets des changements climatiques en 2025, 2050, et 2100 sont déduits de l'évaluation par le Groupe de travail II d'études examinant les incidences de scénarios autres que les prévisions du RSSE, car les études qui utilisent les prévisions du RSSE n'ont pas encore été publiées. Les estimations des incidences des changements climatiques varient selon les régions et sont extrêmement sensibles aux estimations des profils régionaux et saisonniers des variations de températures et de précipitations, des variations de la fréquence ou de l'intensité des phénomènes climatiques extrêmes, et du rythme des changements. Ces estimations sont également extrêmement sensibles aux hypothèses concernant les caractéristiques des sociétés futures et l'étendue et l'efficacité des futures adaptations aux changements climatiques. En conséquence, les états récapitulatifs sur les incidences des changements climatiques en 2025, 2050, et 2100 doivent être nécessairement généraux et qualitatifs. Les états figurant dans le Tableau sont considérés comme valables pour un large éventail de scénarios. On notera toutefois que peu d'études ont examiné les effets des changements climatiques qui résulteraient d'une élévation de la température mondiale à proximité de la partie supérieure de la fourchette indiquée pour 2100.

[d] Les estimations de confiance utilisent l'échelle suivante : *très élevée* (95 % ou plus), *élevée* (67 à 95 %), *moyenne* (33–67 %), *faible* (5 à 33 %), et *très faible* (5 % ou moins). Voir TRE GTII Encadré 1–1.

exemple)[5], des pathogènes hydriques, de la qualité de l'eau et de l'air et de la disponibilité et de la qualité des denrées alimentaires (diminution de la teneur protidique de certaines céréales), déplacements de populations, et perturbations économiques (confiance moyenne à élevée). Certains effets pourront être bénéfiques (diminution du stress dû au froid, et diminution de la transmission des maladies dans certains cas), mais

[5] Huit études ont simulé les effets des changements climatiques sur ces maladies, cinq sur le paludisme et trois sur la dengue. Sept d'entre elles utilisent une méthode biologique ou à base de processus, la huitième utilisant une méthode statistique empirique.

l'effet prédominant devrait être néfaste (voir Tableau 3–1). Les incidences réelles sur la santé dépendront surtout des conditions environnementales locales et du contexte socio-économique, et pour chaque incidence néfaste sur la santé prévue, il existe des mesures d'adaptation sociales, institutionnelles, technologiques et comportementales pour atténuer cette incidence. Les mesures d'adaptation pourraient inclure, par exemple, le renforcement de l'infrastructure sanitaire publique, une gestion environnementale axée sur la santé (y compris la qualité de l'air et de l'eau, la sécurité alimentaire, la conception des logements et des zones urbaines, et la gestion des eaux de surface), et des structures médicales appropriées.

Biodiversité et productivité des écosystèmes

3.18 **Les changements climatiques et l'élévation du niveau de la mer modifieront la biodiversité des écosystèmes, et, pour certaines espèces vulnérables, le risque d'extinction sera accru (*confiance élevée*).** On prévoit une augmentation des perturbations importantes des écosystèmes, dues, par exemple, aux incendies, sécheresses, infestations parasitaires, invasions d'espèces, tempêtes et au blanchissement corallien (voir Tableau 3–2). Lorsqu'elles s'ajoutent aux autres contraintes sur les écosystèmes (changement d'affectation des terres, dégradation des terres, récoltes et pollution) les contraintes dues aux changements climatiques risquent d'endommager gravement des systèmes uniques ou de contribuer à leur disparition et à l'extinction d'espèces menacées. Les récifs coralliens et les atolls, les mangroves, les forêts boréales et tropicales, les écosystèmes polaires et alpins, les prairies humides, et les prairies naturelles figurent parmi les systèmes menacés par les changements climatiques. Dans certains cas, les écosystèmes menacés sont ceux qui pourraient atténuer certains effets des changements climatiques (systèmes côtiers qui subissent de front l'assaut des tempêtes, par exemple). Parmi les méthodes d'adaptation susceptibles de réduire l'appauvrissement de la biodiversité, on peut citer la création de refuges, de parcs et réserves naturelles avec couloirs de circulation pour les migrations d'espèces, ainsi que l'élevage en captivité et translocation des espèces.

GTII TRE Sections 5.2.3, 5.4.1, 16.2, 17.2, 19.3.2–3

3.19 **La productivité des écosystèmes est très sensible aux changements climatiques et on prévoit des augmentations et des diminutions de la productivité (*confiance moyenne*).** Des concentrations de CO_2 plus élevées augmenteraient la productivité nette des végétaux (fertilisation par le CO_2) et la productivité nette des écosystèmes dans la plupart des systèmes végétaux, ce qui, à terme, entraînerait une accumulation de carbone dans la végétation et les sols. Les changements climatiques pourront augmenter ou diminuer les effets directs du CO_2 sur la productivité, selon le type de végétation, la région et le scénario de changements climatiques.

GTI TRE Section 3.7 & GTII TRE Sections 5.2.2. & 5.6.3

3.20 **Le puits de carbone constitué par les écosystèmes terrestres actuels risque de diminuer avec l'augmentation du réchauffement d'ici la fin du XXIe siècle (voir Tableau 3–2) (*confiance moyenne*).** Les écosystèmes terrestres constituent un puits pour le carbone, en raison, en partie, des décalages entre l'amélioration de la croissance végétale et la mort et la décomposition des végétaux. L'amélioration actuelle de la croissance végétale résulte en partie des effets fertilisateurs des dépôts accrus de CO_2 sur la photosynthèse végétale (directement par une meilleure assimilation du carbone, ou indirectement par une meilleure utilisation des ressources en eau), dépôts d'azote (en particulier dans l'hémisphère Nord), et en partie de l'évolution climatique et de la modification de l'affectation des terres au cours des décennies passées. L'absorption diminuera lorsque les forêts parviendront à maturité, les effets fertilisateurs atteindront un point de saturation et la décomposition rattrapera la croissance, peut-être en raison de changements des régimes de perturbations (incendies et infestations parasitaires) apportés par les changements climatiques. Selon certains modèles mondiaux, l'absorption nette de carbone par les écosystèmes terrestres devrait augmenter pendant la première moitié du XXIe siècle, mais pourrait diminuer, et même devenir une source à la suite de l'augmentation du réchauffement vers la fin du XXIe siècle.

GTI TRE Section 3.2.2, GTII TRE Sections 5.2, 5.5–6, & 5.9, & RSUTCATF Section 1.4

Tableau 3–2 Effets des changements climatiques sur les écosystèmes, en l'absence de mesures d'intervention climatiques.*

	2025	***2050***	***2100***
Concentration de CO_2[a]	405–460 ppm	445–640 ppm	540–970 ppm
Variations de température mondiale moyenne depuis 1990[b]	0,4–1,1°C	0,8–2,6°C	1,4–5,8°C
Élévation moyenne mondiale du niveau de la mer depuis 1990[b]	3–14 cm	5–32 cm	9–88 cm
Effets sur les écosystèmes[c]			
Coraux [TRE GTII Sections 6.4.5, 12.4.7, & 17.2.4]	Augmentation de la fréquence du blanchissement et la disparition des coraux (*confiance élevée*[d]).	Augmentation de l'étendue du blanchissement et de la disparition des coraux (*confiance élevée*[d]).	Augmentation de l'étendue du blanchissement et de la disparition des coraux (*confiance élevée*[d]). Appauvrissement de la biodiversité des espèces et diminution des rendements piscicoles des récifs (*confiance moyenne*[d]).
Zones humides côtières et côtes [TRE GTII Sections 6.4.2 & 6.4.4]	Disparition de certaines zones humides côtières en raison de l'élévation du niveau de la mer (*confiance moyenne*[d]). Érosion accrue des côtes (*confiance moyenne*[d]).	Accroissement de la disparition des zones humides côtières (*confiance moyenne*[d]). Augmentation de l'érosion côtière (*confiance moyenne*[d]).	Accroissement de la disparition des zones humides côtières (*confiance moyenne*[d]). Augmentation de l'érosion côtière (*confiance moyenne*[d]).
Écosystèmes terrestres [TRE GTII Sections 5.2.1, 5.4.1, 5.4.3, 5.6.2, 16.1.3, & 19.2]	Saison de croissance plus longue à moyenne et haute latitude ; variations des aires de distribution végétale et animale (*confiance élevée*[d]).[e,f] Augmentation de la productivité primaire nette d'un grand nombre de forêts à moyenne et haute latitude (*confiance moyenne*[d]). Augmentation de la fréquence des perturbations des écosystèmes par les incendies et les insectes nuisibles (*confiance élevée*[d]).	Extinction de certaines espèces menacées ; pour de nombreuses autres espèces, approche du seuil d'extinction (*confiance élevée*[d]). Poursuite ou arrêt de l'augmentation de la productivité primaire nette. Augmentation de la fréquence des perturbations des écosystèmes par les incendies ou les insectes nuisibles (*confiance élevée*[d]).	Disparition d'habitats uniques et de leurs espèces endémiques (végétation de la région du Cap en Afrique du Sud et de certaines forêts montagneuses humides, par exemple) (*confiance moyenne*[d]). Augmentation de la fréquence des perturbations des écosystèmes par des incendies ou des insectes nuisibles (*confiance élevée*[d]).
Environnements glaciaires [TRE GTI Sections 2.2.5 & 11.5; TRE GTII Sections 4.3.11, 11.2.1, 16.1.3, 16.2.1, 16.2.4, & 16.2.7]	Régression des glaciers, diminution de la superficie de la glace marine, fonte d'une partie du pergélisol, saisons sans glace fluviale ou lacustre plus longues (*confiance élevée*[d]).[f]	Diminution importante de la glace marine arctique, utile pour la navigation, mais néfaste pour la faune (phoques, ours polaires, morses) (*confiance moyenne*[d]). Affaissement des terrains entraînant des dommages pour les infrastructures (*confiance élevée*[d]).	Diminution considérable du volume des glaciers, en particulier des glaciers tropicaux (*confiance élevée*[d]).

* Voir les notes de bas de page a–d du Tableau 3–1.

[e] Les incidences globales sur le secteur du marché représentent les incidences nettes des gains et pertes économiques estimés ajoutés pour les secteurs du marché tels que l'agriculture, la foresterie commerciale, l'énergie, l'eau et la construction. En général, ces estimations n'incluent pas les effets des modifications de la variabilité et des extrêmes climatiques, ne tiennent pas compte des effets de la variabilité du rythme des changements climatiques, et n'expliquent que partiellement les répercussions sur les biens et les services non commercialisés. Ces omissions sont probablement à l'origine de sous-estimations des pertes économiques et de surestimations des gains économiques. Les estimations des incidences globales sont controversées car elles estiment que les pertes sont compensées par les gains, et parce que les coefficients de pondération utilisés pour la totalisation sont nécessairement subjectifs.

[f] Ces effets ont été déjà observés et devraient se poursuivre [TRE GTII Sections 5.2.1, 5.4.3, 16.1.3, & 19.2].

Agriculture

3.21 **Des modèles de cultures céréalières indiquent que, dans certaines zones tempérées, les rendements potentiels augmentent dans le cas de faibles augmentations de température, mais diminuent lorsque ces variations sont**

GTII TRE Sections 5.3.4–6 & 9.9

importantes (*confiance moyenne à faible*). Dans la plupart des régions tropicales et subtropicales, dans la majorité des cas, les augmentations de température prévues devraient entraîner une baisse de la productivité agricole (*confiance moyenne*) (voir Tableau 3–3). Aux moyennes latitudes, les modèles de cultures indiquent qu'un réchauffement de moins de quelques (« a few ») °C et l'augmentation connexe des concentrations de CO_2 entraîneront des réponses généralement positives et généralement négatives avec une augmentation du réchauffement. Dans les zones agricoles tropicales, des évaluations similaires indiquent une diminution des rendements pour certaines cultures, même dans le cas de très faibles augmentations de température, en raison de la proximité des seuils de tolérance aux températures maximales. Les effets néfastes sur les rendements agricoles seraient encore plus marqués pour les systèmes subtropicaux et tropicaux arides/pluviaux où l'on observe également une diminution importante des précipitations. Les évaluations qui incluent une adaptation agronomique autonome (changements des dates de plantation et des variétés de cultures) prévoient en général des rendements moins affectés négativement par les changements climatiques que sans l'adaptation. Ces évaluations tiennent compte des effets de la fertilisation par le CO_2, mais non pas des innovations techniques ou des changements concernant les infestations parasitaires et les maladies, la dégradation des sols et des ressources hydriques ou les extrêmes climatiques. La capacité d'adaptation des éleveurs face aux stress physiologiques liés aux changements

Tableau 3–3 Effets des changements climatiques sur l'agriculture, en l'absence de mesures d'intervention climatiques.*

	2025	***2050***	***2100***
Concentration de CO_2[a]	405–460 ppm	445–640 ppm	540–970 ppm
Variations de température mondiale moyenne depuis 1990[b]	0,4–1,1°C	0,8–2,6°C	1,4–5,8°C
Élévation moyenne mondiale du niveau de la mer depuis 1990[b]	3–14 cm	5–32 cm	9–88 cm
Effets sur l'agriculture[c]			
Rendements agricoles moyens[g] [TRE GTII Sections 5.3.6, 10.2.2, 11.2.2, 12.5, 13.2.3, 14.2.2, & 15.2.3]	Augmentation des rendements des cultures céréalières dans un grand nombre de régions à moyenne et haute latitude (*confiance faible à moyenne*[d]). Diminution des rendements des cultures céréalières dans la plupart des régions tropicales et subtropicales (*confiance faible à moyenne*[d]).	Effets mixtes sur les rendements des cultures céréalières dans les régions à moyenne latitude. Diminution plus marquée des rendements des cultures céréalières dans les régions tropicales et subtropicales (*confiance faible à moyenne*[d]).	Diminution générale des rendements des cultures céréalières dans la plupart des régions à moyenne latitude dans le cas d'un réchauffement de plus de quelques (« a few ») °C (*confiance faible à moyenne*[d]).
Extrêmes de basses et hautes températures [TRE GTII Section 5.3.3]	Diminution des dommages dus au gel pour certaines cultures (*confiance élevée*[d]). Augmentation des dommages dus au stress thermique pour certaines cultures (*confiance élevée*[d]). Augmentation du stress thermique pour les animaux d'élevage (*confiance élevée*[d]).	Amplification des effets des changements des extrêmes de température (*confiance élevée*[d]).	Amplification des effets des changements des extrêmes de température (*confiance élevée*[d]).
Revenus et prix [TRE GTII Sections 5.3.5–6]		Diminution des revenus des fermiers pauvres dans les pays en développement (*confiance faible à moyenne*[d]).	Augmentation des prix des denrées alimentaires par rapport aux prévisions qui n'incluent pas les changements climatiques (*confiance faible à moyenne*[d]).

* Voir les notes de bas de page a–d du Tableau 3–1.

[g] Ces estimations sont basées sur la sensibilité des pratiques agricoles actuelles aux changements climatiques, permettant (dans la plupart des cas) des adaptations basées uniquement sur des technologies déjà exploitées.

Tableau 3–4 Effets des changements climatiques sur les ressources en eau, en l'absence de mesures d'intervention climatiques.*

	2025	*2050*	*2100*
Concentration de CO_2[a]	405–460 ppm	445–640 ppm	540–970 ppm
Variations de température mondiale moyenne depuis 1990[b]	0,4–1,1°C	0,8–2,6°C	1,4–5,8°C
Élévation moyenne mondiale du niveau de la mer depuis 1990[b]	3–14 cm	5–32 cm	9–88 cm
Effets sur les écosystèmes[c]			
Alimentation en eau [TRE GTII Sections 4.3.6 & 4.5.2]	Changement des périodes de débits fluviaux maximaux — du printemps vers l'hiver — dans les bassins où les chutes de neige sont une source d'eau importante. (*confiance élevée*[d]).	Diminution des ressources en eau dans de nombreux pays soumis au stress hydrique ; augmentation de ces ressources dans certains pays soumis au stress hydrique (*confiance élevée*[d]).	Amplification des effets des ressources en eau (*confiance élevée*[d]).
Qualité de l'eau [TRE GTII Section 4.3.10]	Dégradation de la qualité de l'eau en raison de températures plus élevées. Modification de la qualité de l'eau due aux changements des débits fluviaux. Augmentation de la pénétration d'eau de mer dans les aquifères côtiers en raison de l'élévation du niveau de la mer (*confiance moyenne*[d]).	Dégradation de la qualité de l'eau en raison de températures plus élevées (*confiance élevée*[d]). Modification de la qualité de l'eau due aux changements des débits fluviaux (*confiance élevée*[d]).	Amplification des effets de la qualité de l'eau (*confiance élevée*[d]).
Besoins hydriques [TRE GTII Section 4.4.3]	Les besoins hydriques à des fins d'irrigation répondront aux changements climatiques ; la demande aura tendance à augmenter avec des températures plus élevées (*confiance élevée*[d]).	Amplification des effets des besoins hydriques (*confiance élevée*[d]).	Amplification des effets des besoins hydriques (*confiance élevée*[d]).
Phénomènes extrêmes [TRE GTI RID ; TRE GTII RID]	Augmentation des dommages dus aux inondations résultant de précipitations plus intenses (*confiance élevée*[d]). Sécheresse plus fréquente (*confiance élevée*[d]).	Augmentation des dommages dus aux inondations (*confiance élevée*[d]). Augmentation des sécheresses et de leurs incidences.	Dommages dus aux inondations plusieurs fois plus importants que dans les «scénarios sans changements climatiques».

* Voir les notes de bas de page a–d du Tableau 3–1.

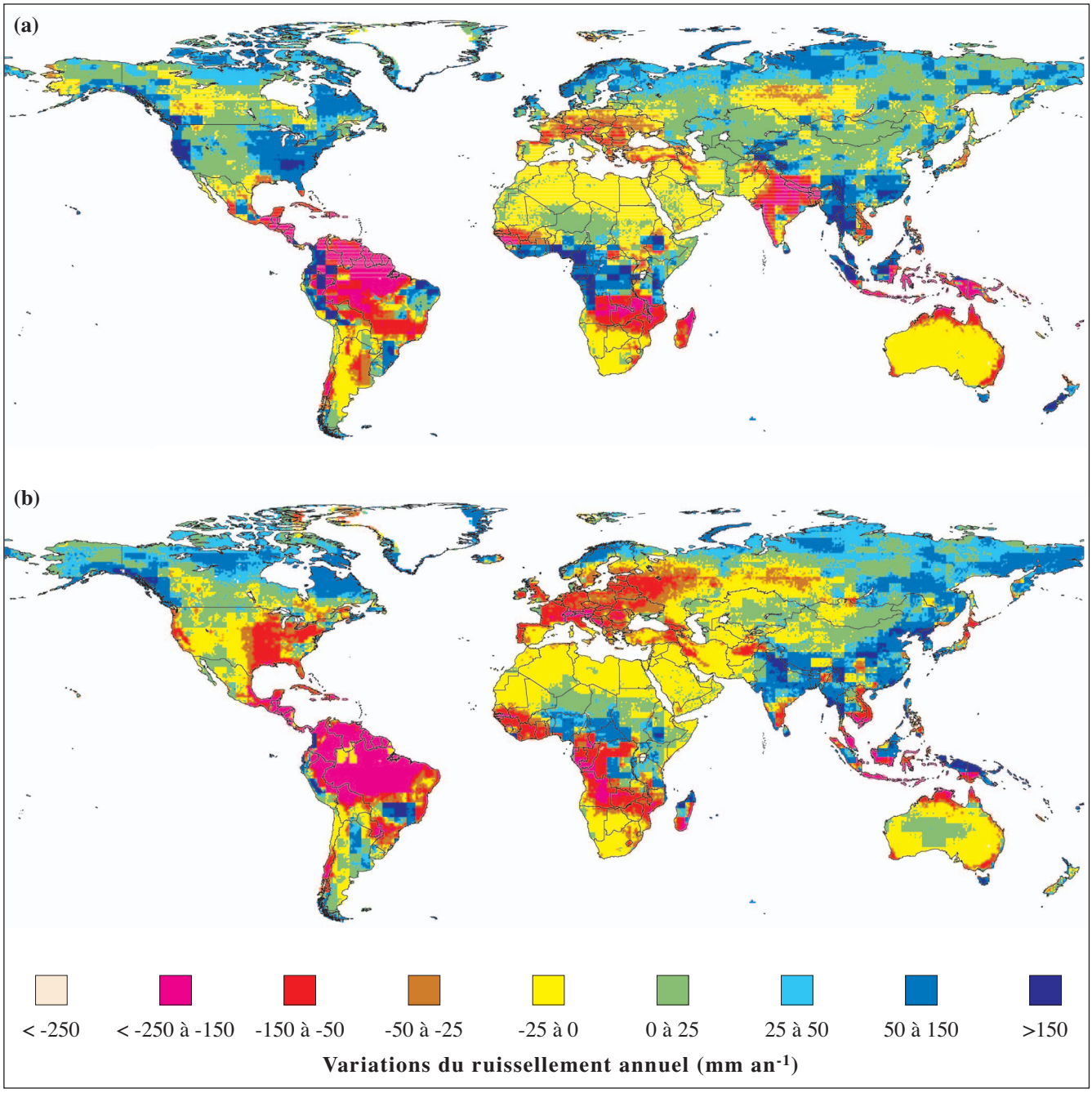
climatiques est mal documentée. Selon les prévisions, un réchauffement de quelques (« a few ») °C ou plus entraînerait une augmentation des prix des denrées alimentaires à l'échelle mondiale et pourrait renforcer les risques de famine pour les populations vulnérables *(faible confiance)*.

Eau

GTI TRE Section 9.3.6 & GTII TRE Sections 4.3–4, 4.5.2, 4.6

3.22 **Les changements climatiques prévus aggraveraient les problèmes de pénurie et de qualité de l'eau dans de nombreuses régions aréiques, mais les amélioreraient dans d'autres régions du monde.** En général, les besoins hydriques augmentent en raison de la croissance démographique et du développement économique, bien qu'ils diminuent dans certains pays en raison d'une gestion plus efficace. Selon les prévisions, les changements climatiques devraient réduire l'écoulement fluvial et l'alimentation des nappes souterraines dans de nombreuses régions du monde, mais les augmenteraient dans certaines régions (*confiance moyenne*). L'ampleur des changements varie selon les scénarios, en partie en raison des différences au niveau des précipitations prévues (notamment à propos de l'intensité des pluies) et en partie en raison des différences au niveau de l'évaporation prévue. Les variations de

l'écoulement fluvial prévues dans deux scénarios de changements climatiques sont illustrés à la Figure 3–5. Entre des centaines de millions et des milliards de personnes pourraient être affectées par une diminution de 10 % ou plus des ressources en eau d'ici 2050 pour des projections de changements climatiques correspondant à une augmentation annuelle de 1 % des émissions de CO_2 (voir Tableau 3–4). En général, une



GTII TRE Sections 4.3.6

Figure 3–5 : Comparées au ruissellement moyen pour les années 1961–1990, les prévisions des changements du ruissellement annuel moyen d'ici 2050 correspondent en grande partie aux changements prévus pour les précipitations. Les variations du ruissellement sont calculées à l'aide d'un modèle hydrologique utilisant des projections climatiques provenant de deux versions du modèle de circulation générale atmosphère/océans du Hadley Centre (AOGCM) pour un scénario avec 1 % d'augmentation annuelle effective de la concentration de CO_2 dans l'atmosphère : (a) moyenne d'ensemble HadCM2 et (b) HadCM3. Dans l'ensemble, les augmentations du ruissellement prévues aux hautes latitudes et en Asie du Sud-Est, et les diminutions prévues en Asie Centrale, autour de la Méditerranée, en Afrique australe, et en Australie sont cohérentes pour les expériences du Hadley Centre, et correspondent aux projections de précipitations d'autres expériences du AOGCM. Pour d'autres parties du monde, les variations des précipitations et du ruissellement dépendent des scénarios et des modèles.

hausse de la température de l'eau nuirait à la qualité de l'eau douce (*confiance élevée*), bien que, dans certaines régions, ceci puisse être compensé par des débits plus importants. Les effets des changements climatiques sur la pénurie d'eau, la qualité de l'eau et la fréquence et l'intensité des inondations et des sécheresses aggraveraient les problèmes de gestion de l'eau et des inondations. Ce sont les systèmes hydriques non gérés ou mal gérés qui sont les plus vulnérables aux effets néfastes des changements climatiques.

Petites îles et côtes de faible élévation

GTII TRE Sections 7.2.2, 17.2, & 19.3.4

3.23 **Les populations des petites îles et/ou des zones côtières de faible élévation sont particulièrement menacées par le risque d'effets socio-économiques graves résultant de l'élévation du niveau de la mer et des ondes de tempêtes.** Nombre d'établissements humains seront confrontés à un risque croissant d'inondations et d'érosion côtière, et des dizaines de millions de personnes vivant dans des deltas, dans des zones côtières de faible élévation et sur de petites îles devront peut-être quitter leur région et seront confrontées aux problèmes de la destruction des infrastructures et/ou d'efforts et de coûts considérables pour protéger des zones côtières vulnérables. Des ressources indispensables aux populations insulaires et côtières, telles que l'eau douce, les pêcheries, les récifs coralliens et les atolls, les plages et les habitats de la faune seraient également menacées.

GTII TRE Sections 6.5.1, 7.2.2, & 17.2.2

3.24 **L'élévation prévue du niveau de la mer augmentera le nombre annuel moyen de personnes affectées par des inondations résultant d'ondes de tempêtes dans les régions côtières (*confiance élevée*).** Les zones où l'augmentation absolue de risque pour les populations sera la plus importante sont l'Asie australe et l'Asie du sud-est, avec des augmentations moindres mais non négligeables en Afrique orientale, Afrique occidentale, et en Méditerranée, de la Turquie à l'Algérie. Une grande partie d'un grand nombre de villes côtières très peuplées est également menacée par le risque de submersion des terres permanente, et en particulier par le risque d'inondations côtières plus fréquentes venant s'ajouter à l'élévation de la hauteur accrue des ondes de tempêtes. Ces estimations supposent une absence de changement de la fréquence et de l'intensité des tempêtes, changements qui pourraient aggraver les effets de l'élévation du niveau de la mer sur les risques d'inondations dans certaines régions.

Incidences économiques

GTII TRE Sections 6.5, 7.2–3, 8.3, 18.3.4, 18.4.3, 19.4.1–3, & 19.5

3.25 **Les incidences globales sur le secteur du marché, mesurées par les variations du produit intérieur brut (PIB), devraient être négatives pour un grand nombre de pays en développement pour toutes les fourchettes d'augmentation des températures moyennes mondiales étudiées (*confiance faible*), mixtes pour les pays développés dans le cas d'un réchauffement de quelques (« a few ») °C (*confiance faible*) et négatives dans le cas d'un réchauffement de plus de quelques (« a few ») degrés (*confiance moyenne à faible*).** Les effets des changements climatiques auront des incidences sur le marché en modifiant l'abondance, la qualité et les prix des denrées alimentaires, des fibres, de l'eau et d'autres produits et services (voir Tableau 3–5). De plus, les changements climatiques peuvent avoir des effets sur le marché par le biais de la modification des besoins énergétiques, de l'approvisionnement en énergie hydroélectrique, des transports, du tourisme et de la construction, des dommages matériels et des sinistres dus aux phénomènes climatiques extrêmes, de la disparition des terres côtières à la suite de l'élévation du niveau de la mer, des décisions de localisation et relocalisation au niveau du développement et des populations, et des ressources nécessaires et coûts de l'adaptation aux changements climatiques. Des estimations des effets nets sur le marché, obtenues à partir de quelques études publiées, et cumulées pour plusieurs secteurs et à des échelles nationales ou régionales, mettent en évidence des pertes pour la plupart des pays en développement et des régions étudiées. Dans les pays et régions développés, des gains et des pertes accompagneraient une augmentation de la température moyenne mondiale de quelques (« a few ») °C. Des pertes économiques sont prévues pour les pays développés dans le cas d'une augmentation de température

Tableau 3–5 Autres effets des changements climatiques sur des secteurs du marché, en l'absence de mesures d'intervention climatiques.*

	2025	***2050***	***2100***
Concentration de CO_2[a]	405–460 ppm	445–640 ppm	540–970 ppm
Variations de température mondiale moyenne depuis 1990[b]	0,4–1,1°C	0,8–2,6°C	1,4–5,8°C
Élévation moyenne mondiale du niveau de la mer depuis 1990[b]	3–14 cm	5–32 cm	9–88 cm
Autres effets sur des secteurs du marché[c]			
Énergie [TRE GTII Section 7.3]	Diminution de la demande énergétique pour le chauffage des bâtiments (*confiance élevée*[d]). Augmentation de la demande énergétique pour la climatisation des bâtiments (*confiance élevée*[d]).	Amplification des effets de la demande énergétique (*confiance élevée*[d]).	Amplification des effets de la demande énergétique (*confiance élevée*[d]).
Secteur financier [TRE GTII Section 8.3]		Augmentation des coûts et diminution de la disponibilité en matière d'assurances (*confiance élevée*[d]).	Amplification des effets sur les secteurs financiers.
Effets globaux sur le marché[e] [TRE GTII Sections 19.4–5]	Pertes nettes dans le secteur du marché dans de nombreux pays en développement (*confiance faible*[d]). Gains et pertes dans les pays développés (*confiance faible*[d]).	Augmentation des pertes dans les pays en développement (*confiance moyenne*[d]). Diminution des gains et augmentation des pertes dans les pays développés (*confiance moyenne*[d]).	Augmentation des pertes dans les pays en développement (*confiance moyenne*[d]). Pertes économiques nettes dans les pays développés résultant d'un réchauffement de plus de quelques °C (« a few ») (*confiance moyenne*[d]).

* Voir les notes de bas de page a–d du Tableau 3–1 et la note de bas de page e du Tableau 3–2.

plus importante. Cumulé à l'échelle mondiale, le PIB varierait de plus ou moins quelques pour cent pour une augmentation de la température moyenne mondiale de quelques (« a few ») °C, avec des pertes nettes croissantes en cas d'élévation plus importante des températures. En général, ces estimations n'incluent pas les effets des modifications de la variabilité et des extrêmes climatiques, ne tiennent pas compte des effets de la variabilité du rythme des changements climatiques, n'expliquent que partiellement les répercussions sur les biens et les services non commercialisés, et estiment que, dans certains cas, les pertes sont compensées par les gains. Par conséquent, en général, la confiance pour ce qui est des estimations des effets sur le marché pour les pays individuels est *faible*, et les diverses omissions auront probablement pour conséquence une sous-estimation des pertes économiques et une surestimation des gains économiques.

3.26 **Potentiellement, l'adaptation peut réduire les effets néfastes des changements climatiques et permet souvent d'obtenir des bénéfices accessoires immédiats, sans toutefois prévenir tous les dommages.**

GTII TRE Sections 18.2.3 & 18.3.5

3.27 **Face à l'évolution du climat, il existe de nombreuses possibilités d'adaptation susceptibles de réduire les effets néfastes et renforcer les effets bénéfiques des changements climatiques, mais qui seront également génératrices de coûts.** L'évaluation quantitative de leurs bénéfices et coûts et de leur variabilité pour les régions et les entités est incomplète. Les formes d'adaptation aux changements climatiques sont multiples, et comprennent, entre autres, les mesures prises au plan individuel pour atténuer les incidences ou utiliser de nouvelles opportunités, et les changements structurels et fonctionnels des systèmes naturels en réponse aux pressions dues à l'évolution climatique. Le présent rapport porte essentiellement sur les mesures d'adaptation prises par les personnes. Des adaptations

réactives (mesures prises simultanément aux changements et sans préparation préalable) et des adaptations programmées (mesures prises simultanément aux changements ou en prévision de ceux-ci, mais avec une préparation préalable) figurent parmi l'éventail d'options. Ces mesures d'adaptation peuvent être prises par des entités privées (au plan individuel, familial ou à celui des entreprises commerciales) ou des entités publiques (agences gouvernementales locales, d'état ou nationales). Le Tableau 3–6 présente des exemples d'options identifiées. Les bénéfices et les coûts des options d'adaptation, pour lesquelles l'évaluation est incomplète, varieront également selon les régions et les entités. En dépit de l'état incomplet et évolutif des connaissances en matière d'adaptation, un certain nombre de résultats significatifs ont été obtenus et résumés.

3.28 **L'adaptation serait plus difficile face à des changements climatiques plus importants et plus rapides, potentiellement plus dangereux que des changements climatiques moins importants et plus lents.** L'ampleur et le rythme des changements des extrêmes climatiques, de la variabilité climatique et des conditions moyennes, sont des points clés pour ce qui est de l'adaptation à l'évolution du climat. Les systèmes naturels et les systèmes humains sont en mesure de répondre à une variabilité climatique présentant des risques de dommages relativement faibles et une capacité de régénération élevée. Mais les changements climatiques qui augmentent la fréquence de phénomènes qui dépassent le cadre des phénomènes auxquels, jusqu'ici, les systèmes ont su s'adapter, augmentent le risque de dommages graves, de régénération incomplète ou de destruction de ces mêmes systèmes. Les changements des conditions moyennes (augmentation de la température moyenne), même sans modification de la variabilité, peuvent augmenter la fréquence de certains phénomènes (vagues de chaleur plus fréquentes, par exemple) qui n'entrent plus dans les limites des possibilités d'adaptation, et peuvent diminuer la fréquence d'autres phénomènes (vagues de froid moins fréquentes, par exemple) (voir Question 4 et Figure 4–1).

GTII TRE Sections 18.2.2, 18.3.3, & 18.3.5

3.29 **L'amélioration de la capacité d'adaptation peut étendre ou modifier les possibilités d'adaptation à la variabilité et aux extrêmes climatiques afin d'obtenir des bénéfices à l'heure actuelle et à l'avenir.** Actuellement, un grand nombre d'options d'adaptation parmi celles figurant au Tableau 3–6 sont utilisées pour répondre à la variabilité et aux extrêmes climatiques ; l'extension de leur utilisation peut améliorer la capacité d'adaptation actuelle et future. Mais étant donné l'augmentation de l'ampleur et du rythme des changements climatiques, ces mesures d'adaptation risquent de ne pas être aussi efficaces à l'avenir.

GTII TRE Sections 18.2.2 & 18.3.5

3.30 **Les bénéfices directs potentiels de l'adaptation sont considérables et s'expriment par la réduction des effets négatifs et le renforcement des effets positifs des changements climatiques.** Des études sur les futurs effets des changements climatiques indiquent que, potentiellement, l'adaptation peut réduire considérablement un grand nombre des effets négatifs et renforcer les effets positifs. Des analyses des risques d'inondations dans les régions côtières, par exemple, provoquées par des ondes de tempêtes, estiment que l'élévation du niveau de la mer due aux changements climatiques multiplierait le nombre annuel moyen de personnes victimes d'inondations si la protection contre les inondations côtières n'est pas améliorée à l'avenir. Toutefois, une amélioration de la protection contre les inondations côtières proportionnelle à la future croissance du PIB, diminuerait de deux tiers le nombre de victimes prévues (voir Figure 3–6). Mais ces estimations n'indiquent que les bénéfices potentiels de l'adaptation, et non pas les bénéfices probables — car, en général, les analyses utilisent des hypothèses arbitraires sur les options et les obstacles à l'adaptation, négligent souvent de prendre en compte les changements de la variabilité et des extrêmes climatiques, et ne tiennent pas compte du caractère imparfait des prévisions.

GTII TRE Sections 5.3.4, 6.5.1, & 18.3.2

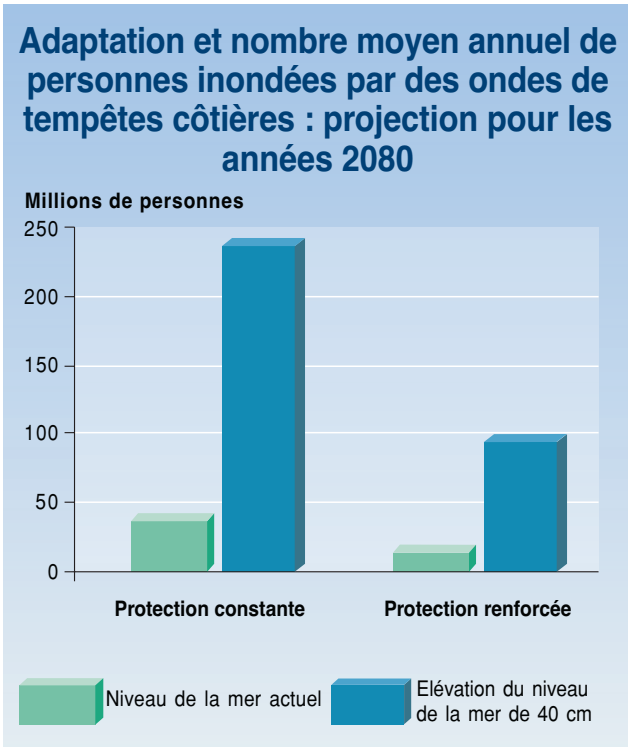
3.31 **Il existe peu d'estimations des coûts d'adaptation ; celles dont on dispose indiquent que les coûts dépendent dans une large mesure des critères de décision pour la sélection et l'échelonnement dans le temps de mesures d'adaptation spécifiques.** A ce jour, les coûts des mesures pour la protection des régions côtières contre les effets de l'élévation du niveau de la mer sont peut-être ceux qui sont le mieux étudiés. La construction de « structures en dur » de type digues, levées,

GTII TRE Sections 6.5.2 & 18.4.3

Tableau 3–6 Exemples d'options d'adaptation pour certains secteurs

Secteur/Système	***Options d'adaptation***
Eau [TRE GTII Sections 4.6 & 7.5.4 ; DRE GTII Sections 10.6.4 & 14.4]	- Augmenter l'efficacité de l'utilisation des ressources en eau par une gestion « axée sur la demande » (prix incitatifs, réglementations, normes techniques, par exemple). - Augmenter l'alimentation en eau, ou la fiabilité de cette alimentation par une gestion « axée sur l'offre » (construction de nouveaux réservoirs et ouvrages de dérivation, par exemple). - Modifier le cadre institutionnel et juridique afin de faciliter les transferts d'eau pour les utilisateurs (création de marchés de l'eau, par exemple). - Réduire les charges sédimentaires des cours d'eau et protéger/augmenter la végétation riveraine pour compenser les effets eutrophisants des températures plus élevées de l'eau. - Modifier les plans d'action contre les inondations afin de réduire les débits de pointe de crue en aval ; réduire les zones revêtues et utiliser la végétation pour réduire les écoulements d'orages et augmenter l'infiltration de l'eau. - Réévaluer les critères de construction des barrages, digues et autres infrastructures de protection contre les inondations.
Aliments et fibres [TRE GTII Sections 5.3.4–5 ; DRE GTII Sections 2.9, 4.4.4, 13.9, & 15.6 ; RSTT Section 11.2.1]	- Modifier le calendrier des plantations, récoltes et autres activités de gestion. - Utiliser un travail du sol minimum et d'autres pratiques pour améliorer la rétention des éléments nutritifs et de l'humidité dans les sols et prévenir l'érosion. - Modifier les chargements pour l'élevage sur les grands pâturages libres. - Opter pour des cultures ou des cultivars nécessitant moins d'eau et plus résistants à la chaleur, à la sécheresse et aux parasites. - Effectuer des recherches en vue de développer de nouveaux cultivars. - Promouvoir l'agroforesterie dans les zones arides, y compris l'établissement de terres à bois pour les villages et l'utilisation de buissons et d'arbres comme produit de fourrage. - Replanter en utilisant diverses espèces arboricoles afin d'augmenter la diversité et la flexibilité. - Promouvoir les mesures de revégétation et de reboisement. - Faciliter la migration naturelle des espèces arboricoles à l'aide de zones protégées connexes et de transplantations. - Améliorer la formation et l'éducation de la main-d'œuvre rurale. Établir ou étendre des programmes d'approvisionnements alimentaires sûrs constituant une assurance contre les perturbations des alimentations locales. - Réformer les politiques encourageant des pratiques inefficaces et non durables pour l'agriculture, les pâturages et la foresterie (subventions et assurances pour les cultures, eau, par exemple).
Zones côtières et pêcheries marines [TRE GTII Sections 6.6 & 7.5.4 ; DRE GTII Section 16.3 ; RSTT Section 15.4]	- Prévenir ou arrêter le développement dans les zones côtières vulnérables à l'érosion, aux inondations, et aux inondations dues aux ondes de tempêtes. - Utiliser des structures en « dur » (digues, levées, ouvrages longitudinaux) ou des « structures naturelles » (apport de sable sur les plages, restauration des dunes et des zones humides, boisement) pour protéger les côtes. - Mettre en œuvre des programmes d'avis de tempêtes et de plans d'évacuation. - Protéger et restaurer les zones humides, les estuaires et les plaines d'inondation pour protéger les habitats indispensables aux pêcheries. - Modifier et renforcer les institutions et politiques de gestion des pêcheries afin de promouvoir la protection des pêcheries. - Effectuer des recherches et une surveillance pour mieux aider la gestion intégrée des pêcheries.
Santé humaine [TRE GTII Sections 7.5.4 & 9.11 ; DRE GTII Section 12.5 ; RSTT Section 14.4]	- Reconstruire et améliorer l'infrastructure sanitaire publique. - Améliorer la préparation et développer les capacités en matière de prévisions d'épidémies et d'alerte rapide. - Surveiller l'état environnemental, biologique et sanitaire. - Améliorer les logements, l'assainissement, et la qualité de l'eau. - Intégrer les conceptions urbaines pour réduire les effets d'îlots de chaleur (utilisation de végétation et de surfaces de couleur claire, par exemple). - Mener des campagnes de sensibilisation pour promouvoir des comportements qui diminuent les risques pour la santé.
Services financiers [TRE GTII Section 8.3.4]	- Répartir les risques entre les assurances et réassurances privées et publiques. - Réduire les risques par le biais de normes de construction et autres normes établies ou influencées par le secteur financier et utilisées comme conditions indispensables pour l'assurance ou le crédit.

et ouvrages longitudinaux, et l'utilisation de « structures naturelles » telles que l'apport de sable sur les plages et la restauration des dunes, figurent parmi les mesures évaluées. Les estimations des coûts de la protection des côtes varient en fonction des hypothèses sur les décisions qui seront prises quant à la longueur de côte à protéger, les types de structures à utiliser, la programmation de leur mise en œuvre (influencée par le rythme de l'élévation du niveau de la mer), et les taux d'actualisation. Diverses hypothèses dans



GTII TRE Section 6.5.1

Figure 3–6 : Adaptation et nombre annuel moyen de personnes victimes d'inondations provoquées par des ondes de tempêtes côtières — projection pour les années 2080. Les deux barres de gauche représentent le nombre annuel moyen de personnes qui devraient être victimes d'inondations provoquées par des ondes de tempêtes côtières en 2080 pour le niveau de la mer actuel et pour une élévation du niveau de la mer de ~40 cm, en supposant une protection côtière inchangée par rapport à la situation actuelle, et une augmentation de population moyenne. Les deux barres de droite représentent la même chose, mais supposent une amélioration de la protection côtière proportionnelle à la hausse du PIB.

ce domaine donnent des estimations pour la protection des côtes aux Etats-Unis contre une élévation du niveau de la mer de 0,5 m d'ici 2100, de l'ordre de 20 milliards de dollars américains à 150 milliards de dollars américains en valeur actuelle.

3.32 Selon les prévisions, les changements climatiques devraient avoir des incidences néfastes sur le développement, la durabilité et l'équité.

GTII TRE Sections 18.5.1–3

3.33 **Les effets de l'évolution climatique s'exerceront de façon disproportionnée sur les pays en développement et sur les populations déshéritées dans tous les pays, renforçant ainsi les inégalités en matière de santé et d'accès à une alimentation adéquate, à l'eau potable et à d'autres ressources.** Comme on a déjà noté, en général, les populations des pays en développement devraient être exposées à des risques relativement élevés d'incidences néfastes des changements climatiques sur la santé, l'alimentation en eau, la productivité agricole, la propriété et les autres ressources. La pauvreté, le manque de formation et d'éducation, l'absence d'infrastructures et d'accès aux technologies, l'insuffisance des possibilités de revenus, la dégradation des ressources naturelles, des mesures incitatives mal utilisées, un cadre juridique inadapté et des institutions publiques et privées en difficulté expliquent les faibles capacités d'adaptation de la plupart des pays en développement. En raison de l'exposition aux risques et de la faible capacité d'adaptation, en général, les populations des pays en développement sont plus vulnérables que celles des pays développés.

GTII TRE Sections 1.2.2, 4.7, 5.1, 6.3.4, & 6.4.4

3.34 **L'utilisation de ressources non durables renforce la vulnérabilité aux changements climatiques.** La transformation des habitats naturels à des fins d'utilisation par les êtres humains, l'exploitation intensive des ressources résultant de pratiques environnementales, agricoles et pastorales qui ne protègent pas les sols de la dégradation et la pollution de l'air et de l'eau, peuvent diminuer la capacité de systèmes à faire face aux variations ou aux changements climatiques, ainsi que leur capacité de régénération. En raison de ces pressions, les systèmes et les populations qui dépendent de ces systèmes pour leurs biens, leurs services et leur subsistance, deviennent extrêmement vulnérables aux changements climatiques. Ces pressions ne sont pas propres aux pays en développement, mais la réalisation des objectifs de développement tout en assurant la protection des écosystèmes pose un dilemme particulier pour ces pays.

3.35 **Les risques associés aux changements climatiques peuvent freiner le progrès vers un développement durable.** Des sécheresses plus fréquentes et plus intenses peuvent aggraver la dégradation des terres. L'augmentation des fortes précipitations peut augmenter les inondations, glissements de terrains et coulées de boue, et causer des dégâts susceptibles, dans certains cas, de retarder le développement de plusieurs années. Dans certaines régions, les progrès en matière de santé et de nutrition peuvent être retardés par les effets de l'évolution climatique sur la santé et l'agriculture. D'autres développements dans des zones naturellement dynamiques et instables (plaines d'inondations, cordons littoraux, côtes de faible élévation et fortes pentes déboisées) peuvent également aggraver ces risques.

GTII TRE Section 18.6.1

3.36 **S'ils ne sont pas pris en compte, les changements climatiques risquent de nuire à l'efficacité des projets de développement.** Les projets de développement font souvent appel à des investissements au niveau des infrastructures, des institutions, et des ressources humaines pour la gestion de ressources vulnérables au climat telles que l'eau, l'énergie hydroélectrique, les terres cultivables et les forêts. Les changements climatiques et l'augmentation de la variabilité climatique peuvent influer sur l'efficacité de ces projets, et pourtant la conception de ces derniers tient peu compte de ces facteurs. Les analyses ont montré que la capacité à bien fonctionner dans une fourchette de conditions climatiques plus large peut être intégrée aux projets pour des coûts incrémentiels modestes dans certains cas, et qu'une flexibilité accrue a une valeur immédiate en raison des risques dus à la variabilité climatique actuelle.

GTII TRE Section 18.6.1

3.37 **Nombre de mesures nécessaires à l'amélioration de la capacité d'adaptation aux changements climatiques sont semblables à celles visant à promouvoir un développement durable.** Un meilleur accès aux ressources et une diminution des inégalités dans ce domaine, la réduction de la pauvreté, l'amélioration de l'éducation et de la formation, des investissements en matière d'infrastructures, la participation des parties concernées à la gestion des ressources locales, et le renforcement des capacités et de l'efficacité institutionnelles, sont quelques exemples de mesures communes à l'amélioration de la capacité et à un développement durable. En outre, des mesures visant à ralentir la transformation des habitats, gérer les pratiques agricoles en vue d'une meilleure protection des ressources, promouvoir l'adoption de pratiques protégeant les sols dans le secteur de l'agriculture et de l'élevage, et à mieux contrôler les émissions polluantes, peuvent diminuer les vulnérabilités au climat tout en intégrant l'objectif d'utilisation plus durable des ressources

GTII TRE Section 18.6.1

Question 4

Q4

Que sait-on de l'influence des concentrations atmosphériques croissantes de gaz à effet de serre et d'aérosols et des changements climatiques anthropiques prévus à l'échelle régionale et mondiale en ce qui concerne :

(a) La fréquence et l'ampleur des fluctuations climatiques, y compris la variabilité quotidienne, saisonnière, interannuelle et décennale, telles que les cycles d'oscillation australe El Niño et autres ?

(b) La durée, la situation, la fréquence et l'intensité des phénomènes climatiques extrêmes, tels que les vagues de chaleur, sécheresses, inondations, fortes précipitations, avalanches, tempêtes, tornades et cyclones tropicaux ?

(c) Le risque de changements abrupts/non linéaires pour, notamment, les sources et puits de gaz à effet de serre, la circulation océanique, et l'étendue de la glace polaire et du pergélisol ? Le cas échéant, ce risque peut-il être quantifié ?

(d) Le risque de changements abrupts ou non linéaires au sein des écosystèmes ?

4.1 Cette réponse porte principalement sur les changements prévus de la fréquence et de l'ampleur des variations climatiques résultant de l'augmentation des concentrations de gaz à effet de serre et d'aérosols. Elle examine plus particulièrement les variations de la fréquence, de l'ampleur et de la durée des extrêmes climatiques susceptibles de poser des risques climatiques significatifs pour les écosystèmes et les secteurs socio-économiques. Les prévisions de changements abrupts ou non linéaires au sein du système biologique sont examinés dans la présente question ; les changements progressifs des systèmes physiques, biologiques et sociaux sont examinés à la Question 3.

GTI TRE Sections 9.3.5–6, & GTII TRE Section 14.1.3

4.2 **Les modèles indiquent que les concentrations atmosphériques croissantes de gaz à effet de serre modifieront la variabilité quotidienne, saisonnière, internannuelle et décennale.** La fourchette de températures diurnes devrait diminuer dans de nombreuses régions, avec augmentation des minimums nocturnes plus importante que celle des maximums diurnes. Un grand nombre de modèles indiquent une diminution de la variabilité quotidienne de la température de l'air à la surface en hiver, et une augmentation de la variabilité quotidienne en été dans les zones terrestres de l'hémisphère Nord. Les prévisions actuelles indiquent peu de changements ou une légère augmentation de l'ampleur des phénomènes El Niño au cours des 100 prochaines années. De nombreux modèles prévoient une augmentation des réponses moyennes de type El Niño dans le Pacifique tropical, avec des températures à la surface de la mer pour le Pacifique équatorial oriental et central qui devraient être supérieures à celles pour le Pacifique équatorial occidental et avec une modification des précipitations moyennes vers l'est correspondante. Même avec peu ou pas de changements de l'intensité du phénomène El Niño, le réchauffement mondial devrait s'accompagner de plus grands extrêmes de sécheresses et de fortes précipitations et d'une augmentation des risques de sécheresse et d'inondations qui sont connexes au phénomène El Niño dans nombre de régions. Il n'existe pas de consensus sur les changements de la fréquence ou de la structure des phénomènes naturels de circulation entre l'atmosphère et les océans tels que l'Oscillation Atlantique Nord (NAO).

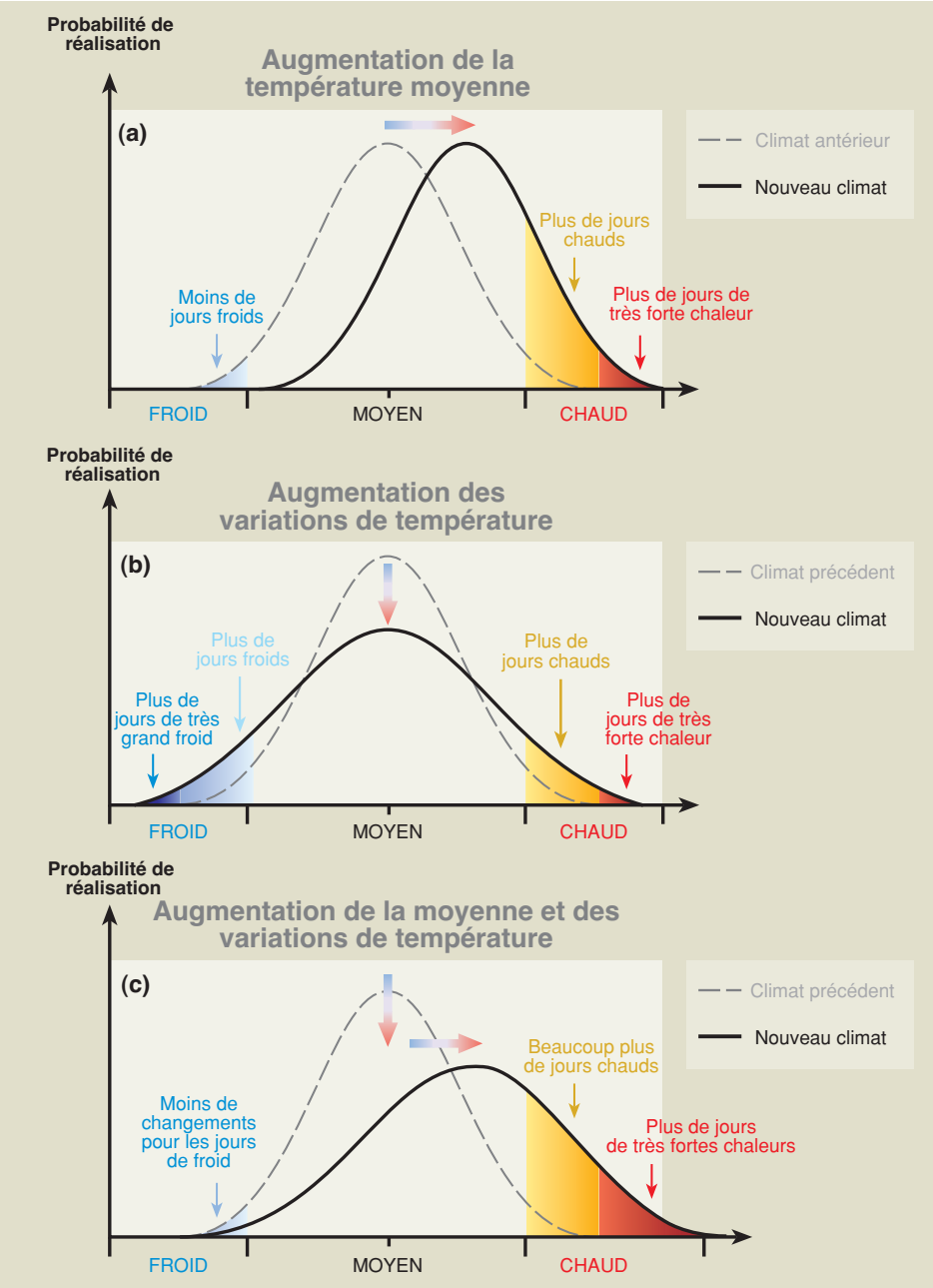
4.3 **La durée, situation géographique, fréquence et intensité des phénomènes climatiques extrêmes augmentera probablement ou très probablement, ce qui aura des effets pour la plupart néfastes sur les systèmes biophysiques.**

GTI TRE Sections 1.2 & 2.7

4.4 Le rôle des phénomènes de circulation naturels, de type ENSO et NAO, est fondamental pour le climat mondial et sa variabilité à court terme (quotidienne, intra et interannuelle) et à plus long terme (décennale et multidécennale). Les changements climatiques peuvent se manifester par la modification des moyennes ainsi que par un changement des préférences de types de circulation climatique spécifiques, changement qui pourrait modifier la variabilité et la fréquence des extrêmes climatiques (voir Figure 4–1).

GTI TRE Sections 9.3.6 & 10.3.2, & GTII TRE Sections 5.3, 9.4.2, & 19.5

4.5 **La quasi totalité des zones terrestres connaîtront très probablement plus de jours chauds, de vagues de chaleurs, de fortes précipitations et moins de jours froids.** L'élévation des températures moyennes augmentera le nombre de jours chauds et de maximums de chaleur, et entraînera une diminution des jours de gel et des vagues de froid (voir Figure 4–1a,b). Plusieurs modèles mettent en évidence une diminution de la variabilité quotidienne de la température de l'air à la surface en hiver et une augmentation de la variabilité quotidienne en été dans les zones terrestres de l'hémisphère Nord. Les variations des extrêmes de température entraîneront probablement une augmentation des pertes dans le secteur de l'agriculture et de l'élevage, une consommation énergétique accrue à des fins de climatisation et refroidissement, et une réduction de la consommation énergétique à des fins de chauffage, ainsi qu'une augmentation de la morbidité et de la mortalité liées à la chaleur (voir Tableau 4–1). La diminution du nombre de jours de gel aura pour effet de diminuer la morbidité et la mortalité liées au froid, et il y aura moins de risque de dommages pour certaines cultures, bien que, pour d'autres cultures, ce risque puisse augmenter. Dans les pays des zones tempérées, une faible élévation des températures pourrait avoir pour effet une légère hausse du PIB.



GTI TRE Figure 2.32

Figure 4–1 : Schémas représentant les effets sur les extrêmes de températures lorsque (a) la moyenne augmente, entraînant plus de records de chaleur, (b) la variabilité augmente, et (c) lorsque la moyenne et la variabilité augmentent, entraînant encore plus de records de chaleur.

4.6 **L'ampleur et la fréquence des très fortes précipitations augmenteront très probablement sur de nombreuses régions**, et les précipitations extrêmes risquent de se produire plus fréquemment. A la suite de quoi, les inondations et les glissements de terrains seront plus fréquents, et seront suivis de leurs conséquences habituelles, à savoir pertes humaines, effets sur la santé (épidémies, maladies infectieuses, intoxications alimentaires), dommages matériels, destruction des infrastructures et des peuplements humains, érosion des sols, pollution, pertes dans le secteur des assurances et de l'agriculture. Une sécheresse générale estivale accrue dans les zones mi-continentales devrait augmenter les sécheresses estivales et les risques de feux de friches. Cette sécheresse générale est due à l'effet combiné d'une élévation de la température et de l'évaporation, lesquelles ne sont pas compensées par une augmentation des précipitations. Le réchauffement mondial entraînera probablement l'augmentation de la variabilité des pluies de mousson en été en Asie.

GTI TRE Section 9.3.6 & GTII TRE Sections 4.3.8, 9.5.3, 9.7.10, & 9.8

4.7 **Des études basées sur des modèles à haute résolution indiquent que, dans certaines régions, les pointes maximales des cyclones tropicaux**

GTI TRE Encadré 10.2

Tableau 4–1 Exemples de variabilité climatique et de phénomènes climatiques extrêmes, et exemples de leurs incidences (TRE GTII Tableau RID–1).

Changements prévus au cours du XXIe siècle pour les phénomènes climatiques extrêmes et leur probabilité	***Exemples représentatifs d'incidences prévues [a] (toutes avec confiance d'occurrence élevée dans certains domaines)***
Augmentation des températures maximales, du nombre de jours chauds et de vagues de chaleur[b] pour la quasi totalité des zones terrestres (*très probable*)	- Augmentation des décès et des maladies graves chez les personnes âgées et les pauvres en milieu urbain. - Stress thermique accru pour les animaux d'élevage et la faune. - Modifications des destinations touristiques. - Augmentation des risques de dommages pour un certain nombre de cultures. - Augmentation des besoins en matière de climatisation électrique et diminution de la fiabilité de l'approvisionnement énergétique.
Températures minimales plus élevées (en augmentation), moins de jours froids, de jours de gel et de vagues de froid[b] pour la quasi totalité des zones terrestres *(très probable)*	- Diminution de la morbidité et de la mortalité humaines liées au froid. - Diminution des risques de dommages pour un certain nombre de cultures, et augmentation de ces risques pour d'autres. - Augmentation de la gamme et de l'activité de certains parasites et vecteurs de maladies. - Diminution des besoins énergétiques pour le chauffage.
Précipitations plus intenses (*très probable*, sur de nombreuses régions)	- Augmentation des inondations, glissements de terrains, avalanches et dommages dus aux coulées de boue. - Accroissement de l'érosion des sols. - Suite aux inondations, une augmentation du ruissellement pourrait accroître le réapprovisionnement des couches aquifères des plaines d'inondation. - Accroissement de la demande en ce qui concerne les systèmes d'assurance gouvernementaux et privés et l'aide aux sinistrés.
Sécheresse estivale accrue sur la plupart des terres continentales à moyenne latitude et risques de sécheresse associés (*probable*)	- Diminution des rendements agricoles. - Augmentation des dommages sur les fondations des bâtiments en raison de la rétraction des sols. - Diminution quantitative et qualitative des ressources en eau. - Augmentation des risques d'incendie de forêts.
Augmentation de l'intensité des pointes de vent des cyclones tropicaux et de l'intensité des précipitations moyennes et maximales (*probable*, dans certaines régions)[c]	- Augmentation des risques mortels pour les êtres humains, des risques d'épidémies de maladies infectieuses et de nombreux autres risques. - Augmentation de l'érosion côtière et des dommages pour les bâtiments et l'infrastructure côtières. - Dommages accrus au sein des écosystèmes côtiers tels que les récifs coralliens et mangroves.
Intensification de la sécheresse et des inondations liées au phénomène El Niño dans de nombreuses régions (*probable*) (voir également la rubrique Sécheresse et précipitations intenses)	- Diminution de la productivité des terres agricoles et des grands pâturages dans les régions sujettes à la sécheresse et aux inondations. - Diminution du potentiel en matière d'énergie hydroélectrique dans les régions sujettes aux sécheresses.
Augmentation de la variabilité des moussons estivales en Asie (*probable*)	- Augmentation de l'ampleur des inondations et de la sécheresse et des dommages en Asie tempérée et tropicale.
Augmentation de l'intensité des tempêtes aux latitudes moyennes (peu d'accord entre les modèles actuels)[b]	- Augmentation des risques mortels et des risques pour la santé humaine. - Augmentation des pertes en ce qui concerne les biens matériels et l'infrastructure. - Augmentation des dommages au sein des écosystème côtiers.

[a] Ces effets peuvent être atténués par des mesures d'intervention appropriées.
[b] Information provenant du Résumé technique GTI TRE (Section F.5)
[c] Des changements de la répartition régionale des cyclones tropicaux sont possibles, mais n'ont pas été établis.

pourraient augmenter de 5 à 10 % et le taux de précipitations pourrait augmenter de 20 à 30 % ; cependant, aucune de ces études ne met en évidence des changements quant à la situation géographique des cyclones tropicaux. Il y a peu de résultats de simulations cohérents en ce qui concerne les variations de la fréquence des cyclones tropicaux.

4.8 **On ne dispose pas de suffisamment d'informations sur les risques de changements pour les phénomènes climatiques extrêmes à très petite échelle.** Les modèles climatiques mondiaux n'incluent pas les phénomènes à très petite échelle (orages, tornades, grêle, tempêtes de grêle, et foudre).

GTI TRE Section 9.3.6

4.9 **Le forçage par les gaz à effet de serre au cours du XXIe siècle pourrait déclencher des changements à grande échelle, à fortes incidences, non linéaires et potentiellement abrupts au sein des systèmes physiques et biologiques au cours des décennies ou des millénaires à venir, avec des effets connexes probables.**

4.10 Le système climatique inclut de nombreux processus soumis à des interactions complexes non linéaires, qui peuvent créer, au sein du système climatique, des seuils (et donc des changements potentiellement abrupts) susceptibles d'être franchis en cas de perturbation suffisamment importante du système. Parmi ces changements figurent une augmentation importante des émissions de gaz à effet de serre par les écosystèmes terrestres, imputable au climat ; l'arrêt de la circulation thermohaline (THC ; voir Figure 4–2), et l'effondrement des inlandsis antarctique et groenlandais. Pour certains d'eux, la probabilité de concrétisation au cours du XXIe siècle est faible ; cependant, le forçage par gaz à effet de serre au cours du XXIe siècle pourrait provoquer des changements susceptibles d'entraîner de telles transitions au cours des siècles suivants (voir Question 5). Certains de ces changements (ceux concernant la THC, par exemple) pourraient être irréversibles sur des échelles temporelles allant de siècles à des millénaires. Les mécanismes en jeu et la probabilité des échelles temporelles de ces changements sont entachés d'un grand degré d'incertitude ; cependant, des données obtenues à partir des carottes de glace polaire mettent en évidence des changements des régimes atmosphériques sur une échelle de quelques années, et des changements hémisphériques à grande échelle en quelques décennies seulement, avec effets importants sur les systèmes biophysiques.

GTI TRE Sections 7.3, 9.3.4, & 11.5.4, & GTII TRE Sections 5.2 & 5.8 ; & RSUTCATF Chapitres 3 & 4

4.11 **D'importants changements d'origine climatique au niveau des sols et de la végétation pourraient se produire au XXIe siècle et entraîner d'autres changements climatiques à la suite de l'augmentation des émissions de gaz à effet de serre.** L'interaction du réchauffement mondial avec d'autres contraintes environnementales et les activités humaines pourrait conduire à la destruction rapide des écosystèmes. Un des exemples de cette interaction est celui de la sécheresse qui affecte les toundras, les forêts boréales, les forêts tropicales, et leurs tourbières, les rendant ainsi vulnérables aux incendies. La destruction de ces écosystèmes risque d'entraîner d'autres changements climatiques suite à l'augmentation des émissions de CO_2 et d'autres gaz à effet de serre par les végétaux et les sols et à la modification des propriétés des surfaces et de l'albédo.

GTII TRE Sections 5.2, 5.8, & 5.9, & RSUTCATF Chapitres 3 & 4

4.12 **La probabilité de fortes augmentations rapides du CH_4 dans l'atmosphère, dues à des réductions au niveau du puits chimique atmosphérique ou à l'émission de CH_4 provenant de réservoirs enfouis, semble exceptionnellement faible.** L'augmentation rapide de la durée de vie du CH_4, qui est possible en cas d'émissions importantes de polluants troposphériques, ne se produit pas dans l'éventail de scénarios du RSSE. Le réservoir de CH_4 enfoui dans des dépôts hydratés solides sous le pergélisol et les sédiments océaniques est énorme, plus de 1 000 fois la teneur atmosphérique actuelle. Une rétroaction climatique se produit lorsque les hydrates se décomposent à la suite d'un réchauffement et libèrent de grandes quantités de CH_4 ; cependant, la plus grande partie du CH_4 gazeux ainsi libéré est décomposée par des bactéries présentes dans les sédiments et les couches d'eau, ce qui limite les quantités émises dans l'atmosphère, sauf dans le cas d'émissions bulleuses explosives. La rétroaction n'a pas été quantifiée, mais aucune observation ne permet de mettre en évidence une émission massive et rapide de CH_4 dans les données relatives au CH_4 atmosphérique au cours des 50 000 dernières années.

GTI TRE Section 4.2.1.1

4.13 **La plupart des modèles prévoient un affaiblissement de la circulation thermohaline océanique, ce qui diminuerait les échanges thermiques aux hautes latitudes en Europe (voir Figure 4–2).** Cependant, même dans les modèles avec diminution de la circulation thermohaline, il y a toujours un réchauffement sur l'Europe dû aux concentrations accrues de gaz à effet de serre. Les prévisions actuelles n'indiquent pas un arrêt complet de la circulation thermohaline avant 2100. Au-delà de

GTI TRE RID & GTI TRE Sections 7.3 & 9.3.4

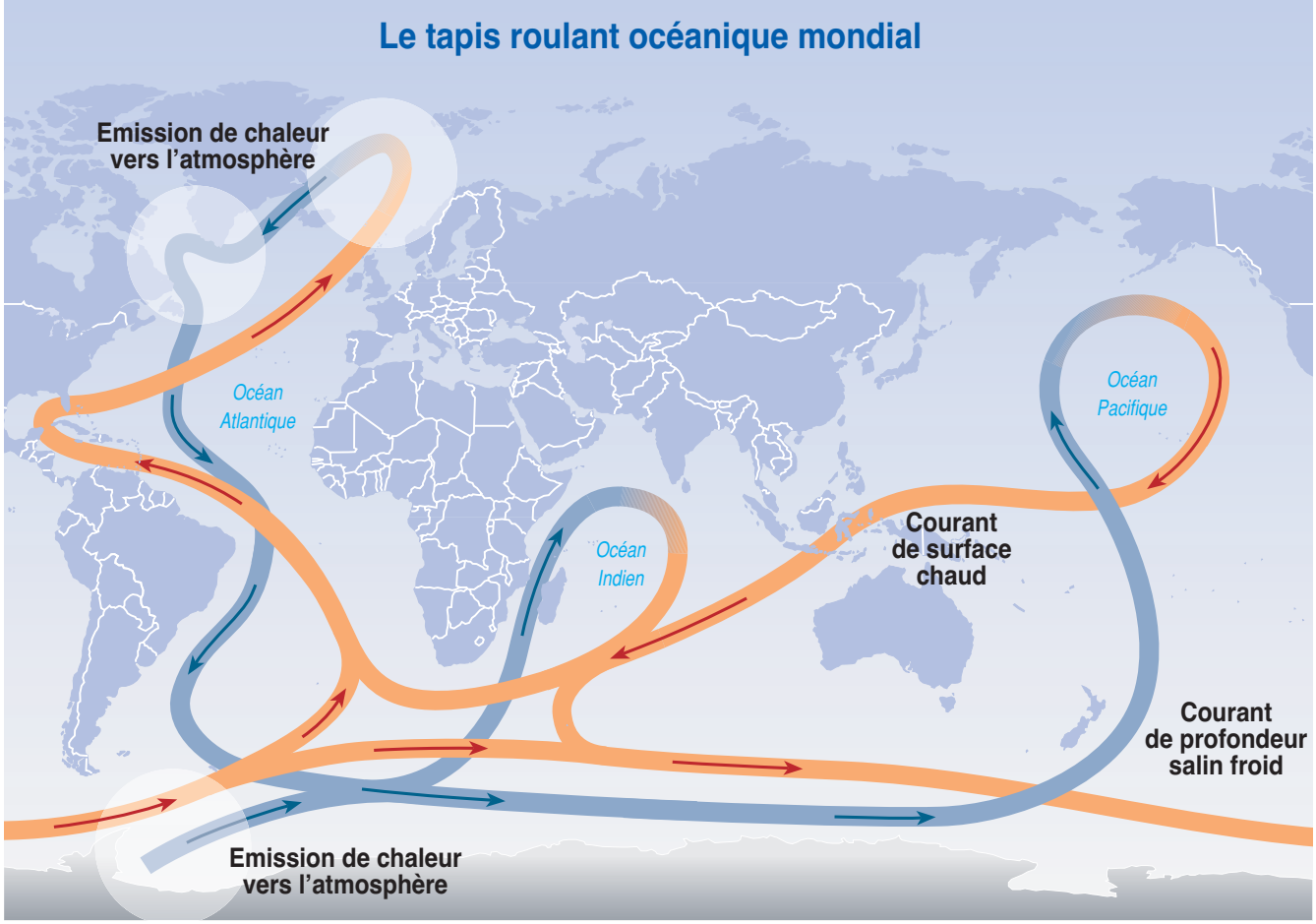


Figure 4–2 : Représentation schématique de la circulation océanique mondiale consistant en grandes voies de circulation thermohaline nord-sud dans chaque bassin océanique, rejoignant la circulation antarctique circumpolaire. Des courants de surface chauds et des courants profonds froids sont en contact dans les quelques zones de formation d'eaux profondes aux hautes latitudes de l'Atlantique et autour de l'Antarctique (bleu), où se produisent les échanges thermiques principaux entre l'océan et l'atmosphère. Ces courants contribuent de façon significative aux échanges et à la redistribution thermiques (par exemple, dans l'Atlantique Nord, les courants en direction des pôles réchauffent le Nord-Ouest de l'Europe, et ce réchauffement peut atteindre 10°C). Des simulations indiquent que la partie de cette circulation située dans l'Atlantique Nord est particulièrement vulnérable aux variations de la température atmosphérique et du cycle hydrologique. Ces variations, dues à un réchauffement mondial, pourraient perturber la circulation océanique, ce qui aurait des répercussions importantes sur le climat, depuis une échelle régionale jusqu'à une échelle hémisphérique. On notera qu'il s'agit là d'une représentation schématique qui n'indique pas l'emplacement exact des courants composant une partie de la circulation thermohaline.

2100, certains modèles indiquent la possibilité d'un arrêt complet, voir irréversible, de la circulation thermohaline dans l'un ou l'autre des deux hémisphères si l'évolution du forçage radiatif est suffisamment importante et suffisamment longue. Les modèles montrent qu'une diminution de la circulation thermohaline accroît sa vulnérabilité aux perturbations (une circulation thermohaline plus faible semble être moins stable et un arrêt peut s'avérer plus probable).

GTI TRE Section 11.5.4

4.14 **Dans son ensemble, la masse de l'inlandsis antarctique devrait augmenter au cours du XXIe siècle. Cependant, la masse de l'inlandsis antarctique occidental pourrait diminuer au cours des 1 000 années à venir, ce qui serait accompagné par une élévation de plusieurs mètres du niveau de la mer ; cependant, certains processus sous-jacents sont encore mal connus.** La stabilité de l'inlandsis antarctique occidental est préoccupante car il est échoué au-dessous du niveau de la mer. Cependant, de l'avis quasi général, on estime qu'une élévation importante du niveau de la mer résultant de la disparition de cette partie de l'inlandsis est très peu probable au XXIe siècle. Selon les modèles climatiques et les modèles dynamiques relatifs à la glace, au cours des 100 ans à venir, il est probable que, dans son ensemble, la masse de l'inlandsis antarctique augmentera en raison de

l'augmentation prévue des précipitations, et contribuera à une diminution relative du niveau de la mer de quelques centimètres. Toujours selon ces modèles, au cours du prochain millénaire, l'inlandsis antarctique occidental pourrait contribuer jusqu'à 3 m à l'élévation du niveau de la mer.

GTI TRE Section 11.5.4

4.15 **La masse de l'inlandsis groenlandais diminuera probablement au cours du XXIe siècle et contribuera de quelques centimètres à l'élévation du niveau de la mer.** Pendant le XXIe siècle, la masse de l'inlandsis groenlandais diminuera probablement car l'augmentation prévue du ruissellement sera supérieure à l'augmentation des précipitations, et elle contribuera de 10 cm au maximum à l'élévation totale du niveau de la mer. Les inlandsis continueront de réagir à l'évolution climatique et contribueront à l'élévation du niveau de la mer pendant des milliers d'années après stabilisation du climat. Les modèles climatiques indiquent la probabilité d'un réchauffement local sur le Groenland, égal à une à trois fois la moyenne mondiale. Les modèles utilisés pour l'étude des inlandsis indiquent qu'un réchauffement local supérieur à 3°C qui se poursuivrait pendant des millénaires entraînerait la fonte quasi totale de l'inlandsis groenlandais et l'élévation du niveau de la mer de 7 m environ. Dans le cas d'un réchauffement local de 5,5°C, qui se poursuivrait pendant 1 000 ans, la fonte de l'inlandsis groenlandais contribuerait probablement de 3 m environ à l'élévation du niveau de la mer (voir Question 3).

GTII TRE Sections 16.1–2

4.16 **On prévoit des changements considérables de la température, de la morphologie superficielle et de la répartition du pergélisol au XXIe siècle.** Actuellement, le pergélisol s'étend sous 24,5 % des surfaces terrestres exposées de l'hémisphère Nord. Dans le cas d'un réchauffement climatique, une grande partie de cette surface terrestre serait vulnérable au tassement, en particulier dans les régions de pergélisol relativement chaud et discontinu. La zone de l'hémisphère Nord occupée par le pergélisol pourrait à terme diminuer de 12 à 22 %, et la moitié de la zone de pergélisol canadienne actuelle pourrait même disparaître. Les changements à la limite australe du pergélisol pourraient devenir évidents d'ici la fin du XXIe siècle, mais un pergélisol épais et riche en glace pourrait subsister, sous forme de pergélisol résiduel, pendant des siècles ou des millénaires. La fonte du pergélisol riche en glace peut s'accompagner de mouvements de la masse et de tassement de la surface, qui risquent d'augmenter les charges sédimentaires dans les cours d'eaux et d'endommager les infrastructures des régions développées. Selon le régime de précipitations et les conditions de drainage, la dégradation du pergélisol pourrait entraîner des émissions de gaz à effet de serre, la transformation des forêts en tourbières, prairies ou marécages et causer de graves problèmes d'érosion et des glissements de terrain.

4.17 Nombre d'écosystèmes naturels et gérés pourraient subir des changements abrupts ou non linéaires au XXIe siècle. Plus l'ampleur et le rythme des changements est grand, plus le risque d'effets néfastes est élevé.

GTII TRE Sections 5.2, 6.4.5, & 17.2.4

4.18 **Pour de nombreux écosystèmes, l'évolution climatique pourrait accroître le risque de changements abrupts et non linéaires, ce qui pourrait avoir des répercussions sur leur fonction, leur biodiversité et leur productivité.** Par exemple, des augmentations prolongées des températures de l'eau, même de l'ordre de 1°C, isolément ou associées à d'autres contraintes (pollution excessive et envasement, par exemple), peuvent provoquer des efflorescences d'algues sur les récifs coralliens (blanchissement du corail ; voir Figure 4–3 et Question 2) et, éventuellement, la disparition de certains coraux, accompagnée d'un risque d'appauvrissement de la biodiversité. Suite aux changements climatiques, des habitats adaptés à de nombreux organismes terrestres et marins seront déplacés vers les pôles, ou des habitats terrestres seront déplacés vers des altitudes plus élevées dans les régions de montagnes. L'aggravation des perturbations, le déplacement des habitats, et des conditions plus restrictives nécessaires à l'établissement des espèces pourraient être à l'origine d'une dégradation soudaine et rapide des écosystèmes marins et terrestres, et par conséquent de l'existence de systèmes végétaux et animaux moins diversifiés, abritant des espèces plus « fragiles », beaucoup plus menacées par le risque d'extinction (voir Question 3).

4.19 **Un grand nombre de processus non linéaires interactifs existent au sein des écosystèmes, et ces derniers subissent des changements abrupts et des effets de seuils dus à des modifications relativement faibles des variables des forces motrices, telles que le climat**. Des exemples de ces changements sont indiqués ci-après :

- Une élévation de température au-delà d'un certain seuil, variable selon les cultures et les variétés, peut influer sur des stades clés du développement pour certaines cultures et diminuer considérablement les rendements agricoles. La stérilité des épillets du riz (des températures supérieures à 35°C pendant plus d'une heure pendant le processus de floraison et de pollinisation diminuent la formation de fleurs et, à terme, la production de grain), la réduction de la viabilité du pollen pour les cultures de maïs (>35°C), la disparition de la résistance au froid du blé (>30°C pendant plus de 8 heures), et un développement et un grossissement moins importants de tubercules pour les cultures de pommes de terre (>20°C), sont des exemples de stades clés du développement et de leurs seuils critiques. Pour ces cultures, les baisses de rendements peuvent être très importantes si les températures dépassent des limites critiques, même pendant très peu de temps.
- Les mangroves occupent une zone de transition entre la mer et la terre qui est le résultat d'un équilibre entre les processus d'érosion par la mer et les processus d'envasement par la terre. On peut s'attendre à une augmentation de l'érosion par la mer qui accompagnera l'élévation du niveau de la mer, ainsi qu'à celle du processus d'envasement en raison des changements climatiques et des activités humaines (développement côtier, par exemple). Les effets sur les forêts de mangroves dépendront donc de l'équilibre entre ces deux processus, qui détermineront si l'expansion des mangroves s'effectuera vers la terre ou vers la mer.

GTII SRE Sections 13.2.2 & 13.6.2

GTII TRE Sections 5.3, 10.2.2, 15.2, & 17.2

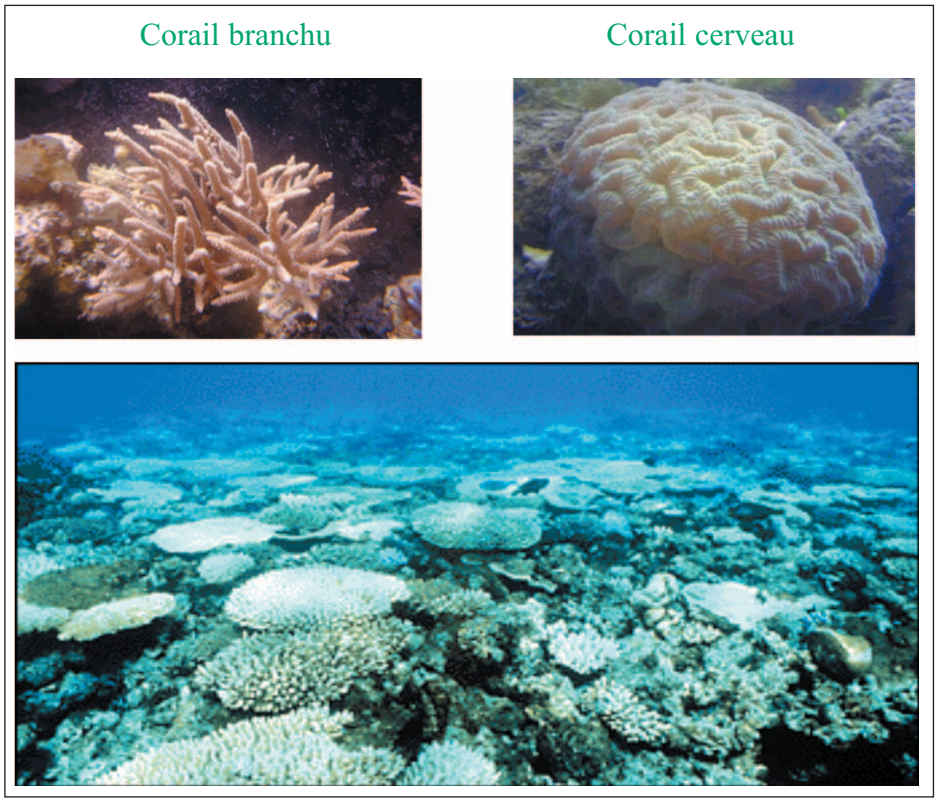


Figure 4–3 : La diversité des coraux pourrait être appauvrie ; il pourrait y avoir diminution ou extinction locale des coraux branchus (corail en corne de cerf, par exemple) en raison de leur tendance à subir davantage les effets néfastes des augmentations de la température à la surface de la mer ; et augmentation des coraux massifs (coraux cerveau, par exemple).

GTII TRE Section 17.2.4

4.20 **Des changements à grande échelle de la couverture végétale pourraient influer sur le climat régional.** Des changements des caractéristiques de la surface terrestre, tels que ceux créés par la couverture terrestre, peuvent modifier les flux d'énergie, d'eau, et de gaz, influer sur la composition de l'atmosphère et modifier le climat local/régional, ce qui affectera le régime de perturbations (dans l'Arctique, par exemple). Dans les zones sans eaux de surface (de type semi-arides ou arides), l'évapotranspiration et l'albédo influent sur le cycle hydrologique local ; ainsi, une réduction de la couverture végétale pourrait entraîner une réduction des précipitations à l'échelle locale/régionale et modifier la fréquence et la durée des sécheresses.

GTII TRE Sections 1.3.1, 5.2, 5.9, 10.2.6.3, 13.2.2, 13.6.2, & 14.2.1

Question 5

Q5

Que sait-on au sujet de l'inertie et des échelles temporelles associées aux changements des systèmes climatiques, écologiques et des secteurs socio-économiques et de leurs interactions ?

Encadré 5–1 Échelle temporelle et inertie.

Les termes « échelle temporelle » et « inertie » n'ont pas un sens universel, accepté par toutes les disciplines étudiées par le TRE. Les définitions suivantes sont utilisées en ce qui concerne la réponse à la présente question :

- « Échelle temporelle » signifie ici le temps nécessaire à la manifestation de la moitié au moins des conséquences de la perturbation d'un moteur de processus. Les échelles temporelles de certains processus clés du système terrestre sont indiquées à la Figure 5–1.
- « Inertie » signifie ici un retard, une lenteur ou une résistance au niveau de la réponse des systèmes climatiques, biologiques ou humains à des facteurs qui perturbent leur rythme de changement, y compris la persistance de la perturbation dans le système après élimination de la cause de celle-ci.

Ces deux notions figurent parmi plusieurs notions utilisées dans la littérature pour décrire les réponses de systèmes adaptateurs complexes et non linéaires au forçage externe.

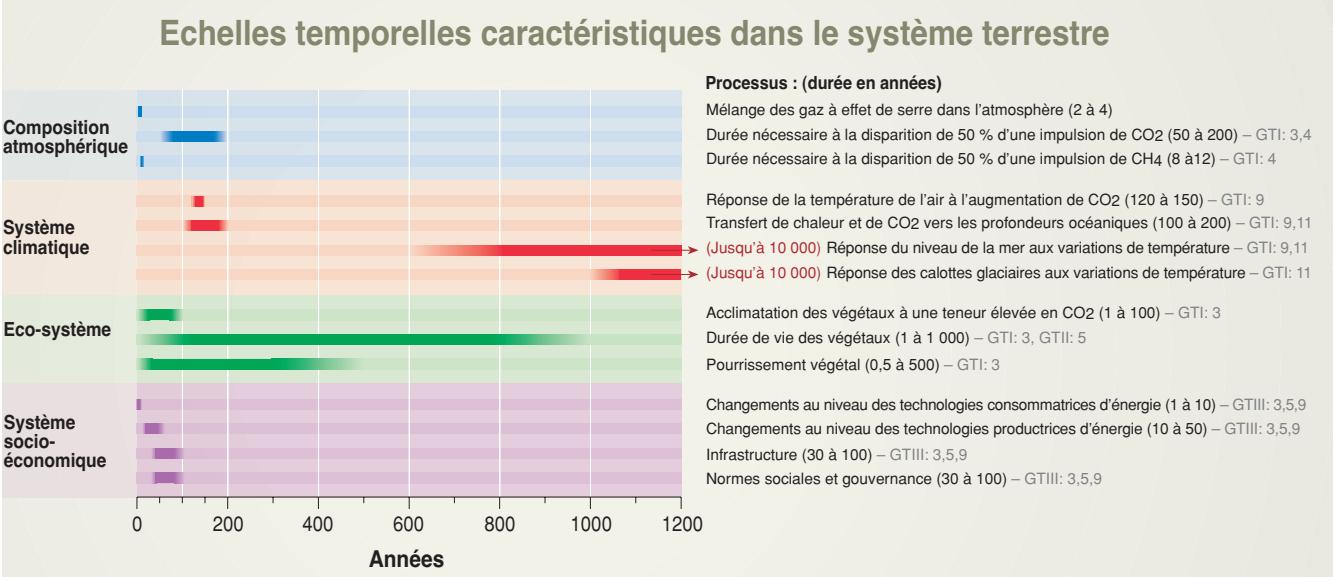


Figure 5–1 : Échelles temporelles caractéristiques de certains processus clés dans le système terrestre : composition de l'atmosphère (bleu), système climatique (rouge), écosystème (vert), et système socio-économique (violet). « Échelle temporelle » signifie ici le temps nécessaire à la manifestation de la moitié au moins des conséquences de la perturbation d'un moteur de processus. Les problèmes d'adaptation apparaissent lorsque le processus de réponse (la longévité de certaines plantes, par exemple) est beaucoup plus lent que le processus moteur (la variation de température). Des problèmes d'équité entre les générations apparaissent pour tous les processus dont l'échelle temporelle est supérieure à celle d'une génération humaine, car ce seront les futures générations qui subiront une grande partie des conséquences des activités d'une génération donnée.

GTI TRE Chapitres 3, 4, 7, & 11, GTII TRE Chapitre 5, & GTIII TRE Chapitres 5, 6, & 10

5.1 La présente réponse examine et illustre l'inertie et diverses échelles temporelles associées à des processus importants au sein des systèmes climatiques, écologiques et socio-économiques en interaction. Elle examine ensuite des changements potentiellement irréversibles — c'est-à-dire des cas où certains composants des systèmes climatiques, écologiques ou socio-économiques risquent de ne pas revenir à leur état antérieur sur des échelles de temps couvrant plusieurs générations humaines après diminution ou élimination des forces motrices à l'origine de ces changements. Enfin, elle examine les effets éventuels de l'inertie sur les décisions concernant l'atténuation des changements climatiques ou l'adaptation à ces derniers.

5.2 **L'inertie est une caractéristique inhérente généralisée des systèmes climatiques, écologiques et socio-économiques en interaction. Certains effets des changements climatiques anthropiques, par exemple, ne deviendront apparents que lentement, alors que d'autres peuvent être irréversibles si le**

rythme et l'ampleur des changements climatiques ne sont pas limités avant le dépassement de seuils associés dont la position peut être mal connue.

5.3 **L'effet global de l'interaction des inerties des divers processus est tel que la stabilisation du climat et des systèmes soumis aux effets climatiques ne se produira que bien longtemps après la réduction des émissions de gaz à effet de serre anthropiques.** La perturbation de l'atmosphère et des océans, résultant des émissions de CO_2 déjà imputables aux activités humaines depuis 1750, perdurera pendant des siècles en raison de la lente redistribution du carbone entre les grands réservoirs océaniques et terrestres à lent renouvellement (voir Figures 5–2 et 5–4). Les futures concentrations atmosphériques de CO_2 devraient rester pendant des siècles proches du niveau le plus haut jamais atteint, car les processus naturels ne peuvent faire revenir les concentrations à leurs niveaux préindustriels que sur des échelles de temps géologiques. A l'opposé, la stabilisation des émissions de gaz à effet de serre à durée de vie plus courte, tels que le CH_4, conduit, en quelques décennies, à une stabilisation des concentrations atmosphériques. En raison de l'inertie, la réduction des émissions de gaz à effet de serre à longue durée de vie présente des bénéfices à long terme.

GTI TRE Sections 3.2, 3.7, & 4.2, & GTI TRE Figure 9.16

5.4 **Les océans et la cryosphère (calottes glaciaires, inlandsis, glaciers, et pergélisol) sont les principales sources d'inertie physique dans le système climatique pour des échelles temporelles jusqu'à 1 000 ans.** En raison de la masse, de l'épaisseur et de la capacité thermique importantes des océans et de la cryosphère, et de la lenteur des échanges thermiques, des modèles couplés océans-climat prévoient que la température moyenne de l'atmosphère près de la surface de la terre

GTI TRE Sections 7.3, 7.5, & 11.5.4, & GTI TRE Figures 9.1, 9.24, & 11.16

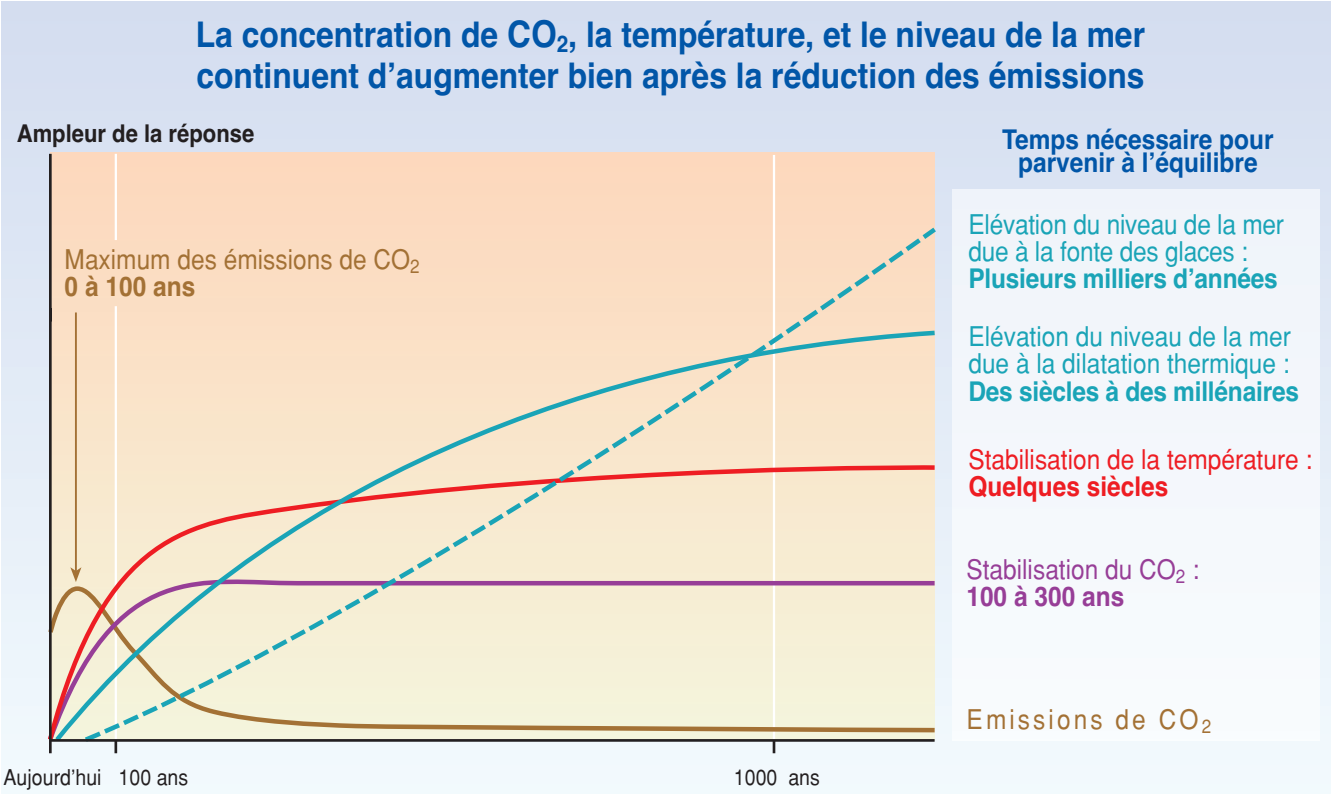


Figure 5–2 : Après réduction des émissions de CO_2 et stabilisation des concentrations atmosphériques, la température de l'air à la surface continue d'augmenter de quelques dixièmes de degrés pendant un siècle ou plus. La dilatation thermique des océans se poursuit bien après la réduction des émissions de CO_2, et la fonte des inlandsis continue de contribuer à l'élévation du niveau de la mer pendant plusieurs siècles. Cette Figure est une illustration générique pour une stabilisation entre 450 et 1 000 ppm et par conséquent l'axe Réponse n'a pas d'unités. Les réponses aux chemins temporels de stabilisation dans cette fourchette indiquent des chemins généralement similaires, mais les incidences deviennent progressivement plus importantes avec des concentrations plus élevées de CO_2.

GTI TRE Sections 3.7, 9.3, & 11.5, & GTI TRE Figures 3.13, 9.16, 9.19, 11.1.5, & 11.16

prendra des centaines d'années avant d'approcher de la nouvelle température « à l'équilibre » à la suite d'un changement du forçage radiatif. La pénétration de chaleur depuis l'atmosphère jusqu'à la « couche mixte » supérieure des océans se produit dans l'espace de décennies, mais les échanges thermiques jusqu'aux profondeurs océaniques prennent des siècles. Conséquence connexe, l'élévation du niveau de la mer due aux activités humaines se poursuivra inexorablement pendant des siècles après stabilisation des concentrations atmosphériques des gaz à effet de serre.

5.5 **Plus l'objectif de stabilisation pour le CO_2 atmosphérique sera bas, plus les émissions de CO_2 devront diminuer tôt pour permettre d'atteindre cet objectif.** Les modèles du cycle du carbone indiquent que si les émissions étaient maintenues à leurs niveaux actuels, les concentrations atmosphériques de CO_2 continueraient d'augmenter (voir Figure 5–3).

- La stabilisation des concentrations de CO_2, quel que soit le niveau retenu, exige une réduction finale des émissions mondiales nettes de CO_2 jusqu'à un faible pourcentage de leur niveau actuel.
- La stabilisation des concentrations atmosphériques de CO_2 à 450, 650, ou 1 000 ppm exigera une diminution des émissions de CO_2 mondiales anthropiques au-dessous du niveau pour 1990, en quelques décennies, un siècle, ou deux siècles, respectivement, suivie d'une diminution régulière par la suite (voir Figure 6–1).

Ces contraintes temporelles sont dues en partie au rythme de l'absorption du CO_2 par les océans, qui est limité par la lenteur du transfert du carbone entre les eaux de surface et les eaux profondes. Les océans ont une capacité d'absorption suffisante pour absorber 70 à 80 % des émissions anthropiques de CO_2 dans l'atmosphère prévues, mais ce processus prendra des siècles. Une réaction chimique faisant intervenir les sédiments océaniques peut potentiellement absorber 15 % supplémentaires en 5 000 ans.

GTI TRE Sections 3.2.3.2, 3.7.3, & 9.3.3.1

5.6 **Un décalage temporel entre l'absorption de carbone biosphérique et les émissions de carbone est représenté par une absorption nette temporaire de carbone.** Les flux principaux du cycle du carbone mondial ont des échelles temporelles très diverses (voir Figures 5–1 et 5–4). L'absorption terrestre nette de carbone observée au cours de ces dernières décennies est en partie le résultat d'un

GTI TRE Sections 3.2.2–3 & 3.7.1–2, & GTI TRE Figure 3.10

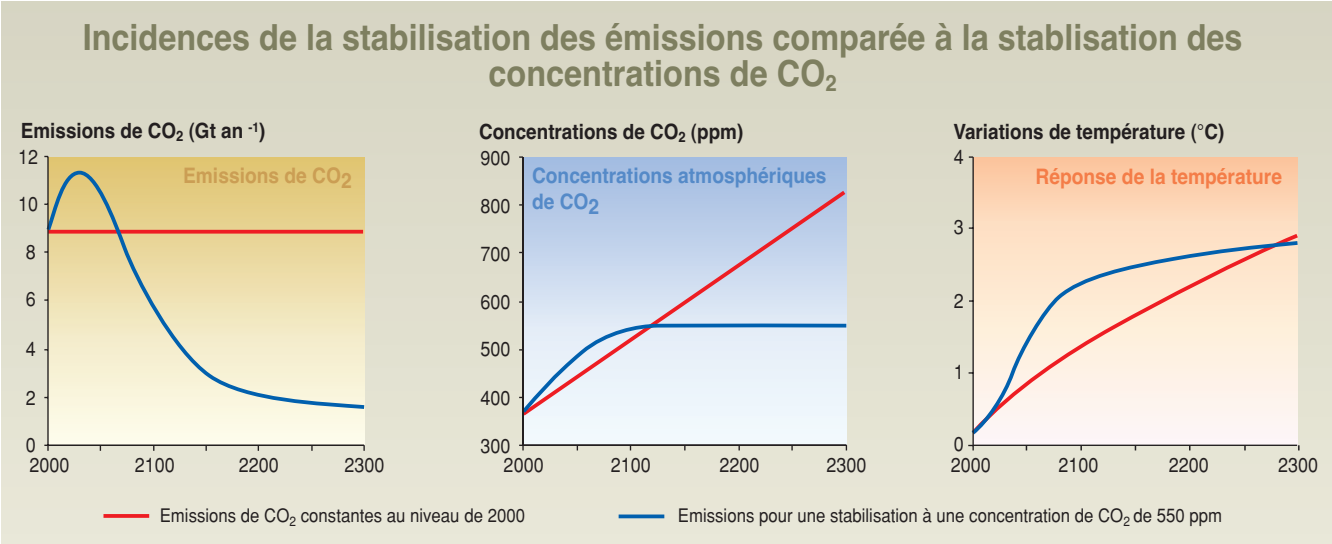


Figure 5–3 : La stabilisation des *émissions* de CO_2 aux niveaux actuels aura pour effet une augmentation continue de la *concentration* atmosphérique de CO_2 et de la température. La stabilisation du CO_2 atmosphérique et les variations de température nécessiteront éventuellement une diminution des émissions bien au-dessous des niveaux actuels. Sur les trois graphiques, les courbes en rouge représentent le résultat du maintien des émissions au niveau prescrit par le profil de stabilisation WRE 550 pour l'an 2000 (qui est légèrement supérieur aux émissions réelles pour l'an 2000), alors que les courbes en bleu sont le résultat d'émissions suivant le profil de stabilisation WRE 550. Les deux cas sont donnés à titre d'illustration seulement : des émissions mondiales constantes ne sont pas réalistes à court terme, et aucune préférence n'est accordée au profil WRE 550 par rapport à d'autres. D'autres profils de stabilisation sont illustrés à la Figure 6–1
La Figure 5–3 a été établie à l'aide des modèles décrits dans le TRE GTI Chapitres 3 & 9.

GTI TRE Sections 3.7 & 9.3

décalage temporel entre l'absorption de carbone photosynthétique et les émissions de carbone lors de la mort et de la décomposition des végétaux. Par exemple, l'absorption résultant du renouvellement des forêts sur des terres agricoles abandonnées au cours du siècle passé dans l'hémisphère Nord, diminuera au fur et à mesure que les forêts parviendront à maturité, que la croissance se ralentira, et que les forêts disparaîtront. L'augmentation de l'absorption du carbone végétal due à un dépôt accru de CO_2 ou d'azote parviendra à saturation, puis sera rattrapée par la décomposition de la biomasse accrue. Les changements climatiques augmenteront probablement les rythmes de perturbation et de décomposition à l'avenir. Selon certains modèles, l'absorption terrestre nette de carbone à l'échelle mondiale récente devrait culminer, avant de se stabiliser ou de diminuer. L'absorption maximale pourrait être atteinte au cours du XXIe siècle, si l'on en croit plusieurs modèles. Les prévisions pour les échanges nets de carbone terrestre mondial avec l'atmosphère au-delà de quelques décennies restent incertaines (voir Figure 5–5).

5.7 Bien que le réchauffement réduise l'absorption du CO_2 par les océans, l'absorption nette de carbone par les océans devrait se poursuivre, en conjonction avec une augmentation du CO_2 atmosphérique, au moins pendant le XXIe siècle. Le transfert du carbone entre la surface et les grandes profondeurs océaniques prend des siècles, et, à ce niveau, son équilibre avec les sédiments océaniques prend des milliers d'années.

GTI TRE Sections 3.2.3 & 3.7.2, & GTI TRE Figures 3.10c,d

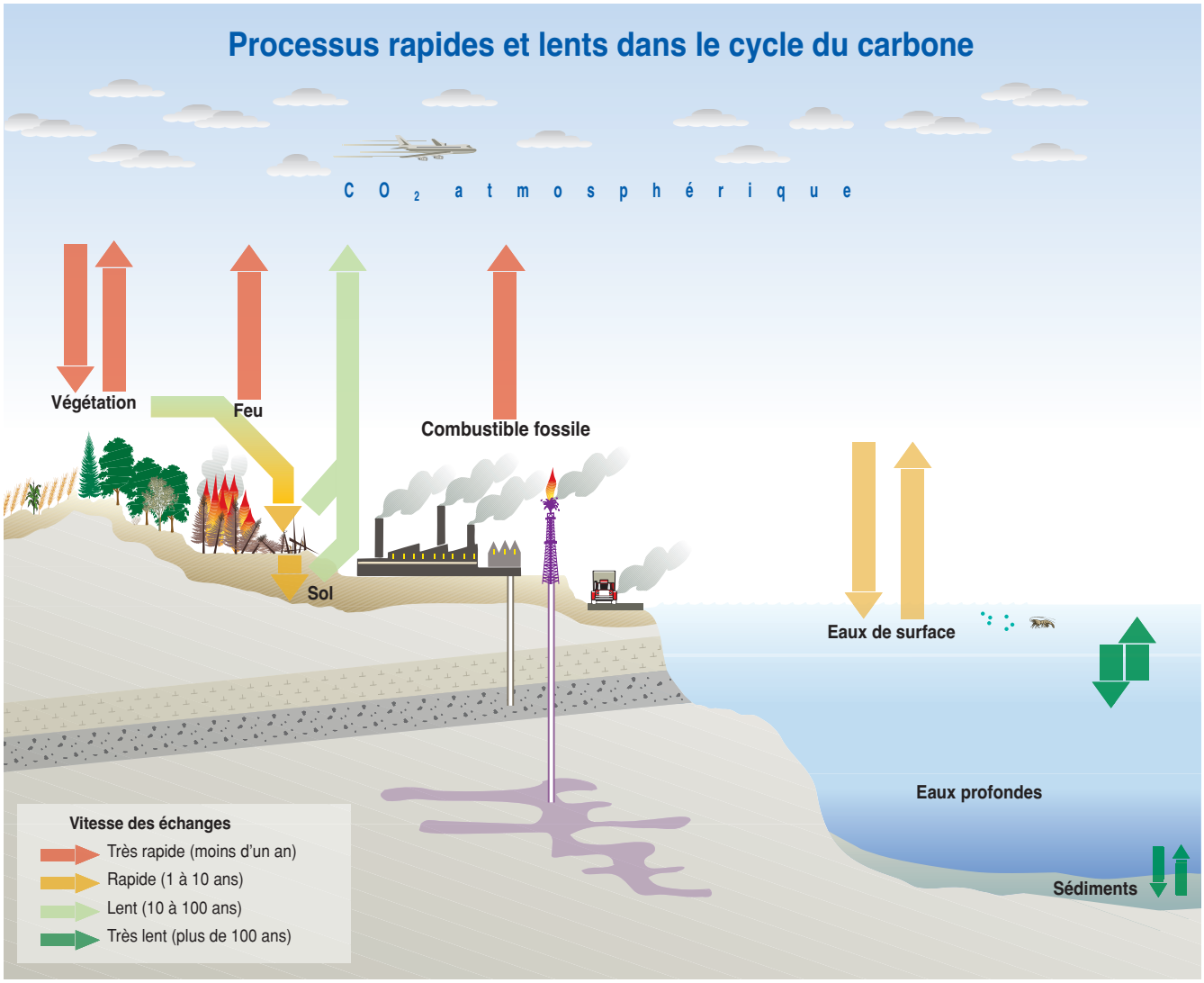


Figure 5–4 : La fourchette des échelles temporelles des principaux processus dans le cycle mondial du carbone produit une fourchette de temps de réponse pour les perturbations du CO_2 dans l'atmosphère, et contribue à la création de puits transitoires, comme cela a été le cas lorsque la concentration atmosphérique de CO_2 a dépassé son niveau d'équilibre d'avant 1750.

5.8 **Des écosystèmes soumis à des changements climatiques rapides seront probablement perturbés en raison des différences au niveau des temps de réponse des systèmes.** En conséquence, la diminution de la capacité de l'écosystème à fournir des services, tels que des denrées alimentaires ou du bois d'œuvre, et à préserver sa biodiversité, peut ne pas être apparente immédiatement. Les changements climatiques peuvent créer des conditions qui ne permettent pas la survie d'espèces clés, mais la réponse lente et différée de plantes longévives dissimule l'importance des changements jusqu'à la mort ou la destruction suite à une perturbation d'espèces bien établies. Si l'on prend, par exemple, le degré de changements climatiques possibles au cours du XXIe siècle, pour certaines forêts, dans le cas d'une perturbation d'un peuplement par des incendies, vents, parasites ou récoltes, au lieu de se régénérer comme par le passé, les espèces risquent probablement de disparaître ou d'être remplacées par d'autres espèces.

GTII TRE Section 5.2

5.9 **Les êtres humains ont su s'adapter aux conditions climatiques moyennes à long terme, mais cette adaptation est plus difficile face à des extrêmes ou des variations climatiques interannuelles.** Les changements climatiques au cours du siècle à venir devraient excéder tous les changements auxquels l'humanité a été confrontée au moins au cours des cinq derniers millénaires. L'ampleur et le rythme de ces changements poseront un immense défi à l'humanité. Le temps nécessaire à une adaptation socio-économique varie entre des années et des décennies, en fonction du secteur et des ressources disponibles pour faciliter la transition. L'inertie présente au niveau du processus décisionnel en matière d'adaptation et d'atténuation, et de la mise en œuvre de ces décisions, peut s'exercer pendant des décennies. En général, les décisions concernant l'adaptation et l'atténuation ne sont pas prises par les mêmes entités, ce qui renforce les difficultés inhérentes à l'identification et la mise en œuvre de la meilleure combinaison de stratégies, et contribue à différer la réponse aux changements climatiques.

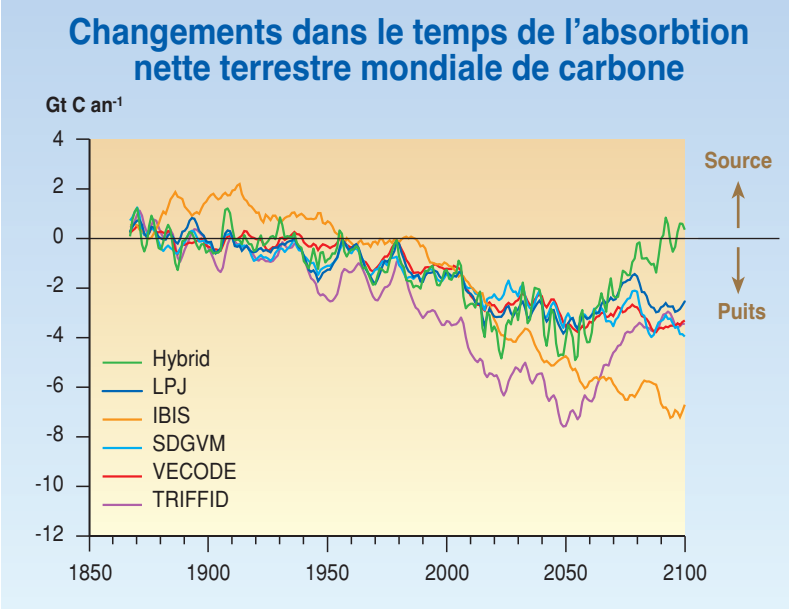
GTII TRE RID 2.7, GTII TRE Sections 4.6.4, 18.2–4, & 18.8, & GTIII TRE Section 10.4.2

5.10 **En règle générale, des années ou des décennies séparent la perception de la nécessité d'une réponse à un problème important, la planification, les recherches et le développement d'une solution et sa mise en œuvre.** On peut réduire ce décalage temporel en prévoyant les besoins grâce aux prévisions et au développement anticipé des technologies. Historiquement, la réponse du secteur technologique aux changements des prix de l'énergie a été relativement rapide (normalement, moins de cinq ans entre un choc financier et la réponse en termes d'établissement de brevets et de commercialisation de nouveaux modèles) mais la diffusion de ces nouvelles technologies est beaucoup plus longue. Fréquemment, le rythme de cette diffusion dépend du rythme de la mise hors service d'équipements déjà en place. L'utilisation précoce de technologies évoluant rapidement permet de réduire les coûts de la courbe d'apprentissage (apprentissage pratique), sans retard à cause de systèmes « figés » peu rentables. Le rythme de la diffusion technologique dépend en grande partie non seulement de la faisabilité économique, mais également des pressions socio-économiques. Pour certaines technologies, telles que l'adoption de nouvelles variétés de cultures, l'existence d'options d'adaptation et une information à leur propos facilitent une adaptation rapide. Dans nombre de régions, cependant, les pressions démographiques sur des terres et des ressources hydriques limitées, des politiques gouvernementales freinant les changements, ou un accès limité à l'information ou aux ressources financières expliquent la lenteur et la difficulté de l'adaptation. Une adaptation optimale aux tendances climatiques telles que des sécheresses plus fréquentes peut être différée si ces tendances sont perçues comme étant le résultat d'une variabilité naturelle, alors qu'elles peuvent être en fait liées à l'évolution climatique. De même, il peut y avoir une mauvaise adaptation si l'on croit, à tort, que la variabilité climatique est une tendance.

GTII TRE Sections 1.4.1, 12.8.4, & 18.3.5, & GTIII TRE Sections 3.2, 5.3.1, & 10.4

5.11 **Les structures sociales et les valeurs individuelles sont en interaction avec l'infrastructure physique de la société, ses institutions et ses technologies, et, dans son ensemble, le système évolue relativement lentement.** Ceci est évident, par exemple, pour ce qui est des effets de la conception et des infrastructures urbaines sur la consommation d'énergie pour le chauffage, le refroidissement et le

GTIII TRE Sections 3.2, 3.8.6, 5.2–3, & 10.3, RSTT RID, & RSTT Chapitre 4 RE



GTI TRE Figure 3.10b

Figure 5–5 : L'absorption nette terrestre récente de carbone est due en partie à l'augmentation de l'absorption de CO_2 due à la croissance végétale, avec décalage temporel avant le retour de ce carbone dans l'atmosphère après décomposition des végétaux et des matières organiques du sol. Plusieurs processus contribuent à augmenter la croissance végétale : changements de l'affectation des terres et de leur gestion, effets fertilisateurs des dépôts accrus de CO_2 et d'azote, et certains changements climatiques (saison de croissance plus longue aux altitudes élevées, par exemple). Un ensemble de modèles (identifiés par leurs acronymes sur la figure) prévoient la poursuite de l'augmentation de l'absorption nette terrestre de carbone pendant plusieurs décennies, suivie d'une stabilisation ou d'une diminution vers la fin du XXIe siècle pour des raisons expliquées dans le texte. Les résultats des modèles représentés ici sont basés sur le scénario IS92a, mais d'autres scénarios parviennent à des conclusions similaires.

transport. Les marchés sont quelquefois « figés » par l'utilisation de technologies et de méthodes non optimales, suite à des investissements dans une infrastructure de soutien, qui prévient la possibilité d'alternatives. Bien souvent, la diffusion d'innovations est confrontée au problème des préférences traditionnelles des personnes et à d'autres obstacles socioculturels. Sauf si les bénéfices sont évidents, les changements sociaux et comportementaux pour les utilisateurs des technologies peuvent prendre des décennies. Pour la plupart des personnes, l'utilisation de l'énergie et l'atténuation des gaz à effet de serre ne présentent qu'un intérêt secondaire dans leur vie quotidienne. Les modes de consommation dépendent non seulement des changements démographiques, économiques et technologiques, des ressources disponibles, de l'infrastructure, et des contraintes temporelles, mais également de la motivation, des habitudes, des besoins, des obligations, des structures sociales et d'autres facteurs.

GTIII TRE Chapitre 2, GTIII TRE Sections 3.2 & 10.1.4.3, & GTII SRE Section 20.1

5.12 **Les échelles temporelles sociales et économiques ne sont pas fixes : elles sont soumises aux forces socio-économiques et peuvent être modifiées par des politiques et par des choix individuels.** Des changements comportementaux et technologiques peuvent se produire rapidement dans le cas de conditions économiques difficiles. Les crises du pétrole des années 1970, par exemple, expliquent l'intérêt soudain manifesté par la société envers la conservation d'énergie et les sources d'énergie alternatives, et pourquoi les politiques économiques de la plupart des pays de L'Organisation pour la coopération et le développement économiques (OCDE) ont remis en question le lien traditionnel entre consommation d'énergie et taux de croissance du développement économique (voir Figure 5–6). La réduction des émissions de CO_2 observée à la suite des bouleversements économiques dans les pays de l'ex Union soviétique en 1988, est un autre exemple de cette interaction. Dans ces deux exemples, la réponse a été très rapide (quelques années). L'inverse est également vrai : lorsque la pression en vue de changements est faible, l'inertie est très importante. Il s'agit là de l'hypothèse implicite utilisée dans les scénarios du RSSE, étant donné qu'ils n'examinent pas certaines contraintes importantes telles que la récession économique, les conflits à grande échelle ou les pénuries alimentaires et les souffrances humaines qu'elles entraînent, contraintes qui, de par leur nature, sont difficiles à prévoir.

GTI TRE Section 3.7.3.4, GTIII TRE Section 2.5, & RSSE Section 3.3.4

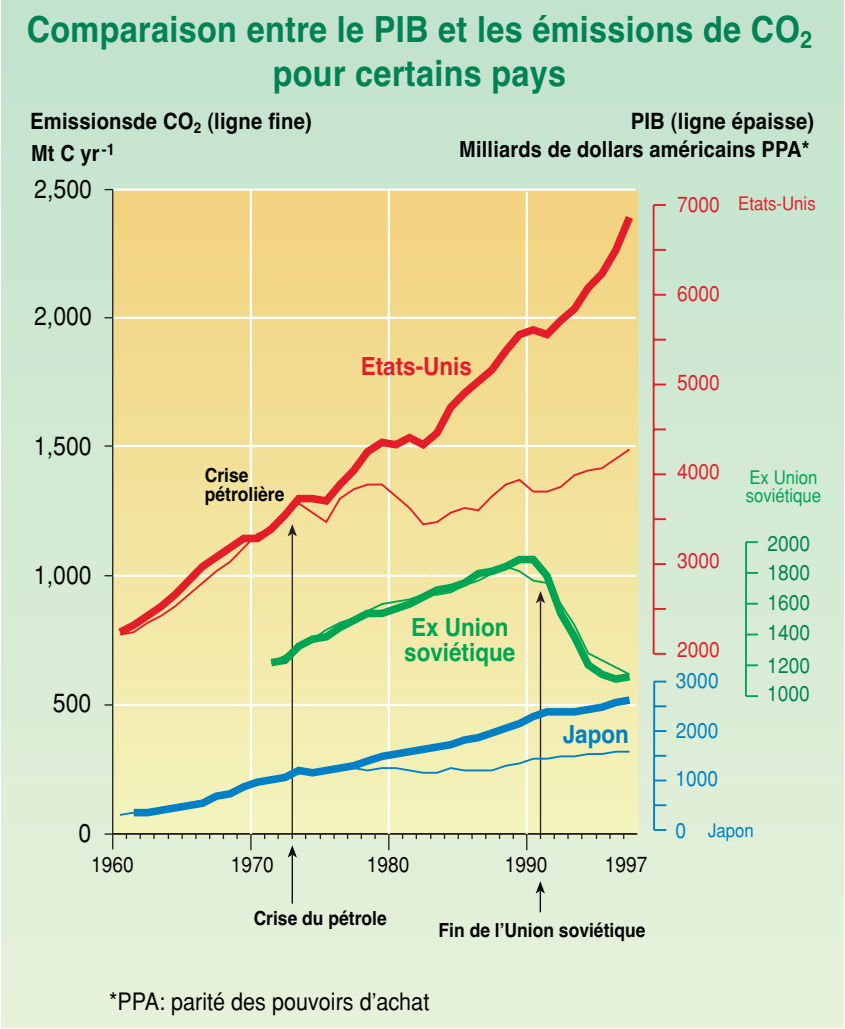
5.13 **La stabilisation des concentrations atmosphériques de CO_2 à moins de 600 ppm exige des réductions de l'intensité de carbone et/ou de l'intensité énergétique plus importantes que celles obtenues jusqu'ici.** Une évolution privilégiant d'autres voies de développement, avec de nouvelles configurations sociales, institutionnelles et technologiques tenant compte des contraintes environnementales sera donc nécessaire. Les faibles taux de réussite enregistrés jusqu'ici en matière

d'amélioration de l'intensité énergétique (utilisation d'énergie par PIB unitaire) reflètent la priorité relativement faible accordée à l'efficacité énergétique par la plupart des producteurs et utilisateurs dans le secteur technologique. A l'inverse, entre 1980 et 1992, les taux d'augmentation de productivité du travail ont été plus élevés. Les taux annuels d'amélioration de l'intensité énergétique mondiale obtenus jusqu'ici (1 à 1,5 % par an) devraient être augmentés et maintenus pendant très longtemps pour obtenir une stabilisation des concentrations de CO_2 égale ou inférieure à 600 ppm environ (voir Figure 5–7). Les taux de réduction de l'intensité de carbone (carbone par énergie unitaire produite) devraient, à l'avenir, être bien plus importants (jusqu'à 1,5 % par an, la référence historique étant de 0,3 à 0,4 % par an). En réalité, l'intensité énergétique et l'intensité de carbone devraient continuer à s'améliorer, mais la stabilisation des gaz à effet de serre à moins de 600 ppm exige que le taux de réduction d'une de ces intensités soit beaucoup plus élevé que par le passé. Plus l'objectif de stabilisation est bas, et plus le niveau de référence pour les émissions est élevé, plus l'écart du CO_2 par rapport à la référence est grand, et plus il devra être obtenu tôt.

5.14 Certains changements des systèmes climatiques, écologiques et socio-économiques sont en fait irréversibles sur plusieurs générations humaines, et d'autres sont intrinsèquement irréversibles.

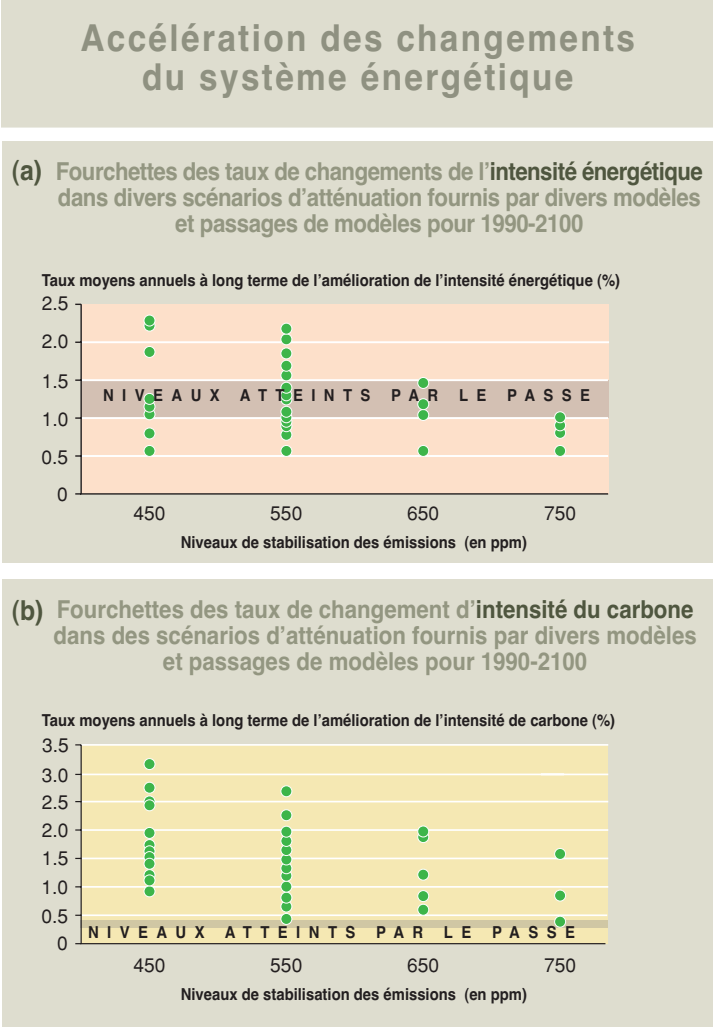
5.15 **Il existe deux types d'irréversibilité apparente.** « L'irréversibilité effective » résulte de processus qui sont susceptibles de revenir à leur état initial, mais mettent des siècles, voire des millénaires à le faire. La fonte partielle de l'inlandsis groenlandais est

GTI TRE Chapitre 11, GTII TRE Chapitre 5, GTII TRE Sections 16.2.1 & 17.2.5



GTIII TRE Tableau 3.1 & GTII DRE Figure 20–1

Figure 5–6 : Réponse du système énergétique, indiquée par l'émission de CO_2 (exprimé en carbone), aux changements économiques, indiqués par le PIB (exprimé en Parité des pouvoirs d'achat : PPA). On peut observer une inertie quasi inexistante dans la réponse si le choc économique est important. La « crise du pétrole » — qui a provoqué une flambée des prix de l'énergie en très peu de temps — a entraîné une divergence quasi immédiate et soutenue entre les émissions et le PIB, qui jusque-là étaient étroitement liés dans la plupart des pays développés : le Japon et les Etats-Unis sont indiqués à titre d'exemples. Lors de la désintégration de l'ex Union soviétique, les deux indicateurs sont restés étroitement liés, entraînant une diminution rapide des émissions, qui reflète celle du PIB.



GTIII TRE Figures 2.8 & 2.18

Figure 5–7 : (a) Le taux de diminution de l'intensité énergétique (énergie par PIB unitaire) nécessaire pour atteindre des niveaux spécifiques de stabilisation des concentrations de CO_2 est dans la plage des taux atteints par le passé pour une stabilisation supérieure à 550 ppm, et peut-être même à 450 ppm, mais (b) le taux d'amélioration nécessaire pour l'intensité de carbone (émissions de carbone par unité d'énergie) pour obtenir une stabilisation à des niveaux inférieurs à 600 ppm est plus élevé que les taux obtenus jusqu'ici. Par conséquent, la diminution du niveau de stabilisation s'accompagne d'une augmentation des coûts d'atténuation, augmentation qui est plus rapide pour un objectif inférieur à 600 ppm (voir Figure 7–3).

un exemple de ce type d'irréversibilité. Un autre exemple est celui de l'élévation prévue du niveau moyen de la mer, due en partie à la fonte de la cryosphère, mais principalement à la dilatation thermique des océans. Indéniablement, une élévation du niveau de la mer se produira dans le monde suite au réchauffement atmosphérique à la surface qui s'est produit au cours du siècle passé. Il y a « irréversibilité intrinsèque » lorsqu'un système dépasse un seuil au-delà duquel il ne peut plus revenir spontanément à son état antérieur. Un exemple de ce type d'irréversibilité due au dépassement d'un seuil est celui de l'extinction des espèces, sous l'effet de l'action conjointe des changements climatiques et de la disparition des habitats.

GTI TRE Sections 2.4.3, 7.3.7, & 9.3.4.3, & GTII TRE Section 1.4.3.5

5.16 **La position d'un seuil, et la résistance aux changements à proximité de celui-ci peuvent être affectés par la vitesse à laquelle on approche de ce seuil.** Les modèles montrent qu'en raison de l'existence possible d'un seuil dans la circulation thermohaline océanique (voir Question 4), un passage à une nouvelle circulation océanique, comparable à celui qui s'est produit après la dernière ère glaciaire, pourrait se produire en cas de réchauffement rapide de la planète. Bien qu'il soit très peu probable au cours du XXIe siècle, si l'on en croit certains modèles, ce processus serait irréversible (c'est-à-dire que la nouvelle circulation perdurerait même après disparition de la perturbation). Dans le cas d'un réchauffement plus faible, il y aurait probablement ajustement progressif de la circulation thermohaline, sans dépassement des seuils. Par conséquent, les chemins temporels des émissions de gaz à effet de serre sont importants pour la détermination de l'évolution de la circulation thermohaline. Lorsqu'un système approche d'un seuil, comme dans le cas de la circulation thermohaline plus faible en raison du réchauffement mondial, la résistance aux perturbations diminue.

5.17 **Un réchauffement plus rapide, et les effets conjugués de multiples contraintes augmentent le risque de dépassement des seuils.** La migration des espèces végétales en réponse à l'évolution du climat est un exemple de seuil écologique. Les données fournies par les fossiles indiquent que, par le passé, la vitesse de migration maximale pour la plupart des espèces végétales était de l'ordre de 1 km par an. Compte tenu des contraintes connues imposées par le processus de dispersion (la période moyenne entre la germination et la production de graines, et la distance moyenne que peut parcourir une graine, par exemple), il semblerait que, sans intervention humaine, un grand nombre d'espèces ne pourraient pas suivre le rythme de déplacement de leurs enclaves climatiques prévu pour le XXIe siècle, même si l'exploitation des terres ne constitue pas un obstacle à leurs mouvements. Le cas des conflits dans des cadres eux-mêmes soumis à des contraintes — par exemple, un bassin fluvial commun à plusieurs nations qui se partagent difficilement de faibles ressources en eau — est un exemple de seuil socio-économique. Des pressions supplémentaires exercées par une contrainte environnementale telle que la diminution d'un débit fluvial peuvent déclencher un conflit plus grave. Si l'on ne comprend pas mieux les systèmes affectés, on risque de ne s'apercevoir de la présence d'un seuil qu'après l'avoir dépassé.

GTII TRE Sections 1.2.1.2, 4.7.3, & 5.2, GTIII TRE RT 2.3, RSSE Encadré 4.2, & GTII SRE A.4.1

5.18 **Du fait de l'inertie dans les systèmes climatiques, écologiques et socio-économiques, l'adaptation est inévitable et déjà indispensable dans certains cas, et cette inertie a des effets sur l'éventail optimal de stratégies d'adaptation et d'atténuation.**

5.19 **En raison des décalages temporels et des inerties inhérents au système terrestre, y compris ses composants sociaux, certaines des conséquences des mesures prises ou non ne seront évidentes que dans de nombreuses années.** Par exemple, les différences entre les chemins temporels initiaux des scénarios de stabilisation et des scénarios du RSSE sont faibles, mais leurs répercussions pour le climat en 2100 sont importantes. Le choix des voies de développement a des incidences à toutes les échelles temporelles, et par conséquent, les coûts et bénéfices à long terme peuvent présenter des différences considérables par rapport à ceux à court terme.

GTIII TRE Section 8.4.2

5.20 **Étant donné l'inertie, pour ce qui est des changements climatiques, des mesures d'adaptation ou d'atténuation bien fondées sont plus efficaces, et peuvent quelquefois être moins coûteuses, si elles sont prises plus tôt.** Les décalages temporels accordent un certain « répit » entre les émissions et les incidences, ce qui permet de prévoir une adaptation. L'inertie relative à l'évolution technologique et au remplacement des capitaux est un argument important en faveur d'une atténuation progressive. En raison de l'inertie au sein des structures et processus économiques, tout écart par rapport à une tendance donnée génère des coûts, coûts qui augmentent avec la vitesse de ces écarts (coûts de la mise hors service anticipée d'équipements à forte intensité de carbone, par exemple). Des mesures d'atténuation anticipatoires peuvent diminuer le risque d'incidences graves durables ou irréversibles, tout en réduisant la nécessité d'une atténuation plus rapide par la suite. Des mesures accélérées peuvent contribuer à réduire les coûts d'atténuation et d'adaptation à long terme en accélérant l'évolution technologique et la réalisation précoce de bénéfices jusqu'alors occultés par les imperfections du marché. Une réduction au cours des années à venir est économiquement intéressante s'il existe une forte probabilité de rester au-dessous de plafonds qui, sinon, seraient atteints sur les échelles temporelles caractéristiques des systèmes générateurs de gaz à effet de serre. Les décisions sur l'atténuation des changements climatiques dépendent de l'interaction entre l'inertie et les incertitudes, et produisent un processus décisionnel séquentiel. Les prévisions et l'adaptation anticipée seront beaucoup plus utiles dans des secteurs ayant des infrastructures en place pendant longtemps (barrages et ponts, par exemple) et dans lesquels l'inertie sociale est importante (problèmes d'affectation des droits de propriété, par exemple). Des mesures d'adaptation anticipatoires peuvent être très rentables si la tendance anticipée se concrétise.

GTII TRE Sections 1.3.4 & 2.7.1, GTIII TRE Chapitre 2, GTIII TRE Sections 10.1 & 10.4.2–3, & GTIII TRE Tableau 10.7

5.21 **En raison des décalages temporels, de l'inertie et de l'irréversibilité qui existent dans le système terrestre, une mesure d'atténuation ou des décisions technologiques peuvent avoir des résultats différents, selon le moment où elles ont été prises.** Dans un modèle, par exemple, l'analyse de l'effet théorique d'une réduction totale des émissions de gaz à effet de serre anthropiques en 1995 sur l'élévation du niveau de la mer au cours du XXIe siècle dans le Pacifique, a montré que l'élévation (5 à 12 cm) qui se produirait inévitablement en raison du réchauffement jusqu'en 1995 serait considérablement inférieure à celle qui se produirait (élévation de 14 à 32 cm) si cette même réduction d'émissions était obtenue en 2020. Ceci illustre les enjeux croissants concernant l'élévation du niveau de la mer résultant des émissions passées et futures, et les conséquences d'une réduction différée des émissions.

GTII TRE Sections 2.7.1 & 17.2.1

5.22 **L'inertie technologique dans les pays moins développés peut être réduite grâce au « saut technologique » (c'est-à-dire l'adoption de stratégies anticipatoires pour prévenir les problèmes que connaissent actuellement les sociétés industrielles).** On ne peut pas supposer que les pays en développement adopteront automatiquement les mêmes voies de développement que les pays industrialisés. Certains pays en développement, par exemple, ont sauté l'étape des lignes terrestres pour leurs communications, en passant immédiatement à l'utilisation de téléphones portables. Les pays en développement pourraient éviter d'avoir recours aux anciennes méthodes coûteuses en énergie des pays développés, en adoptant des technologies plus efficaces au plan énergétique, en recyclant plus de déchets et de produits, et en traitant leurs déchets plus rationnellement. Ces principes pourraient être mis en œuvre plus facilement au sein de nouvelles infrastructures et de nouveaux systèmes énergétiques dans les pays en développement, d'autant que d'importants investissements sont nécessaires de toute façon. Le transfert de technologies entre les pays et les régions peut réduire l'inertie technologique.

GTII TRE Chapitre 2, GTIII TRE Section 10.3.3, RSSE Section 3.3.4.8, & RSTT RID

5.23 **Au vu de l'inertie et de l'incertitude dans les systèmes climatiques, écologiques et socio-économiques, il conviendrait d'envisager la possibilité de marges de sécurité lors de l'établissement de stratégies, objectifs et programmes, afin d'éviter des perturbations dangereuses pour le système climatique.** Les objectifs de stabilisation, par exemple pour les concentrations atmosphérique de CO_2, la température ou le niveau de la mer, peuvent subir les influences suivantes :

- Influence de l'inertie du système climatique, qui fait que les changements climatiques se poursuivent pendant un certain temps après la mise en œuvre de mesures d'atténuation ;
- Influence de l'incertitude concernant la position de seuils au-delà desquels les changements deviennent irréversibles, et le comportement du système à proximité de ces seuils ;
- Influence des décalages temporels entre l'adoption d'objectifs d'atténuation et leur réalisation.

De même, les décalages temporels influent sur l'adaptation, pour ce qui est de l'identification des incidences des changements climatiques, l'élaboration de stratégies d'adaptation efficaces, et la mise en œuvre de mesures d'adaptation. Des stratégies de couverture et une prise de décisions séquentielle (mesures itératives, évaluation et mesures révisées) peuvent être des réponses recommandées face à la combinaison de l'inertie et de l'incertitude. Les conséquences de l'inertie diffèrent selon qu'il s'agit d'adaptation ou d'atténuation — l'adaptation étant principalement orientée vers une réponse à des effets localisés des changements climatiques, alors que l'atténuation vise à répondre aux incidences sur le système climatique. Décalages temporels et inertie sont présents dans ces deux domaines, l'inertie suggérant en général un besoin d'atténuation plus urgent.

GTII TRE Section 2.7.1 & GTIII TRE Sections 10.1.4.1–3

5.24 **L'omniprésence de l'inertie et le risque d'irréversibilité dans les systèmes climatiques, écologiques et socio-économiques justifient en grande partie l'utilité des mesures d'adaptation et d'atténuation anticipatoires.** Si les mesures sont différées, certaines possibilités d'adaptation et d'atténuation peuvent être perdues à jamais.

Question 6

Q6

(a) Comment la portée et l'échelonnement dans le temps de mesures de réduction des émissions peuvent-ils déterminer et influencer le rythme, l'ampleur et les incidences des changements climatiques, et influer sur l'économie mondiale et régionale, compte tenu des émissions passées et actuelles ?

(b) A partir des études de sensibilité, que sait-on des conséquences climatiques, environnementales et socio-économiques régionales et mondiales de la stabilisation des concentrations atmosphériques de gaz à effet de serre (en équivalent-dioxyde de carbone), pour des niveaux allant des niveaux actuels au double de ces niveaux ou plus, compte tenu, si possible, des effets des aérosols ? Pour chaque scénario de stabilisation, y compris diverses voies vers une stabilisation, évaluer les coûts et bénéfices, par rapport à l'éventail de scénarios examinés à la Question 3, en ce qui concerne :

- Les changements prévus des concentrations atmosphériques, du climat et du niveau de la mer, y compris les changements au-delà de 100 ans ;
- Les incidences et les coûts et bénéfices économiques des changements climatiques et de la modification de la composition de l'atmosphère sur la santé humaine, et sur la diversité et la productivité des systèmes écologiques et des secteurs socio-économiques (agriculture et eau, en particulier) ;
- L'éventail d'options d'adaptation, y compris les coûts, bénéfices et difficultés ;
- Les technologies, politiques et méthodes susceptibles d'être utilisées pour atteindre chaque niveau de stabilisation, avec évaluation des coûts et bénéfices nationaux et mondiaux, et évaluation quantitative ou qualitative des coûts et bénéfices, par rapport aux nuisances environnementales prévenues grâce aux réductions d'émissions ;
- Les questions de développement, de durabilité et d'équité associées aux incidences, à l'adaptation et à l'atténuation à l'échelle régionale et mondiale.

6.1 Les conséquences climatiques, environnementales et socio-économiques des émissions de gaz à effet de serre ont été examinées à la Question 3 pour des scénarios qui n'incluent pas de mesures d'intervention climatiques. La présente question examine de nouveau ces conséquences, mais cette fois afin d'évaluer les bénéfices potentiels d'un ensemble de mesures d'intervention climatique. Les scénarios de réduction d'émissions examinés incluent, entre autres, des scénarios qui permettraient de stabiliser les concentrations atmosphériques de CO_2. La présente question examine également le rôle de l'adaptation en tant que complément à l'atténuation, et les conséquences des réductions d'émissions sur les objectifs de développement durable et d'équité. Les mesures d'intervention et les technologies susceptibles d'être utilisées pour la mise en œuvre des réductions d'émissions, et leurs coûts, sont examinés à la Question 7.

6.2 Des réductions des émissions de gaz à effet de serre pourraient diminuer le rythme et l'ampleur du réchauffement et de l'élévation du niveau de la mer prévus.

DT4 GIEC

6.3 **Plus les réductions des émissions seront importantes, et plus elles seront mises en œuvre tôt, plus le réchauffement climatique et l'élévation du niveau de la mer pourront être réduits et ralentis.** Les futurs changements climatiques sont déterminés par les émissions antérieures, actuelles et futures. On a estimé les effets sur la température moyenne mondiale et sur l'élévation du niveau de la mer d'une réduction annuelle de 2 % des émissions de CO_2 par les pays développés entre 2000 et 2100, en supposant que les pays en développement ne diminuent pas leurs émissions[6]. Dans ce cas, les émissions mondiales et la concentration atmosphérique de CO_2 augmentent pendant ces cent ans, mais plus lentement que lorsqu'on ne suppose aucune mesure de réduction pour les pays développés. Les effets de la limitation des émissions augmentent lentement mais s'accumulent avec le temps. D'ici 2030, la concentration atmosphérique de CO_2 devrait être inférieure de 20 % environ par rapport au scénario IS92a qui n'envisage pas de mesures d'atténuation, et qui n'indique qu'une faible diminution du réchauffement et de l'élévation du niveau de la mer pour la même période. En 2100, la concentration prévue de CO_2 devrait être inférieure de 35 % par rapport au scénario IS92a, le réchauffement moyen mondial prévu serait réduit de 25 %, et l'élévation du niveau de la mer prévue serait réduite de 20 %. L'analyse de réductions annuelles de 1 % des émissions de CO_2 par les pays développés indique que des réductions inférieures entraîneraient des réductions plus faibles de la concentration de CO_2, des variations de température, et de l'élévation du niveau de la mer. Si ces mesures étaient prises dès maintenant, leurs effets seraient plus importants en 2100 que si elles étaient prises ultérieurement.

GTI TRE Section 3.7.3

6.4 **La stabilisation du forçage radiatif exigera des réductions des émissions de gaz à effet de serre et des gaz qui contrôlent leur concentration.** Si l'on prend l'exemple du gaz à effet de serre anthropique le plus important, des modèles du cycle du carbone indiquent que pour obtenir une stabilisation des concentrations atmosphériques de CO_2 à 450, 650 ou 1 000 ppm, les émissions anthropiques mondiales de CO_2 devraient diminuer au-dessous des niveaux de 1990, en quelques décennies, un siècle ou environ deux siècles, respectivement, puis diminuer régulièrement par la suite (voir Figure 6–1). Selon ces modèles, les émissions culmineraient d'ici une ou deux décennies environ (450 ppm) et environ un siècle (1 000 ppm) à compter d'aujourd'hui (voir Figure 6–1). Finalement, les émissions de CO_2 devraient diminuer pour atteindre une toute petite fraction des émissions actuelles. Les bénéfices des divers niveaux de stabilisation sont examinés ultérieurement à la Question 6 et leurs coûts sont examinés à la Question 7.

[6] Dans ces analyses, les émissions de CH_4, N_2O, et SO_2 par les pays développés sont maintenues constantes à leurs niveaux de 1990, et les hydrocarbures halogénés suivent un scénario correspondant à la version de Copenhague du Protocole de Montréal. On suppose que les émissions de CO_2 et autres gaz à effet de serre par les pays en développement suivent les prévisions du scénario IS92. Les prévisions de températures ont été obtenues à l'aide d'un modèle climatique simple. Les scénarios IS92 sont décrits dans le *Rapport spécial du GIEC sur le forçage radiatif des changements climatiques.*

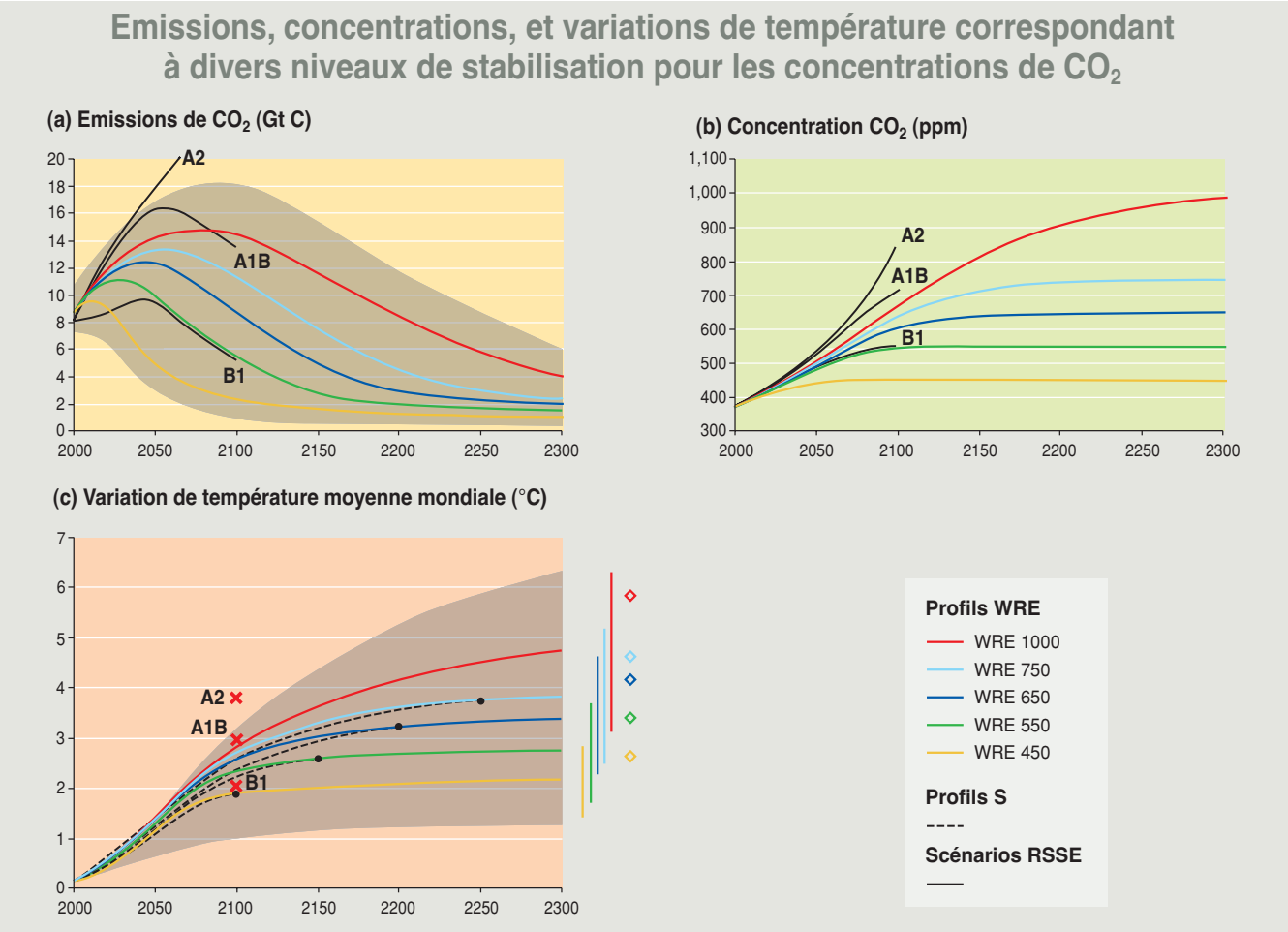


Figure 6–1 : La stabilisation des concentrations de CO_2 exigerait des réductions importantes des émissions au-dessous des niveaux actuels et ralentirait le réchauffement.

GTI TRE Sections 3.7.3 & 9.3.3, & DT3 GIEC

(a) **Émissions de CO_2 :** les chemins temporels des émissions de CO_2 susceptibles de conduire à la stabilisation de la concentration atmosphérique du CO_2 à 450, 550, 650, 750 et 1 000 ppm sont estimés pour les profils de stabilisation WRE par la modélisation du cycle du carbone. Des concentrations de CO_2 inférieures exigeraient un arrêt anticipé de l'augmentation des émissions et des diminutions anticipées jusqu'à des niveaux d'émissions inférieurs aux niveaux actuels. La partie ombrée représente la fourchette d'incertitudes pour l'évaluation des émissions de CO_2 correspondant aux chemins temporels pour la concentration spécifiée, tels qu'ils sont représentés dans les modèles de cycle du carbone. Les émissions de CO_2 pour trois scénarios du RSSE (A1B, A2, et B1), qui n'incluent pas les limites d'émissions de gaz à effet de serre, sont aussi représentées à des fins de comparaison.

(b) **Concentrations de CO_2 :** Les concentrations de CO_2 spécifiées pour les profils WRE approchent progressivement de niveaux de stabilisation entre 450 et 1 000 ppm. Des estimations des concentrations de CO_2 qui résulteraient de trois scénarios d'émissions du RSSE (A1B, A2, et B1) sont données à des fins de comparaison.

(c) **Variations de température moyenne mondiale :** Les variations de température sont évaluées pour les profils de stabilisation WRE à l'aide d'un modèle climatique simple étalonné par rapport à plusieurs modèles plus complexes. Il y a ralentissement du réchauffement prévu suite au ralentissement de l'augmentation de la concentration atmosphérique de CO_2 ; le réchauffement se poursuit après la stabilisation de la concentration de CO_2 (indiquée par des points noirs), mais beaucoup plus lentement. La simulation suppose que les émissions d'autres gaz à effet de serre suivent la projection A1B du RSSE jusqu'en 2100 et restent constantes par la suite. Ce scénario a été choisi en raison de sa position centrale dans l'éventail de scénarios du RSSE. Les lignes en pointillés représentent les variations de température prévues pour les profils S, un autre ensemble de profils de stabilisation du CO_2 non représenté sur les graphiques (a) ou (b). La partie ombrée illustre les effets d'une fourchette de sensibilité du climat pour les cinq cas de stabilisation. Les barres verticales colorées à droite représentent, pour chaque profil WRE, la fourchette en 2300 résultant des divers étalonnages des modèles climatiques. Les losanges à droite représentent le réchauffement moyen à l'équilibre (très long terme) pour chaque niveau de stabilisation du CO_2 calculé à partir d'une moyenne des résultats des modèles climatiques. Les émissions et concentrations de CO_2 et les variations de température sont indiquées pour trois scénarios du RSSE (croix rouges) à des fins de comparaison.

Tableau 6–1 Concentrations de CO_2 prévues pour les scénarios d'émissions du RSSE et émissions déduites pour les profils WRE conduisant à une stabilisation du CO_2 atmosphérique.[a]

	Émissions de CO_2 (Gt C an-1)		*Émissions de CO_2 accumulées*	*Années d'émissions maximales*	*Émissions deviennent inférieures aux niveaux de 1990* [b]	*Concentration atmosphérique (ppm)*		*Année de stabilisation des concentrations*
	2050	*2100*	*2001 à 2100 (Gt C)*			*2050*	*2100*	
Scénarios d'émissions du RSSE								
A1B	16,4	13,5	1 415			490–600	615–920	
A1T	12,3	4,3	985			465–560	505–735	
A1FI	23,9	28,2	2 105			520–640	825–1 250	
A2	17,4	29,1	1 780			490–600	735–1 080	
B1	11,3	4,2	900			455–545	485–680	
B2	11,0	13,3	1 080			445–530	545–770	
Profils de stabilisation WRE								
450	3,0–6,9	1,0–3,7	365–735	2005–2015	<2000–2045	445	450	2090
550	6,4–12,6	2,7–7,7	590–1 135	2020–2030	2030–2100	485	540	2150
650	8,1–15,3	4,8–11,7	735–1 370	2030–2045	2055–2145	500	605	2200
750	8,9–16,4	6,6–14,6	820–1 500	2040–2060	2080–2180	505	640	2250
1 000	9,5–17,2	9,1–18,4	905–1 620	2065–2090	2135–2270	510	675	2375

[a] texte en bleu = prescrit, et texte en noir = résultats des modèles ; les émissions imputables aux combustibles fossiles et aux changements d'affectation des terres sont prises en compte. Fourchettes fournies par deux modèles de cycle du carbone simples : la fourchette du modèle ISAM est fondée sur des résultats de modèles complexes, et celle du modèle BERN-CC est fondée sur des incertitudes au niveau des réponses et des rétroactions des systèmes. Les résultats du RSSE figurent dans l'Annexe II.1.1 du TRE GTI. L'échelonnement dans le temps exact des émissions WRE dépend de la voie vers la stabilisation.

[b] On suppose que les émissions 1990 sont de 7,8 Gt C ; cette valeur est incertaine, principalement en raison des incertitudes sur l'importance des émissions dues aux changements d'affectation des terres, qui, dans le cas présent, sont supposées être 1,7 Gt C, valeur annuelle moyenne au cours des années 1980.

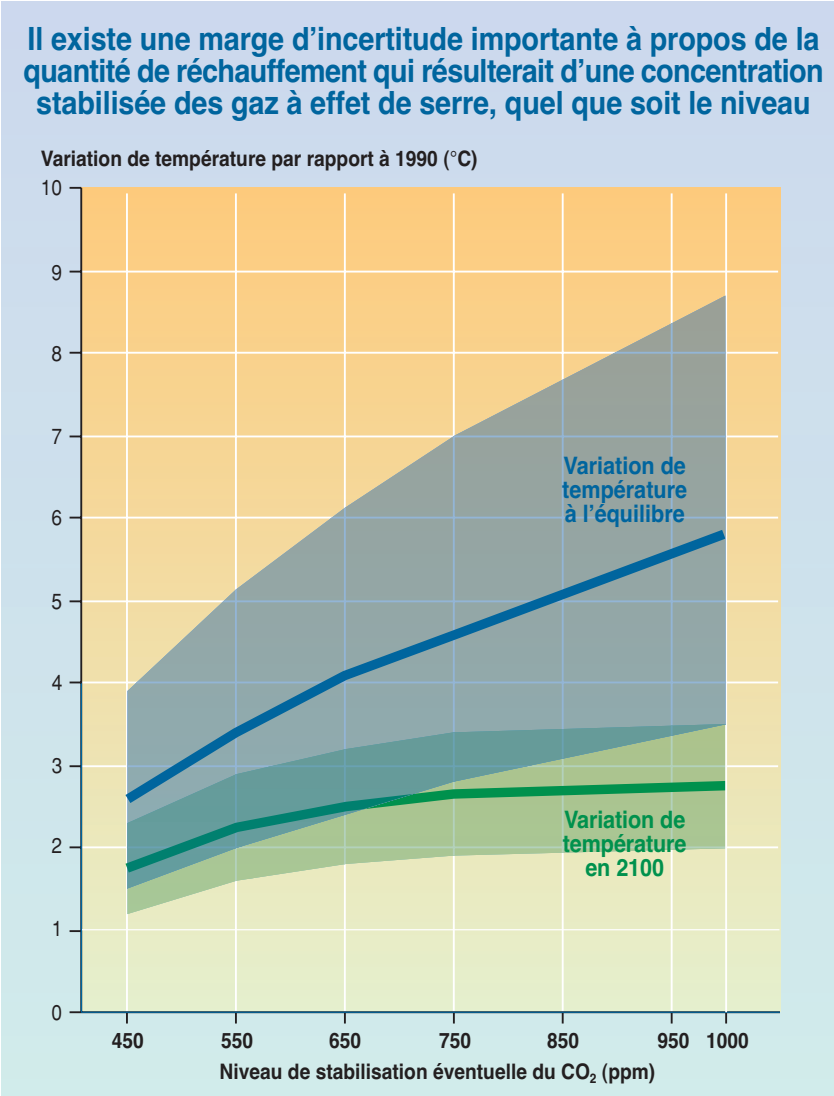
GTI TRE Section 9.3.3

6.5 **Il existe de multiples incertitudes pour ce qui est de la quantification du réchauffement qui résulterait de toute concentration stabilisée des émissions de gaz à effet de serre.** La Figure 6–1c représente des estimations des variations de température moyenne mondiale pour des scénarios qui stabiliseraient la concentration de CO_2 à divers niveaux et les maintiendraient constants par la suite. L'incertitude sur la sensibilité du climat produit une large fourchette d'estimations de variations de température qui résulteraient d'émissions correspondant à un niveau de concentration sélectionné[7]. Ceci est indiqué plus clairement à la Figure 6–2, qui montre des niveaux ultimes de stabilisation de concentration de CO_2 et la fourchette de variations de température correspondantes prévues d'ici 2100 et à l'équilibre à long terme. L'estimation des variations de température pour ces scénarios suppose que les émissions de gaz à effet de serre autres que le CO_2 correspondraient au scénario A1B du RSSE jusqu'en 2100 et seraient constantes par la suite. Diverses hypothèses au sujet des émissions d'autres gaz à effet de serre produisent des estimations de réchauffement différentes pour chaque niveau de stabilisation du CO_2.

GTI TRE Section 9.3.3 & GTI TRE Tableau 9.3

6.6 **A partir des profils représentés à la Figure 6–1, et en supposant que les émissions de gaz autres que le CO_2 suivent le scénario A1B du RSSE jusqu'en 2100 et restent constantes par la suite, on estime que les réductions d'émissions qui stabiliseraient définitivement la concentration atmosphérique de CO_2 à moins de 1 000 ppm, limiteraient l'augmentation de la température moyenne mondiale à 3,5°C ou moins d'ici 2100.** Selon les estimations, la température moyenne mondiale à la surface devrait augmenter de 1,2 à

[7] La réponse de la température moyenne globale à l'équilibre au doublage du CO_2 atmosphérique est souvent utilisée pour mesurer la sensibilité du climat. Les températures indiquées aux Figures 6–1 et 6–2 sont obtenues à l'aide d'un modèle simple, étalonné pour fournir la même réponse qu'un ensemble de modèles complexes ayant une fourchette de sensibilité entre 1,7 et 4,2°C. Cette fourchette est comparable à la fourchette de 1,5 à 4,5°C communément acceptée.



GTI TRE Section 9.3.3

Figure 6–2 : Les variations de température par rapport à 1990 en (a) 2100 et (b) à l'équilibre sont estimées à l'aide d'un modèle climatique simple pour les profils WRE comme pour la Figure 6–1. Les estimations inférieures et supérieures pour chaque niveau de stabilisation supposent une sensibilité du climat de 1,7 et 4,2°C, respectivement. L'axe est une moyenne des estimations inférieures et supérieures.

3,5°C d'ici 2100 pour des profils qui devraient stabiliser la concentration de CO_2 à des niveaux entre 450 et 1 000 ppm. Par conséquent, même si tous les profils de stabilisation des concentrations de CO_2 analysés pouvaient empêcher que soient atteintes au cours du XXIe siècle la plupart des valeurs supérieures de réchauffement prévues par le RSSE (1,4 à 5,8°C d'ici 2100), il convient de noter que, pour la plupart des profils, l'augmentation des concentrations de CO_2 devrait se poursuivre au-delà de 2100. En raison de l'inertie océanique importante (voir Question 5), on prévoit la poursuite de l'augmentation des températures, même après stabilisation du CO_2 et des autres gaz à effet de serre, bien que cette augmentation soit plus lente que prévue pour la période avant la stabilisation et qu'elle diminue avec le temps. L'augmentation de la température à l'équilibre prendrait des siècles et se situe entre 1,5 et 3,9°C au-dessus des niveaux de 1990 pour une stabilisation à 450 ppm, et entre 3,5 et 8,7°C au-dessus des niveaux de 1990 pour une stabilisation à 1 000 ppm[8]. De plus, dans le cas d'un objectif de stabilisation de température spécifique, il existe de nombreuses incertitudes à propos du niveau de stabilisation des concentrations de gaz à effet de serre (voir Figure 6–2). Le niveau de stabilisation des concentrations de CO_2 nécessaire pour un objectif de température donné dépend également des niveaux des autres gaz. Les résultats du seul modèle climatique

[8] Pour tous ces scénarios, la contribution des autres gaz à effet de serre et aérosols au réchauffement à l'équilibre est de 0,6°C pour une sensibilité du climat peu élevée et de 1,4°C pour une sensibilité élevée. L'augmentation connexe du forçage radiatif est équivalente à celle qui se produit avec une augmentation de 28 % dans les concentrations finales de CO_2.

d'ensemble utilisé pour analyser les effets régionaux de la stabilisation des concentrations de CO_2 indiquent que les variations des températures moyennes à l'échelle régionale devraient être semblables en ce qui concerne leur distribution géographique, mais que leur ampleur serait différente de celle prévue pour un scénario de référence avec une augmentation annuelle de 1 % des émissions de CO_2 émissions à partir de 1990[9].

GTI TRE Section 9.3.3.1

6.7 **Différents chemins temporels d'émissions conduisant à un niveau commun pour la stabilisation des concentrations de gaz à effet de serre donnent différents chemins temporels de variations de température.** Pour des niveaux de stabilisation du CO_2 de 450, 550, 650, et 750 ppm, deux ensembles de chemins temporels d'émissions ont été analysés dans des rapports du GIEC précédents et sont intitulés profils S et WRE[10]. Les profils WRE permettent des émissions plus importantes pendant les premières décennies que les profils S, mais exigent ensuite des émissions moins importantes pendant les décennies ultérieures pour atteindre un niveau de stabilisation spécifique. Ces réductions différées des profils WRE devraient contribuer à diminuer les coûts d'atténuation (voir Question 7) mais, initialement, le réchauffement serait plus rapide. La différence entre les températures prévues pour les deux types de chemins est de 0,2ºC ou moins en 2050, lorsque la différence est la plus marquée. Au-delà de 2100, il y a convergence des variations de température des profils WRE et S. Les températures prévues pour les profils S et WRE sont comparées à la Figure 6–1c.

GTI TRE RID & GTI TRE Section 11.5.4

6.8 **Le niveau de la mer et les inlandsis devraient continuer de réagir au réchauffement pendant des siècles après la stabilisation des concentrations de gaz à effet de serre (voir Question 5).** L'élévation prévue du niveau de la mer due à la dilatation thermique à l'équilibre est de l'ordre de 0,5 à 2 m pour une augmentation de la concentration de CO_2 du niveau préindustriel de 280 à 560 ppm, et de 1 à 4 m pour une augmentation de la concentration de CO_2 de 280 à 1 120 ppm. L'élévation observée au cours du XXe siècle a été de 0,1 à 0,2 m. L'élévation prévue serait plus importante si l'on tient compte des effets des concentrations d'autres gaz à effet de serre. D'autres facteurs contribuent à l'élévation du niveau de la mer sur des échelles temporelles allant des siècles à des millénaires (voir Question 5). Les modèles évalués dans le projet TRE prévoient une élévation du niveau de la mer de plusieurs mètres en raison de la fonte des inlandsis polaires (voir Question 4) et de la glace terrestre, même pour des niveaux de stabilisation de 550 ppm équivalent-CO_2.

6.9 La réduction des émissions de gaz à effet de serre nécessaire à la stabilisation de leurs concentrations atmosphériques devrait retarder et atténuer les dommages dus aux changements climatiques.

GTII TRE Sections 1.4.3, 18.8, & 19.5

6.10 **Des mesures de réduction (atténuation) des émissions de gaz à effet de serre diminueraient les pressions exercées par les changements climatiques sur les systèmes naturels et humains.** Une augmentation plus lente de la température moyenne mondiale et de l'élévation du niveau de la mer donnerait plus de temps pour s'adapter. Par conséquent, les mesures d'atténuation devraient retarder et atténuer les dommages dus aux changements climatiques, ce qui produirait des bénéfices environnementaux et socio-économiques. Des mesures d'atténuation et leurs coûts associés sont évalués dans la réponse à la Question 7.

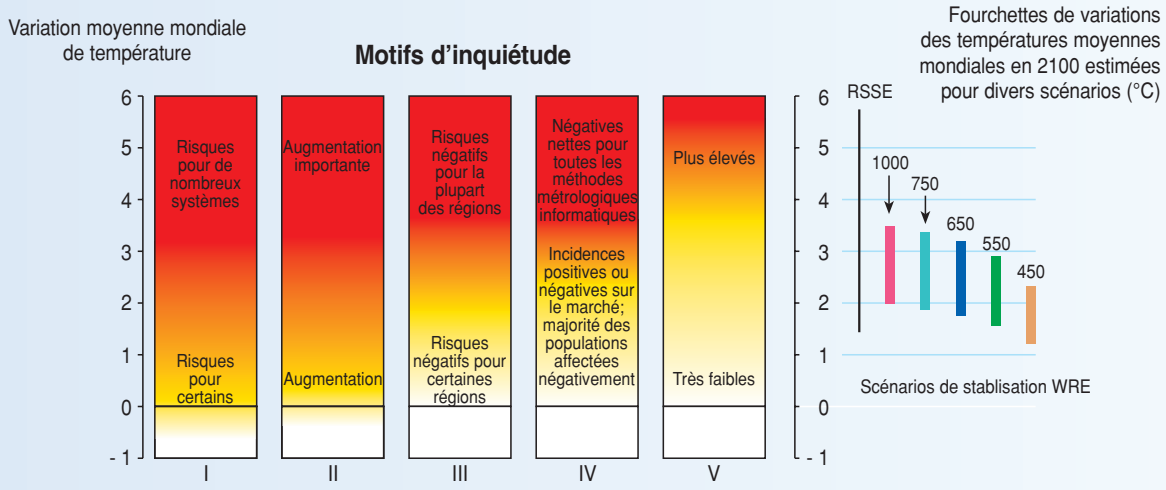
GTI TRE Section 9.3.3 & GTII TRE Sections 1.4.3.5, 5.2, 5.4, & 19.3–6

6.11 **Des mesures d'atténuation visant à stabiliser les concentrations atmosphériques de gaz à effet de serre à des niveaux inférieurs offriraient des bénéfices accrus du fait de la réduction des dommages.** Une stabilisation à des niveaux inférieurs diminue le risque de dépassement des seuils de température pour les systèmes biophysiques dans lesquels ces seuils existent. La stabilisation du CO_2 à 450 ppm, par exemple, devrait avoir pour effet une augmentation de température

[9] Ce taux d'augmentation des émissions est très proche de celui du scénario d'émissions IS92a.

[10] Les profils S et WRE sont examinés dans le DRE du GTI et sont décrits plus en détail dans le Rapport Technique 3 du GIEC.

Les risques de dommages dus aux changements climatiques seraient réduits par la stabilisation de concentration de CO_2



I. Systèmes uniques et menacés

Extinction des espèces.
Disparition d'habitats uniques, de terres humides côtières.
Blanchissement et mort du corail.

II. Phénomènes climatiques extrêmes

Incidences sur la santé, la propriété et l'environnement, de l'augmentation de la fréquence et de l'intensité de certains phénomènes climatiques extrêmes.

III. Distribution des incidences

Variations des rendements des cultures céréalières, en augmentation ou en diminution selon les régions; devraient diminuer dans la plupart des régions tropicales et subtropicales.
Diminution des ressources en eau dans de nombreux pays soumis au stress hydrique; augmentation de ces ressources dans d'autres.
Risques pour la santé plus importants dans les pays en développement que dans les pays développés.
Pertes nettes pour le secteur du marché prévues pour un grand nombre de pays en développement; effets mixtes prévus pour les pays développés dans le cas d'un réchauffement de quelques (« a few ») degrés, et effets négatifs pour un réchauffement plus important.

IV. Incidences à l'échelle mondiale

Les estimations des incidences mondiales nettes sur le secteur du marché sont positives et négatives dans le cas d'un réchauffement de quelques (« a few ») dégrés, et négatives pour un réchauffement plus important.
La majorité des populations sont affectées négativement, même dans le cas d'un réchauffement inférieur à quelques (« a few ») degrés.

V. Phénomènes à grande échelle et effets importants

Risque de ralentissement significatif de la circulation thermohaline d'ici 2100.
Fonte et effondrement des inlandsis, contribuant considérablement à l'élévation du niveau de la mer (très faible probabilité avant 2100; probabilité plus élevée sur une échelle temporelle de plusieurs siècles).

GTI TRE Section 9.3.3 & GTII TRE Section 19.8.2

Figure 6–3 : Les risques de dommages dus aux changements climatiques seraient réduits par la stabilisation des concentrations de CO_2. Les risques d'effets négatifs dus aux changements climatiques sont décrits pour des variations de température moyenne mondiale d'ampleurs différentes, où les variations de température moyenne mondiale servent de données indirectes en ce qui concerne l'ampleur des changements climatiques. Les estimations des variations de température moyenne mondiale d'ici 2100, par rapport à 1990, sont indiquées à droite de la figure pour des scénarios qui conduiraient à la stabilisation des concentrations atmosphériques de CO_2, ainsi que pour l'ensemble des prévisions du RSSE. De nombreux risques associés à un réchauffement de plus de 3,5ºC d'ici 2100 seraient prévenus par une stabilisation des concentrations de CO_2 égale ou inférieure à 1 000 ppm. Une stabilisation à un niveau inférieur diminuerait encore plus les risques. Le blanc indique une zone neutre, ou de faibles effets ou risques négatifs ou positifs ; le jaune indique des effets négatifs pour certains systèmes ou de faibles risques ; et le rouge indique des effets négatifs ou des risques plus étendus et/ou de plus grande ampleur. L'évaluation des effets ou des risques ne tient compte que de l'ampleur des changements, et non de leur rythme. Les variations de température moyenne annuelle mondiale servent de données indirectes en ce qui concerne l'ampleur des changements climatiques, mais les effets dépendraient, entre autres, de l'ampleur et du rythme des changements mondiaux et régionaux du climat moyen, de la variabilité climatique et des phénomènes climatiques extrêmes, des conditions socio-économiques et de l'adaptation.

moyenne mondiale en 2100 de 0,75 à 1,25°C de moins que celle estimée pour une stabilisation à 1 000 ppm (voir Figure 6–2). A l'équilibre, la différence est de 2 à 5°C environ. L'étendue géographique des dommages ou de la disparition des systèmes naturels et le nombre de systèmes affectés, qui augmentent avec l'ampleur et le rythme des changements climatiques, seraient moindres pour un niveau de stabilisation inférieur. De même, pour un niveau de stabilisation inférieur, les effets des phénomènes climatiques extrêmes seraient moins graves, moins de régions seraient affectées par des effets négatifs nets sur le marché, les incidences à l'échelle mondiale seraient moindres et le risque de phénomènes à grande échelle et effets majeurs serait réduit. La Figure 6–3 contient un résumé des risques de changements climatiques ou de causes d'inquiétude (voir Encadré 3–2) ainsi que les fourchettes de variations de température moyenne mondiale en 2100 estimées pour différents scénarios[11].

GTII TRE Sections 19.4–5

6.12 **A l'heure actuelle, il n'y a pas d'estimations quantitatives complètes des bénéfices de la stabilisation à différents niveaux de concentration atmosphérique des gaz à effet de serre.** En dépit de l'amélioration des connaissances sur l'aspect qualitatif des incidences des futurs changements climatiques, les incidences qui en résulteraient en fonction des scénarios ne sont pas complètement quantifiées. Étant donné les incertitudes concernant la sensibilité du climat et les profils géographiques et saisonniers des variations de température, des précipitations et d'autres variables et phénomènes climatiques prévus, on ne peut prévoir spécifiquement les incidences des changements climatiques pour des scénarios d'émissions individuels. Les processus clés, les sensibilités et les capacités d'adaptation des systèmes face à l'évolution du climat sont également entachés d'incertitude. En outre, des effets, tels que la modification de la composition et de la fonction des écosystèmes, l'extinction des espèces, et des modifications dans le domaine de la santé, ainsi que la disparité de la répartition des incidences sur les populations, ne peuvent pas être facilement exprimés en unités monétaires ou autres unités communes courantes. Ceci explique pourquoi la compréhension des bénéfices des mesures de réduction des émissions de gaz à effet de serre, y compris des mesures de stabilisation des concentrations de gaz à effet de serre à des niveaux spécifiques demeure incomplète et pourquoi on ne peut pas comparer directement ces bénéfices aux coûts d'atténuation pour estimer les effets économiques nets de l'atténuation.

6.13 L'adaptation est une stratégie nécessaire à tous les niveaux pour renforcer les mesures d'atténuation face aux changements climatiques. Conjointement, ces stratégies peuvent permettre d'atteindre des objectifs de développement durable.

GTII TRE Sections 1.4.4–2, 18.3.5, & 18.4.1

6.14 **L'adaptation peut être complémentaire à l'atténuation dans le cadre d'une stratégie économique visant à réduire les risques liés aux changements climatiques.** La réduction des émissions de gaz à effet de serre, voire la stabilisation de leurs concentrations atmosphériques à un niveau peu élevé, ne préviendront pas complètement les changements climatiques ou l'élévation du niveau de la mer ou leurs incidences. De nombreuses adaptations réactives se produiront en réponse à l'évolution du climat et à l'élévation du niveau de la mer, et certaines se sont déjà produites. De plus, l'élaboration de stratégies d'adaptation planifiées pour faire face aux risques et exploiter des possibilités peut renforcer les mesures d'atténuation et contribuer à limiter les effets des changements climatiques. Toutefois, l'adaptation générera des coûts et ne peut pas prévenir la totalité des dommages. L'adaptation peut être un moyen plus rentable pour réduire les incidences du climat si elle est mise en œuvre conjointement avec l'atténuation plutôt qu'isolément. Le potentiel offert par les mesures d'adaptation en ce

[11] Les incidences des changements climatiques varieront par région, par secteur et par système, et seront influencées par des changements régionaux et saisonniers des températures et des précipitations moyennes, de la variabilité climatique, de la fréquence et intensité des phénomènes climatiques extrêmes, et de l'élévation du niveau de la mer. Les variations de la température moyenne globale sont utilisées comme mesure sommaire de la pression exercée par les changements climatiques.

qui concerne la réduction de nombreux effets néfastes des changements climatiques a été examiné à la Question 3. Étant donné qu'il existe des fourchettes communes d'augmentation de température mondiale associées à différents niveaux de stabilisation (voir Figure 6–1c), de nombreuses options d'adaptation seront appropriées pour ces niveaux de stabilisation. L'amélioration des connaissances réduira les incertitudes liées à des niveaux de stabilisation spécifiques et à l'identification de stratégies d'adaptation appropriées.

6.15 **Les coûts et les problèmes d'adaptation peuvent être réduits par l'atténuation des changements climatiques.** Des réductions des émissions de gaz à effet de serre atténueraient l'ampleur et le rythme des changements auxquels notre planète devrait s'adapter, y compris peut-être des variations de la fréquence et de l'intensité des phénomènes climatiques extrêmes. L'atténuation de ces changements et le rythme plus lent de l'augmentation de ces contraintes donneraient aux systèmes plus de temps pour s'adapter et réduiraient le degré de modification nécessaire aux méthodes utilisées actuellement pour faire face à la variabilité et aux extrêmes climatiques (voir Question 3). Par conséquent, des mesures d'atténuation renforcées diminueront les coûts d'adaptation pour atteindre un niveau d'efficacité spécifique.

GTII TRE Sections 18.2.2, 18.3, & 18.8

6.16 **Des mesures d'atténuation et d'adaptation bien conçues peuvent promouvoir un développement durable.** Comme il a été mentionné à la Question 3, les risques associés aux changements climatiques peuvent nuire à la poursuite des objectifs de développement durable (dommages dus aux extrêmes climatiques, pénurie d'eau et pollution de l'alimentation en eau, perturbations de l'approvisionnement alimentaire et famines, dégradation des terres, et problèmes sanitaires). En réduisant ces risques, les mesures d'atténuation et d'adaptation peuvent améliorer les perspectives de développement durable[12].

GTII TRE Section 18.6.1 & GTIII TRE Sections 2.2.3 & 10.3.2

6.17 **On estime que les incidences des changements climatiques pourraient varier dans les pays et selon les pays. La résolution du problème des changements climatiques soulève une question importante, celle de l'équité.** Les changements climatiques peuvent exercer des pressions qui renforceront les inégalités entre les pays en développement et les pays développés ; la diminution de ces pressions grâce aux mesures d'atténuation et au renforcement des capacités d'adaptation peut réduire ces inégalités. On estime que les populations des pays en développement, en particulier les populations les plus déshéritées de ces pays, sont plus vulnérables aux changements climatiques que celles des pays développés (voir Question 3). Le ralentissement du réchauffement mondial et de l'élévation du niveau de la mer, et le renforcement des capacités d'adaptation aux changements climatiques, seraient utiles à tous les pays, et plus particulièrement aux pays en développement.

GTII TRE Sections 18.5.3 & 19.4

6.18 **La réduction et le ralentissement des changements climatiques peuvent également promouvoir l'équité entre les générations.** Les effets des émissions imputables à la génération actuelle s'exerceront sur un grand nombre de générations futures en raison de l'inertie dans le système climatique atmosphère-océans, et des effets environnementaux à long terme, et quelquefois irréversibles, de l'évolution du climat. On estime que les futures générations seront, en général, plus riches, mieux éduquées et mieux informées, et technologiquement plus avancées que la génération actuelle, et qu'elles seront donc plus capables de s'adapter dans de nombreux domaines. Mais les changements qui se manifesteront au cours des prochaines décennies auront un effet cumulatif et l'ampleur de certains d'eux pourra poser de sérieux problèmes d'adaptation à de nombreuses sociétés. Dans le cas d'effets irréversibles, tels que l'extinction des espèces ou la disparition d'écosystèmes uniques, aucune stratégie d'adaptation ne peut résoudre complètement le problème de cet appauvrissement écologique. L'atténuation des changements climatiques diminuerait également les risques pour les générations futures, risques résultant des activités de la génération actuelle.

GTII TRE Sections 1.2 & 18.5.2, & GTIII TRE Section 10.4.3

[12] Les rapports entre les mesures d'atténuation et le développement durable et l'équité sont examinés à la Question 7. Les rapports entre l'adaptation, le développement durable et l'équité sont examinés à la Question 3.

Question 7

Q7

Que sait-on des possibilités, coûts et bénéfices et délais d'exécution en ce qui concerne la réduction des émissions de gaz à effet de serre ?

- Quels seraient les coûts et bénéfices socio-économiques et incidences sur l'équité d'options de politique et de mesures, et des mécanismes du Protocole de Kyoto susceptibles de représenter une solution au problème des changements climatiques régionaux et mondiaux ?
- Quels éventails d'options de recherche et développement, investissements et autres mesures d'intervention pourraient être considérés comme étant les plus efficaces pour améliorer le développement et la mise en œuvre de technologies qui répondent au problème des changements climatiques ?
- Quelles options de politiques économiques et autres pourraient être jugées aptes à éliminer les obstacles actuels et potentiels, et stimuler le transfert et la mise en œuvre des technologies des secteurs privés et publics entre les pays, et quels en seraient les effets sur les émissions prévues ?
- Comment l'échelonnement dans le temps de ces options influera-t-il sur les coûts et bénéfices économiques connexes, et les concentrations atmosphériques de gaz à effet de serre au cours du siècle à venir et au-delà ?

7.1 Cette question porte essentiellement sur les possibilités d'atténuation, et sur leurs coûts, à court et long terme. La question des bénéfices fondamentaux de l'atténuation (prévention des coûts et des dommages, évités grâce au ralentissement des changements climatiques) est examinée aux Questions 5 et 6, et celle des bénéfices accessoires de l'atténuation est examinée dans la présente réponse et à la Question 8. La présente réponse décrit divers facteurs à l'origine de différences et d'incertitudes importantes en matière d'estimation quantitative des coûts des options d'atténuation. Le DRE décrivait deux types d'études pour l'estimation des coûts : les études ascendantes, qui évaluent souvent les coûts et les possibilités à court terme, et qui sont basées sur l'évaluation de technologies et de secteurs spécifiques, et les études descendantes, basées sur des rapports macro-économiques. Ces deux types d'études ont conduit à des différences des estimations des coûts, différences qui ont diminué depuis le DRE. La réponse ci-dessous porte sur des estimations de coûts à court terme, à partir des deux types d'études, et à long terme, à partir des études descendantes. Les options d'atténuation susceptibles de contribuer à la réduction des émissions de gaz à effet de serre et au piégeage du carbone sont examinées en premier. Viennent ensuite une analyse des coûts des réductions d'émissions conformes aux objectifs de réduction à court terme et à la réalisation des objectifs de stabilisation à long terme, et de l'échelonnement dans le temps des réductions pour parvenir à ces objectifs. Une discussion sur l'équité et ses liens avec l'atténuation des changements climatiques conclut la présente réponse.

Possibilités, obstacles, opportunités, mesures d'intervention et coûts de la réduction des émissions de gaz à effet de serre à court terme.

7.2 **Il existe de nombreuses possibilités technologiques et biologiques pour réduire les émissions à court terme.**

GTIII TRE Sections 3.3–8, & GTIII TRE Chapitre 3 Annexe

7.3 **D'importants progrès technologiques pertinents pour une réduction des émissions de gaz à effet de serre ont été réalisés depuis le DRE, et ceci plus rapidement que prévu.** Des progrès ont été réalisés dans de nombreux domaines technologiques, à divers stades du développement — par exemple, la commercialisation de turbines à vent, l'élimination rapide des gaz dérivés industriels, tels que le N_2O de la production d'acide adipique et les perfluorocarbures pour la production de l'aluminium, la création de véhicules à moteurs hybrides performants, l'amélioration de la technologie des piles à combustibles, ou la démonstration de stockage souterrain du CO_2. Les options technologiques pour la réduction des émissions incluent l'amélioration de l'efficacité des dispositifs d'utilisation finale et les technologies de conversion/transformation énergétique, le passage à des technologies sans carbone ou à faible teneur en carbone, une meilleure gestion énergétique, la réduction des produits dérivés industriels et des émissions de gaz de processus, et l'élimination et le stockage du carbone. Le Tableau 7–1 résume les résultats de nombreuses études sectorielles, principalement au niveau des projets, national, régional, et pour certains au niveau mondial, et présente des estimations de réductions potentielles des émissions de gaz à effet de serre pour la période d'ici 2010 et 2020.

GTIII TRE Sections 3.6.4 & 4.2–4, & RSUTCATF

7.4 **D'importantes possibilités d'atténuation des émissions de carbone existent au sein des forêts, terres agricoles et autres écosystèmes terrestres. La conservation et le piégeage du carbone, sans être nécessairement permanents, peuvent permettre d'attendre le développement et la mise en œuvre d'autres options (voir Tableau 7–2).** Il peut y avoir trois stratégies d'atténuation biologique : (a) la conservation des bassins de carbone existants, (b) le piégeage par l'accroissement des bassins de carbone[13], et (c) le remplacement par des produits biologiques produits durablement (bois pour des produits

[13] Les changements d'affectation des terres pourraient influer sur la concentration atmosphérique de CO_2. Théoriquement, si la totalité du carbone émis en raison des changements d'affectation des terres par le passé pouvait être restaurée dans la biosphère terrestre au cours du siècle (grâce au reboisement, par exemple), la concentration de CO_2 pourrait diminuer de 40 à 70 ppm.

Tableau 7–1 Estimations des réductions potentielles des émissions de gaz à effet de serre en 2010 et en 2020 (GTIII RID Tableau RID–1).

Secteur	*Emissions historiques en 1990 [Mt C_{eq} an^{-1}]*	*Taux de croissance annuel C_{eq} historique entre 1990 et 1995 [%]*	*Réductions potentielles des émissions en 2010 [Mt C_{eq} an^{-1}]*	*Réductions potentielles des émissions en 2020 [Mt C_{eq} an^{-1}]*	*Coûts nets directs par tonne de carbone prévenue*
Bâtiments[a] CO_2 uniquement	1 650	1,0	700–750	1 000–1 100	La plupart des réductions peuvent être obtenues à des coûts nets directs négatifs.
Transport CO_2 uniquement	1 080	2,4	100–300	300–700	La plupart des études indiquent des coûts nets directs inférieurs à 25 dollars américains par t C, mais deux études indiquent des coûts nets directs supérieurs à 50 dollars américains par t C.
Industrie CO_2 uniquement - Efficacité énergétique - Efficacité matérielle	2 300	0,4	300–500 ~200	700–900 ~600	Plus de la moitié des réductions peuvent être obtenues à des coûts nets directs négatifs. Les coûts sont incertains.
Industrie Gaz sans CO_2	170		~100	~100	Les coûts des réductions des émissions de N_2O sont de 0 à 10 dollars américains par t C_{eq}.
Agriculture[b] CO2 uniquement Gaz sans CO_2	210 1 250–2 800	s/o	150–300	350–750	La plupart des réductions coûteront entre 0 à 100 dollars américains par t C_{eq}, avec quelques possibilités d'options à coûts nets directs négatifs.
Déchets[b] CH_4 uniquement	240	1,0	~200	~200	Environ 75 % des économies par récupération du CH_4 des décharges à des coûts nets directs négatifs ; 25 % à un coût de 20 dollars américains par t C_{eq}.
Applications de substitution conformément au Protocole de Montréal Gaz sans CO_2	0	n/d	~100	n/d	Environ la moitié des réductions résulte des différences entre les valeurs de référence de l'étude et les valeurs de référence du RSSE. L'autre moitié des réductions est réalisable à des coûts nets directs inférieurs à 200 dollars américains par t C_{eq}.
Approvisionnement et changement des sources énergétiques[c] CO_2 uniquement	(1 620)	1,5	50–150	350–700	Il existe quelques options à coûts nets directs négatifs ; un grand nombre d'options sont réalisables pour moins de 100 dollars américains par t C_{eq}.
Total	6 900–8 400[d]		1 900–2 600[e]	3 600–5 050[e]	

[a] Bâtiments inclut les appareils, les bâtiments et le gros œuvre.

[b] La fourchette pour l'agriculture est due principalement aux incertitudes importantes concernant le CH_4, N_2O, et les émissions de CO_2 d'origine terrestre. Le secteur des déchets est dominé par les décharges produisant du méthane ; les autres secteurs peuvent être estimés avec plus de précision car ils sont dominés par le CO_2 des combustibles fossiles.

[c] Inclus dans les valeurs du secteur ci-dessus. Les réductions incluent uniquement les options génératrices d'électricité (changement de combustible : passage au gaz/combustible nucléaire, piégeage et stockage du CO_2, amélioration de l'efficacité des centrales, et énergies renouvelables).

[d] Le total inclut tous les secteurs examinés dans le TRE GTIII Chapitre 3 pour les six gaz. Il n'inclut pas les sources de CO_2 non liées à l'énergie (production de ciment, 160 Mt C ; torchères de gaz, 60 Mt C ; et changements d'affectation des terres, 600–1 400 Mt C) et l'énergie utilisée pour le passage à d'autres combustibles dans le secteur d'utilisation finale s'élève à (630 Mt C). Si l'on y ajoute le raffinage du pétrole et le gaz des fours à coke, les émissions annuelles mondiales de CO_2 pour 1990, soit 7 100 Mt C, augmenteraient de 12 %. On notera que les émissions par les forêts et les options de piégeage du carbone ne sont pas incluses.

[e] Les scénarios de référence du RSSE (pour les six gaz inclus dans le Protocole de Kyoto) prévoient une fourchette d'émissions de 11 500 à 14 000 Mt C_{eq} pour 2010, et de 12 000 à 16 000 Mt C_{eq} pour 2020. Les estimations de réduction des émissions sont les plus compatibles avec les tendances d'émissions de référence dans le scénario B2 du RSSE. Les réductions potentielles tiennent compte de la rotation normale du capital. Elles ne sont pas limitées aux options rentables, mais excluent des options dont les coûts sont supérieurs à 100 dollars américains t C_{eq} (sauf pour les gaz du Protocole de Montréal) ou des options qui ne seront pas adoptées par la mise en œuvre de politiques généralement acceptées.

Tableau 7–2 Estimations des réductions potentielles des émissions de gaz à effet de serre en 2010 : affectation des terres, changements d'affectation des terres, et foresterie.

Catégories d'options d'atténuation	*Réductions potentielles des émissions en 2010 [Mt Can^{-1}]*	*Réductions potentielles des émissions [Mt C]*	
Boisement/reboisement (B)[a]	197–584		Inclut le carbone dans la biomasse de surface et souterraine. Exclut le carbone dans les sols et la matière organique morte.
Diminution du déboisement (D)[b]		1 788	Le potentiel concernant la diminution du déboisement est très incertain pour les tropiques et pourrait avoir un facteur d'erreur de ± 50 %.
Amélioration de la gestion d'une affectation des terres (AG)[c]	570		Supposé être le meilleur ensemble de pratiques de gestion disponible pour chaque affectation des terres et chaque zone climatique.
Changement d'affectation des terres (CA)[c]	435		
Total	1 202–1 589	1 788	

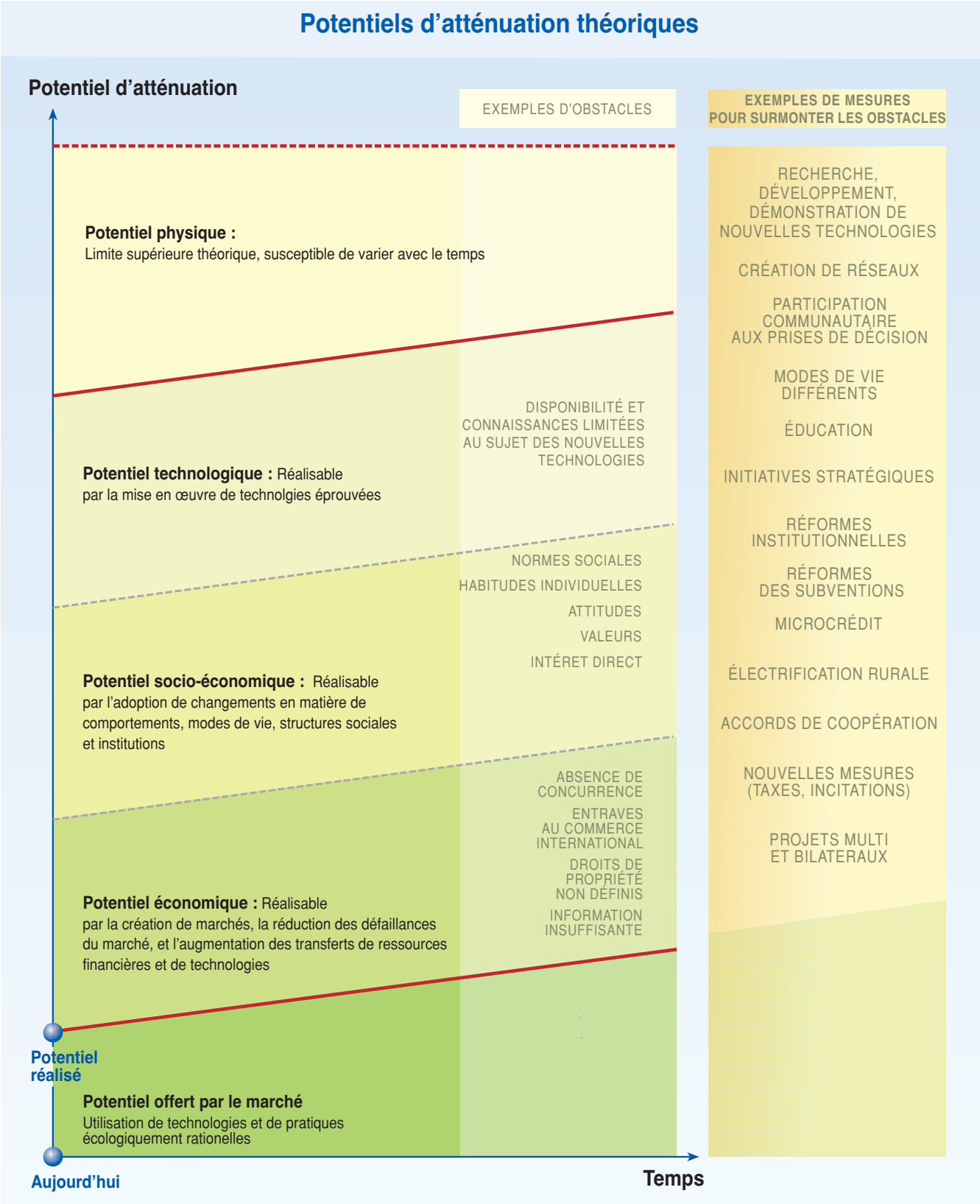
[a] Source : RSUTCATF Tableau RID–3. Basé sur un scénario définitionnel du GIEC. Il n'y a pas d'informations disponibles pour d'autres scénarios définitionnels. Le potentiel se rapporte à la fourchette d'estimations des changements de stocks moyens comptabilisés pour la période 2008–2012 (Mt Can^{-1}).
[b] Source : RSUTCATF Tableau RID–3. Basé sur un scénario définitionnel du GIEC. Il n'y a pas d'informations disponibles pour d'autres scénarios définitionnels. Le potentiel se rapporte aux estimations des changements de stocks moyens (Mt C).
[c] Source : RSUTCATF Tableau RID–4. Le potentiel se rapporte aux estimations des changements nets des stocks de carbone en 2010 (Mt Can^{-1}). La liste d'activités n'est ni exclusive, ni complète, et il est peu probable que tous les pays mettent en œuvre toutes les activités. Certaines de ces estimations reflètent des incertitudes considérables.

de construction à forte consommation d'énergie, et biomasse pour combustibles fossiles, par exemple). La préservation des bassins de carbone menacés peut contribuer à la prévention des émissions, à condition de prévenir les fuites, et ne peut être durable qu'à condition d'éliminer les moteurs socio-économiques du déboisement et autres facteurs d'appauvrissement des bassins de carbone. Le piégeage du carbone reflète les facteurs biologiques dynamiques de la croissance, débutant souvent lentement, culminant, puis déclinant pendant des décennies, voire des siècles. Le potentiel mondial des options d'atténuation biologique serait de l'ordre de 100 Gt C (cumulatif) en 2050, soit environ 10 à 20 % des émissions de combustibles fossiles prévues pendant cette période, bien que ces estimations soient entachées de beaucoup d'incertitudes. L'exploitation de ce potentiel dépend de la disponibilité des terres et de l'eau, ainsi que du rythme de l'adoption des méthodes de gestion des terres. Les régions subtropicales et tropicales offrent le plus important potentiel biologique pour l'atténuation du carbone atmosphérique.

7.5 L'adoption d'opportunités, notamment des technologies et des mesures réduisant les gaz à effet de serre, exigera peut-être l'élimination de certains obstacles par la mise en œuvre de mesures d'intervention.

GTIII TRE Sections 1.5 & 5.3–5

7.6 **La réussite de la mise en œuvre des options d'atténuation relatives aux gaz à effet de serre exigera l'élimination des obstacles techniques, économiques, politiques, culturels, sociaux, comportementaux et/ou institutionnels qui préviennent l'exploitation totale des possibilités technologiques, économiques et sociales de ces options (voir Figure 7–1)**. Les possibilités d'atténuation et les types d'obstacles varient selon les régions et les secteurs, et dans le temps, en raison des variations importantes de la capacité d'atténuation. Un financement innovateur, des politiques d'apprentissage et d'innovation sociaux, des réformes institutionnelles, l'élimination des obstacles au commerce, et l'élimination de la pauvreté auraient des effets positifs pour la plupart des pays. Ceci est dû aux différences significatives de la capacité d'atténuation. Quel que soit le pays, les populations déshéritées seront peu à même d'adopter des technologies ou de modifier leur comportement social, en particulier si elles ne font pas partie d'une économie



GTIII TRE Section 5.2

Figure 7–1 : Pénétration des technologies (et des pratiques) écologiquement rationnelles : cadre théorique. La réalisation des potentiels est confrontée à divers obstacles. Ces obstacles peuvent être surmontés par le biais de projets, de programmes et de moyens financiers innovateurs. Une mesure d'intervention peut permettre de surmonter plusieurs obstacles. Des mesures peuvent être prises pour surmonter des obstacles à tous les niveaux, simultanément. Leur mise en œuvre peut nécessiter des politiques, des mesures et des instruments généraux. Le potentiel socio-économique peut se situer n'importe où, entre le potentiel économique et le potentiel technologique.

monétaire. Un financement innovateur, des réformes institutionnelles et l'élimination des obstacles au commerce, auraient des effets positifs pour la plupart des pays. Dans les pays industrialisés, ces possibilités existent principalement au niveau de l'élimination des obstacles sociaux et comportementaux ; dans les pays aux économies en transition, au niveau de la rationalisation des prix ; et dans les pays en développement, à celui de la rationalisation des prix, d'un meilleur accès aux données et à l'information, à l'existence de technologies de pointe et de ressources financières, et au renforcement de la formation et des capacités. Mais, quel que soit le pays, l'élimination d'un ensemble d'obstacles générera probablement de nouvelles opportunités.

7.7 **Les réponses nationales aux changements climatiques peuvent être plus efficaces si elles s'intègrent dans un ensemble de mesures d'intervention visant à limiter ou réduire les émissions nettes de gaz à effet de serre.** Cet ensemble peut inclure — selon les circonstances propres à chaque pays — des taxes sur les émissions/le carbone/l'énergie, des droits d'émission échangeables ou non, des politiques sur l'affectation des terres, l'attribution et/ou la suppression de subventions, des systèmes de caution/remboursement, des normes techniques ou sur les produits, des exigences d'énergie mixte, des interdictions de produits, des accords volontaires, des dépenses et investissements gouvernementaux, et l'aide à la recherche et au développement. En général, la littérature n'accorde pas de place préférentielle à une mesure en particulier.

GTIII TRE Sections 1.5.3, 5.3–4, & 6.2

7.8 **Des mesures coordonnées entre les pays et les secteurs peuvent permettre de diminuer les coûts d'atténuation, en répondant aux inquiétudes concernant la compétitivité, les conflits potentiels avec la réglementation du commerce international, et les fuites de carbone. Un groupe de pays soucieux de limiter ses émissions collectives de gaz à effet de serre pourrait convenir de mettre en œuvre des mesures internationales bien conçues.** Les mesures évaluées dans le TRE du GTIII, et développées dans le Protocole de Kyoto, sont les échanges de droits d'émissions, la Mise en œuvre conjointe (MEC), et le Mécanisme de développement propre (CDM). Parmi les autres mesures évaluées dans le TRE du GTIII figurent des taxes sur les émissions/le carbone/l'énergie coordonnées ou harmonisées, une taxe sur les émissions/le carbone/l'énergie, des normes sur les techniques et les produits, des accords volontaires avec les industries, des transferts directs de ressources financières et technologiques, et l'établissement coordonné de conditions incitatives, telles que la réduction des subventions sur les combustibles fossiles. A ce jour, certaines de ces mesures n'ont été envisagées que dans quelques régions.

GTIII TRE Sections 6.3-4 & 10.2

7.9 **Le transfert de technologies entre les pays et les régions étendrait l'éventail d'options au niveau régional, et les économies d'échelle et d'apprentissage diminueraient les coûts de leur adoption.**

7.10 **Une capacité humaine et organisationnelle appropriée à chaque stade peut augmenter le nombre et améliorer la qualité des technologies transférées dans les pays et entre eux.** A l'heure actuelle, on s'accorde à penser que le transfert de technologies écologiquement rationnelles est un facteur clé des stratégies mondiales visant à promouvoir un développement durable et atténuer les changements climatiques. L'existence de compétences locales en matière de technologie, commerce, gestion et réglementation peut faciliter les mouvements de capitaux internationaux, et contribuer au développement des transferts de technologies. Les compétences techniques ne peuvent que bénéficier de l'existence de compétences en matière de services connexes, savoir-faire organisationnel, et amélioration des capacités d'établissement et d'application des réglementations. Le renforcement des capacités est un processus continu qui doit suivre l'évolution des options d'atténuation, lesquelles reflètent l'évolution technologique et sociale.

GTIII TRE Sections 2.4.5 & 10.3.3, & RSTT RID

7.11 **Grâce à des politiques économiques et des cadres de réglementation rationnels, à la transparence et à la stabilité politique, les gouvernements**

GTIII TRE Section 10.3.3 & RSTT RID

peuvent créer un environnement qui facilite les transferts de technologies dans les secteurs publics et privés. A l'échelle macro-économique, les mesures suivantes peuvent être utiles : réforme du système judiciaire, protection des droits de propriété intellectuelle, marchés ouverts et compétitifs, diminution de la corruption, dissuasion des pratiques commerciales restrictives, réforme du crédit à l'exportation, assurances contre les risques politiques, réduction de l'aide conditionnelle, développement d'infrastructures physiques et de communications, et amélioration de la stabilité macro-économique. Au niveau des secteurs et des projets, ces mesures pourraient inclure la rationalisation du prix des carburants et de l'électricité, la réforme institutionnelle de l'industrie énergétique, l'amélioration du régime foncier, la transparence des procédures d'approbation de projets, l'évaluation des besoins technologiques locaux et des incidences sociales des technologies, une recherche et développement entre les pays sur des technologies innovatrices, et des programmes de démonstration.

GTIII TRE Section 10.3.3 & RSTT RID

7.12 **L'efficacité des transferts de technologies exige un travail en réseau entre les intervenants des secteurs privés et publics et la concentration sur des produits et des techniques offrant de nombreux bénéfices accessoires, qui répondent ou s'adaptent aux besoins et priorités de développement local.** Ceci peut être obtenu grâce à des systèmes d'innovation nationaux (SIN) basés sur des activités telles que (a) le renforcement des établissements d'enseignement ; (b) la collecte, l'évaluation et la diffusion d'informations techniques, commerciales, financières et juridiques ; (c) l'évaluation des technologies, des projets de démonstration, et des services d'extension ; (d) l'aide aux organisations intermédiaires du marché ; et (e) des mécanismes financiers innovateurs. Des échanges croissants en matière d'aide nationale et multilatérale peuvent faciliter la mobilisation et la multiplication de ressources financières supplémentaires, y compris l'aide au développement officielle, pour aider les activités des SIN.

7.13 **Une coopération internationale croissante entre les pays participants, telle que l'échange des droits d'émissions[14] et les transferts de technologies, diminuera les coûts d'atténuation.**

7.14 Beaucoup d'études descendantes et ascendantes (voir Encadré 7–1 pour les définitions) indiquent les coûts de l'atténuation des émissions de gaz à effet de serre. Les estimations des coûts de la réduction des émissions de gaz à effet de serre résultant des combustibles fossiles varient sensiblement, selon les méthodologies utilisées, les hypothèses sous-jacentes, les scénarios d'émissions, les mesures d'intervention, l'année étudiée et d'autres facteurs.

GTIII TRE Sections 1.5, 3.3–8, 5.3–4, & 6.2

7.15 **Des études ascendantes mettent en évidence l'existence d'opportunités considérables peu coûteuses pour réduire les coûts d'atténuation.** Selon des évaluations ascendantes (voir Encadré 7–1) de technologies et de secteurs spécifiques, la moitié des réductions d'émissions possibles indiquées au Tableau 7–1 pourraient être obtenues d'ici 2020 avec des bénéfices directs supérieurs aux coûts directs, et la moitié pour un coût direct net pouvant atteindre 100 dollars américains par t C_{eq} (aux prix 1998). Cependant, pour les raisons décrites ci-après, les réductions obtenues pourront être différentes. Ces estimations de coûts sont calculées à partir de taux d'actualisation de l'ordre de 5 à 12 %, cohérents avec les taux d'actualisation du secteur public. Les taux de rentabilité privés varient considérablement et sont souvent bien plus élevés, influant sur le rythme d'adoption des ces technologies par des entités privées. En fonction du scénario d'émissions, les émissions mondiales pourraient être réduites jusqu'aux niveaux de 2000 en

[14] Cette méthode axée sur le marché pour la réalisation des objectifs environnementaux permet, dans le cas de réductions d'émissions de gaz à effet de serre supérieures aux émissions nécessaires, d'utiliser ou d'échanger les réductions excédentaires pour compenser les émissions d'autres sources intérieures ou extérieures au pays. Ce terme est utilisé ici au sens général afin d'inclure les échanges des droits d'émissions, et la collaboration dans le cadre de projets.

Encadré 7-1 Etudes ascendantes et descendantes des estimations de coûts : facteurs critiques et importance des incertitudes

GTIII TRE Sections 3.3–8, 7.6.3, 8.2–3, & 9.4 & GTIII TRE Encadré RID–2

Pour diverses raisons, les estimations quantitatives spécifiques des coûts d'atténuation présentent des différences et des incertitudes importantes. Les estimations de coûts varient en raison (a) de la méthodologie utilisée dans l'analyse, et (b) des facteurs et des hypothèses sous-jacents intégrés dans l'analyse. Les modèles ascendants incluent des études détaillées des coûts de conception d'un large éventail de technologies déjà utilisées ou prévues, et décrivent la consommation énergétique de façon détaillée. Cependant, en général, ils incluent relativement peu d'informations sur le comportement des consommateurs pour les produits autres que l'énergie et sur les interactions avec d'autres secteurs économiques. Les coûts estimés par les modèles ascendants peuvent aller de valeurs négatives (en raison de l'adoption d'options « sans regrets ») à des valeurs positives. Les coûts négatifs signifient que les bénéfices énergétiques directs d'une option d'atténuation sont supérieurs à ses coûts directs (coûts d'investissements directs, d'exploitation et de maintenance). Cependant, les obstacles commerciaux et institutionnels peuvent prévenir, retarder ou rendre plus coûteuse l'adoption de ces options. Les coûts de mise en œuvre et des mesures d'intervention viendraient s'ajouter aux coûts estimés par les modèles ascendants.

Les modèles descendants sont des modèles globaux de l'économie qui utilisent souvent l'analyse rétrospective des tendances et des relations pour prévoir les interactions à grande échelle entre les divers secteurs économiques, en particulier entre le secteur énergétique et le reste de l'économie. En général, les modèles descendants prennent en compte la consommation d'énergie et l'évolution technologique de façon relativement peu détaillée. Les coûts estimés par ces modèles se situent généralement entre des valeurs nulles et des valeurs positives. Les options de coûts négatifs estimés dans les modèles ascendants sont supposées être adoptés dans les scénarios de référence et de mesures d'intervention, ce qui est un facteur important pour les différences entre les estimations fournies par ces deux types de modèles.

L'inclusion de certains facteurs aura pour résultat des estimations faibles, et celle d'autres facteurs des estimations plus élevées. Des estimations de coûts plus faibles peuvent être dues à l'inclusion de plusieurs gaz à effet de serre, de puits, de changements d'origine technique, et des échanges des droits d'émission. De plus, des études montrent que certaines sources d'émissions de gaz à effet de serre peuvent être limitées pour un coût social nul ou négatif, de sorte que les politiques peuvent exploiter des possibilités « sans regrets » du type rectification des imperfections du marché, inclusion des bénéfices accessoires et recyclage efficace des recettes fiscales. Les coûts d'atténuation peuvent être réduits par une coopération internationale facilitant des réductions d'émissions efficaces. Par ailleurs, la prise en compte des risques de chocs macro-économiques à court terme sur l'économie, des contraintes sur l'utilisation des mécanismes économiques nationaux et internationaux, des coûts de transaction élevés, de l'inclusion des coûts accessoires, et du recyclage inefficace des recettes fiscales peut augmenter les estimations de coûts. Étant donné qu'aucune analyse n'inclut tous les facteurs pertinents affectant les coûts d'atténuation, les estimations de ces coûts ne reflètent pas nécessairement les coûts réels de la mise en œuvre des mesures d'atténuation.

2010–2020, à ces coûts directs nets. L'obtention de ces réductions génère des coûts de mise en œuvre supplémentaires, dont certains peuvent être considérables, et exige des politiques de soutien, une recherche et un développement plus importants, un transfert de technologies efficace, et l'élimination d'autres obstacles. Les diverses études mondiales, régionales, et sectorielles et les études de projets évaluées dans le TRE du GTIII ont des portées et des hypothèses différentes. Il n'existe pas d'études pour chaque secteur et chaque région.

GTIII TRE Sections 4.3–4

7.16 **Les estimations de coûts obtenues à partir d'analyses ascendantes et concernant l'atténuation biologique varient considérablement et ne sont pas toujours cohérentes quant aux composants significatifs des coûts.** Les estimations de coûts obtenues à partir d'analyses ascendantes et concernant l'atténuation biologique varient considérablement, entre 0,1 dollar américain et 20 dollars américains par t C dans plusieurs pays tropicaux, et entre 20 dollars américains et 100 dollars américains par t C dans les pays non tropicaux. Les analyses financières et de comptabilisation du carbone font appel à des méthodes non comparables. De plus, dans bien des cas, les calculs des coûts n'incluent pas, entre autres, les infrastructures, l'actualisation appropriée, la surveillance, la collecte des données et les coûts de mise en œuvre, les coûts de substitution des terres et de la maintenance, ou d'autres dépenses

récurrentes qui sont souvent exclues ou ignorées. Selon les estimations, la partie inférieure de la fourchette tend vers une sous-estimation, mais la compréhension et l'analyse des coûts s'améliorent avec le temps. Des options d'atténuation biologique pourront réduire ou augmenter les émissions de gaz à effet de serre sans CO_2.

GTIII TRE Sections 8.2–3

7.17 **Les prévisions des coûts de réduction des options de politiques à court terme mises en œuvre sans échange de droits d'émissions Annexe B en vue d'un objectif d'émissions de CO_2 à court terme donné, comme indiqué par plusieurs modèles[15] de l'économie mondiale (modèles descendants) varient au sein des régions (comme indiqué par les lignes marron de la Figure 7–2a pour les régions visées à l'Annexe II et sur le Tableau 7–3a).** La différentiation entre les modèles au sein des régions résulte des diverses hypothèses au sujet de la future croissance du PIB et des variations de l'intensité énergétique et du carbone (voies de développement socio-économiques différentes). Il en est de même pour les différences entre les régions. Ces modèles supposent que les instruments de politique nationaux sont efficaces et cohérents par rapport aux instruments de politique internationaux, c'est-à-dire, qu'ils supposent l'obtention de réductions par le biais des mécanismes du marché (plafonds et échanges) dans chaque région. Étant donné que les régions utilisent un ensemble varié de mécanismes du marché et de mesures de réglementation et de contrôle, les coûts seront probablement plus élevés. D'un autre côté, l'inclusion des puits de carbone, des gaz à effet de serre sans CO_2 et des changements technologiques induits, les bénéfices accessoires ou le recyclage ciblé des recettes fiscales pourraient réduire les coûts.

GTIII TRE Sections RT 8.3, 7.3, 8.3, 9.2, & 10.2

7.18 **Les modèles utilisés dans l'étude susmentionnée montrent que les mécanismes de Kyoto sont importants pour le contrôle des risques de coûts élevés dans des pays donnés, et pourraient être complémentaires aux mesures d'intervention nationales et limiter les risques d'incidences internationales nuisant à l'équité.** A la Figure 7–2b et au Tableau 7–3b, par exemple, les lignes marron et bleues montrent que les coûts marginaux nationaux pour la réalisation des objectifs de Kyoto se situent entre 20 dollars américains et 600 dollars américains par t C sans échanges des droits d'émission par les pays visés à l'Annexe B, et entre 15 dollars américains et 150 dollars américains par t C avec échanges des droits d'émissions par les pays visés à l'Annexe B. Lorsque ces études ont été effectuées, la plupart des modèles n'incluaient pas les puits, les gaz à effet de serre sans CO_2, le Mécanisme de développement propre (CDM), les options à coûts négatifs, les bénéfices accessoires ou un recyclage ciblé des recettes fiscales, qui contribueront tous à réduire ces estimations. Cependant, ces modèles utilisent des hypothèses qui sous-estiment les coûts car ils supposent une utilisation optimale des échanges de droits d'émissions sans coûts de transactions, dans les pays visés à l'Annexe B et entre eux, ainsi qu'une efficacité optimale des réponses d'atténuation et un début d'ajustement économique pour la réalisation des objectifs de Kyoto entre 1990 et 2000. Les réductions de coûts obtenues par les pays visés à l'Annexe B dépendront de la structure de la mise en œuvre, notamment de la compatibilité des mécanismes nationaux et internationaux, des contrôles et des coûts de transaction. Les données suivantes sont typiques des variations du changement du PIB obtenues pour les pays visés à l'Annexe B :

- *Pour les pays visés à l'Annexe II, les études de modélisation susmentionnées indiquent des réductions du PIB, par rapport aux niveaux prévus pour 2010.* La Figure 7–2 indique que, sans échanges des droits d'émissions par les pays visés à l'Annexe B, les pertes sont de l'ordre de 0,2 à 2 % du PIB. Avec échanges des droits d'émissions, ces pertes se situent entre 0,1 et 1 % du PIB. Des études nationales, qui examinent un ensemble plus varié de mesures d'intervention et tiennent compte des circonstances nationales spécifiques, varient encore plus.

[15] Les modèles susmentionnés donnent des résultats pour les scénarios d'une étude forum de modélisation sur l'énergie examinant les bénéfices des échanges des droits d'émissions. Pour les analyses mentionnées ici, ces modèles n'incluent pas les puits, les mélanges de gaz, les bénéfices accessoires, les chocs macro-économiques, et les changements techniques induits, mais incluent le recyclage des recettes fiscales. La référence du modèle inclut les options sans regrets, qui ne sont pas indiquées ci-dessus.

- *Pour la majorité des pays aux économies en transition, les effets sur le PIB vont d'une augmentation négligeable à une augmentation de plusieurs pour cent, reflétant les opportunités d'amélioration de l'efficacité énergétique dont ne bénéficient pas les pays visés à l'Annexe II.* Dans le cas d'améliorations drastiques de l'efficacité énergétique et/ou de récessions économiques prolongées dans certains pays, les quantités attribuées pourraient être supérieures aux quantités prévues pour la première période d'engagement. Dans ce cas, les modèles indiquent une hausse du PIB en raison des revenus provenant des échanges de quantités attribuées. Mais pour certaines économies en transition, la mise en œuvre du Protocole de Kyoto aura des répercussions similaires sur le PIB que pour les pays visés à l'Annexe II.

GTIII TRE Sections 8.3.2 & 9.3.1–2

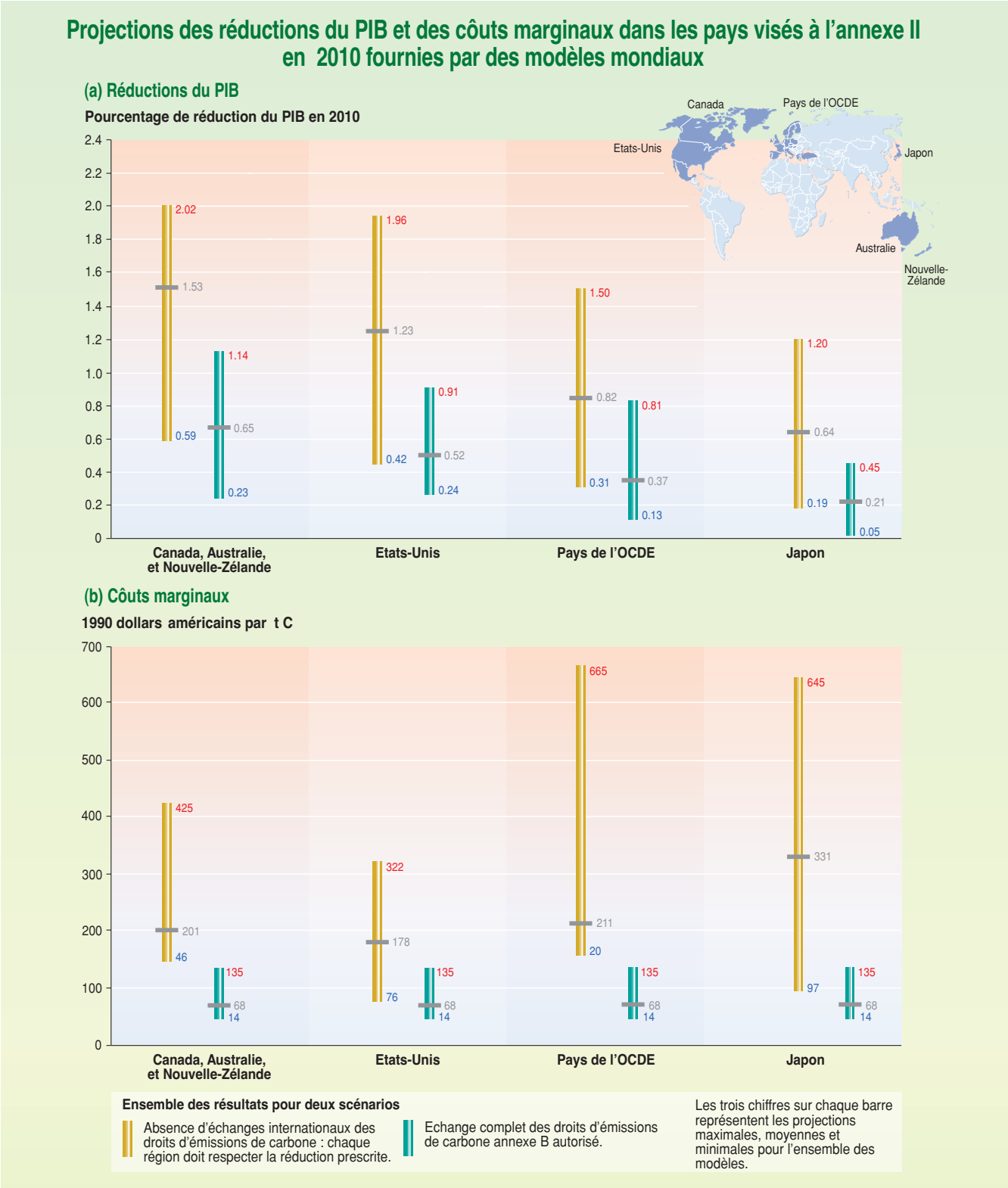
7.19 **Les contrôles des émissions dans les pays visés à l'Annexe I entraînent des effets de « réaction en chaîne »[16], bien établis, mais variés, sur les pays non visés à l'Annexe I.**

- *Pays exportateurs de pétrole, non visés à l'Annexe I : Les analyses présentent les coûts différemment, y compris, entre autres, des réductions du PIB prévu et des réductions des revenus du pétrole prévus.* L'étude contenant les coûts les plus faibles indique des réductions de 0,2 % du PIB prévu, sans échanges des droits d'émissions, et moins de 0,05 % du PIB prévu, avec échanges des droits d'émissions Annexe B en 2010[17]. L'étude contenant les coûts les plus élevés indique des réductions de 25 % des revenus du pétrole prévus, sans échanges des droits d'émissions, et 13 % des revenus de pétrole prévus, avec échanges des droits d'émissions Annexe B en 2010 (voir Tableau 7–3c). A l'exception des échanges des droits d'émissions Annexe B, ces études ne tiennent pas compte des politiques et des mesures[18] susceptibles d'atténuer les incidences sur les pays exportateurs de pétrole non visés à l'Annexe I, et, par conséquent, tendent à surestimer les coûts pour ces pays, ainsi que les coûts d'ensemble. Ces incidences peuvent être encore réduites par la suppression des subventions pour les combustibles fossiles, la restructuration des taxes sur l'énergie en fonction de la teneur en carbone, l'utilisation accrue du gaz naturel, et la diversification des économies des pays exportateurs de pétrole non visés à l'Annexe I.
- *Autres pays non visés à l'Annexe I : Ceux-ci peuvent être affectés négativement par des réductions de la demande d'exportation vers les pays de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) et par l'augmentation du prix des produits à forte teneur en carbone et d'autres produits qu'ils continuent d'importer. Ils peuvent bénéficier des réductions des prix des combustibles, de l'augmentation des exportations de produits à forte teneur en carbone, et du transfert de technologies et de savoir-faire écologiquement rationnels.* Le solde net pour un pays donné dépend du facteur dominant parmi ces facteurs. En raison de ces complexités, il est difficile de dire avec certitude qui est gagnant ou qui est perdant.
- *Fuites de carbone : Étant donné la possibilité de réimplantation de certaines industries fortes consommatrices de carbone dans des pays non visés à l'Annexe I, et les répercussions plus étendues de l'évolution des prix sur les échanges commerciaux,*

[16] Ces effets de « réaction en chaîne » incluent uniquement les effets économiques, et non pas les effets environnementaux.

[17] Ces estimations de coûts peuvent être exprimées sous forme de différences des taux de croissance du PIB pour la période 2000–2010. Sans échanges des droits d'émissions, le taux de croissance du PIB diminue de 0,02 points de pourcentage par an ; avec échanges des droits d'émissions Annexe B, le taux de croissance diminue de moins de 0,005 points de pourcentage par an.

[18] Ces politiques et ces mesures incluent celles pour les gaz sans CO_2 et les sources de tous les gaz non liées à l'énergie ; les compensations par les puits, la restructuration industrielle (passage de producteur d'énergie à fournisseur de services énergétiques, par exemple) ; l'utilisation de la puissance commerciale de l'Organisation des pays exportateurs de pétrole (Opep) ; et des mesures (par les Parties visées à l'Annexe B, par exemple) liées au financement, à l'assurance et au transfert de technologies. Par ailleurs, en règle générale, les études n'incluent pas les mesures d'intervention et effets suivants susceptibles de réduire le coût total de l'atténuation : utilisation des recettes fiscales pour réduire la charge fiscale ou financer d'autres mesures d'atténuation ; bénéfices environnementaux accessoires de la réduction de l'utilisation des combustibles fossiles ; et changements techniques induits résultant des politiques d'atténuation.



GTIII TRE Sections 8.3.1 & 10.4.4

Figure 7–2 : Projections des réductions du PIB et des coûts marginaux dans les pays visés à l'Annexe II en 2010 fournies par des modèles mondiaux : (a) Réductions du PIB et (b) coûts marginaux. Les réductions du PIB prévues sont pour 2010, par rapport au PIB de référence des modèles. Ces estimations sont basées sur les résultats d'une étude forum de modélisation sur l'énergie. Les projections illustrées concernent quatre régions qui constituent l'Annexe II. Les modèles ont examiné deux scénarios. Dans le premier, chaque région effectue la réduction prescrite avec uniquement des échanges domestiques des droits d'émissions de carbone. Dans le second, les échanges des droits d'émissions Annexe B sont autorisés et par conséquent, les coûts marginaux sont les mêmes pour toutes les régions. Pour chaque cas ou région, les valeurs maximales, moyennes et minimales des coûts marginaux estimés pour tous les modèles sont indiquées. Pour les facteurs clés, hypothèses et incertitudes sous-jacentes aux études, voir Encadré 7–1.

les fuites de carbone pourraient atteindre 5 à 20 %[19] . En raison des exemptions (pour les industries fortes consommatrices d'énergie, par exemple), les estimations de fuites de carbone les plus élevées sont peu probables, mais les coûts mondiaux augmenteraient. Le transfert de technologies et de savoir-faire écologiquement rationnels, non inclus dans les modèles, pourrait entraîner une diminution des fuites et, en particulier à long terme, pourrait largement compenser les fuites.

GTIII TRE Sections 5.3–5, 7.3.3, 8.2.2, 8.2.4, 9.2.1–2, 9.2.4, 9.2.8, & 10.4

7.20 **Certaines sources d'émissions de gaz à effet de serre peuvent être limitées pour un coût social net nul ou négatif, de sorte que les politiques peuvent exploiter des possibilités « sans regrets » de type rectification des imperfections du marché, inclusion des bénéfices accessoires (voir Question 8) et recyclage des recettes fiscales pour financer des réductions des taxes génératrices de distorsions (« double dividende »).**

- *Imperfections du marché :* La réduction des défaillances institutionnelles ou du marché existantes et d'autres obstacles à l'adoption de mesures de réduction d'émissions rentables peut diminuer les coûts privés par rapport aux pratiques actuelles. Elle peut également réduire les coûts privés au plan général.
- *Bénéfices accessoires :* Les mesures d'atténuation des changements climatiques auront des effets sur d'autres problèmes sociétaux. Dans de nombreuses instances, la réduction des émissions de carbone, par exemple, réduira également la pollution atmosphérique locale et régionale. Il est probable que les stratégies d'atténuation auront également des incidences sur les transports, l'agriculture, les pratiques d'affectation des terres, et la gestion des déchets, ainsi que sur d'autres questions d'ordre social, comme l'emploi, ou la sécurité énergétique. Mais ces effets ne seront pas tous positifs ; une conception et un choix judicieux des mesures d'intervention seront davantage garants d'effets positifs, et limiteront les effets négatifs. Dans certains cas, l'importance des bénéfices accessoires de l'atténuation peut être comparable aux coûts des mesures d'atténuation, et vient s'ajouter au potentiel « sans regrets », bien qu'il soit difficile de faire des estimations et que celles-ci varient considérablement.
- *Double dividende :* Les instruments (tels que les taxes, ou la vente ou l'achat des droits d'émissions) fournissent des revenus aux gouvernements. Si ces revenus sont utilisés pour financer la diminution des taxes génératrices de distorsions (« recyclage des revenus »), ils réduisent le coût économique de la mise en œuvre des réductions de gaz à effet de serre. L'importance de cette compensation dépend de la structure fiscale en place, du type de réductions d'impôts, des conditions du marché du travail, et des méthodes de recyclage. Dans certains cas, les bénéfices économiques peuvent dépasser les coûts d'atténuation.

Potentiel, obstacles, opportunités, politiques et coûts de la stabilisation des concentrations atmosphériques des gaz à effet de serre à long terme.

7.21 **Le coût de la stabilisation dépend à la fois de l'objectif et du chemin temporel des émissions.**

GTIII TRE Sections 2.3.2, 2.4.5, 2.5.1–2, 3.5, & 8.4, & GTIII TRE Chapitre 3 Annexe

7.22 **Il n'y a pas de voie unique conduisant à un avenir caractérisé par de faibles émissions, et chaque pays et chaque région devra choisir sa propre voie. La plupart des modèles indiquent que des options technologiques connues[20] permettraient d'obtenir une large fourchette de niveaux de**

[19] On entend ici par « fuites de carbone » l'augmentation des émissions dans les pays non visés à l'Annexe B en raison de la mise en œuvre des réductions dans les pays visés à l'Annexe B, exprimée sous forme de pourcentage des réductions de l'Annexe B.

[20] « Options technologiques connues » indique des technologies déjà opérationnelles ou dans des usines pilotes, comme indiqué dans les scénarios d'atténuation examinés dans le présent rapport. Elles n'incluent pas de nouvelles technologies qui nécessiteront des avancées technologiques considérables. On peut donc dire qu'il s'agit d'une estimation prudente, compte tenu de la longueur de la période couverte par le scénario.

Tableau 7–3 Résultats d'une comparaison entre les modèles fournie par une étude forum de modélisation sur l'énergie.[a]

(a) Pertes calculées (en tant que pourcentage du PIB total) pour divers régimes d'échanges concevables associés à l'observation des engagements de Kyoto dans les pays visés à l'Annexe B.

	Pas d'échanges				*Échanges Annexe 1*			
Modèle	***CANZ***	***Etats-Unis***	***OCDE Europe***	***Japon***	***CANZ***	***Etats-Unis***	***OCDE Europe***	***Japon***
ABARE-GTEM	1,96	1,96	0,94	0,72	0,23	0,47	0,13	0,05
AIM	0,59	0,45	0,31	0.25	0,36	0,31	0,17	0,13
CETA		1,93				0,67		
G-Cubed	1,83	0,42	1,50	0,57	0,72	0,24	0,61	0,45
GRAPE			0,81	0,19			0,81	0,10
MERGE3	2,02	1,06	0,99	0,80	1,14	0,51	0,47	0,19
MS-MRT	1,83	1,88	0,63	1,20	0,88	0,91	0,13	0,22
RICE	0,96	0,94	0,55	0,78	0,54	0,56	0,28	0,30

(b) Coûts marginaux de réduction (en 1990 dollars américains par t C ; objectif de Kyoto pour 2010).

Modèle	***CANZ***	***Etats-Unis***	***OCDE Europe***	***Japon***	***Échanges Annexe 1***
ABARE-GTEM	425	322	665	645	106
AIM	147	153	198	234	65
CETA		168			46
Fund					14
G-Cubed	157	76	227	97	53
GRAPE			204	304	70
MERGE3	250	264	218	500	135
MIT_EPPA	247	193	276	501	76
MS-MRT	213	236	179	402	77
RICE	145	132	159	251	62
SGM	201	188	407	357	84
WorldScan	46	85	20	122	20

(c) Coûts de la mise en œuvre du Protocole de Kyoto pour les pays exportateurs de pétrole selon divers modèles.[b]

Modèle[c]	***Avec échanges***[d]	***Avec échanges Annexe I***	***Avec « Échanges à l'échelle mondiale »***
G-Cubed	-25 % revenus du pétrole	-13 % revenus du pétrole	-7 % revenus du pétrole
GREEN	-3 % revenus réels	« perte beaucoup moins importante »	n/d
GTEM	0,2 % perte de PIB	< 0,05 % perte de PIB	n/d
MS-MRT	1,39 % perte de bien-être	1,15 % perte de bien être	0,36 % perte de bien-être
OPEC	-17 % revenus de l'Opep	-10 % revenus de l'Opep	-8 % revenus de l'Opep
CLIMOX	n/d	-10 % revenus de certains exportateurs de pétrole	n/d

[a] Tableau 7–3a dérivé du TRE GTIII Tableau RT-5, Tableau 7–3b du TRE GTIII Tableau RT–4, et Tableau 7–3c du TRE GTIII Tableau RT–6.
[b] La définition d'un pays exportateur de pétrole varie. Pour les modèles G-Cubed et OPEC, il s'agit des pays de l'Opep ; pour Green, d'un groupe de pays exportateurs de pétrole ; pour GTEM, du Mexique et de l'Indonésie ; pour MS-MRT, des pays de l'Opep plus le Mexique ; et pour Climox, des exportateurs de pétrole d'Asie occidentale et d'Afrique du Nord.
[c] Les modèles indiquent les incidences sur l'économie mondiale en 2010, avec atténuation conformément aux objectifs du Protocole de Kyoto (en général dans les modèles concernant l'atténuation des émissions de CO_2 d'ici 2010, plutôt que des émissions de gaz à effet de serre pour la période 2008–2012) obtenue en imposant une taxe sur le carbone ou des permis d'émissions aux enchères, avec recyclage des revenus par paiements forfaitaires aux consommateurs. Aucun bénéfice accessoire, tel que la réduction des dommages dus à la pollution atmosphérique locale, n'est pris en compte dans les résultats.
[d] « Échanges » indique des échanges des permis d'émissions entre les pays.
n/d = non disponible.

stabilisation du CO_2 atmosphérique, tels que 550 ppmv, 450 ppmv ou moins, au cours du siècle à venir ou au-delà, mais que la mise en œuvre exigerait des changements socio-économiques et institutionnels connexes. Les scénarios montrent qu'une très forte diminution des émissions mondiales de carbone par unité de PIB, par rapport aux niveaux de 1990, sera nécessaire pour atteindre ces niveaux de stabilisation. Pour le secteur crucial de l'énergie, la majorité des scénarios d'atténuation des gaz à effet de serre et de stabilisation des concentrations sont caractérisés par l'emploi de technologies efficaces pour l'utilisation et l'approvisionnement d'énergie, et d'énergie sans carbone ou à faible teneur en carbone. Mais aucune option technologique individuelle ne permettra d'obtenir la totalité des réductions d'émissions nécessaires à la stabilisation. Des options

de réduction dans des sources sans rapport avec l'énergie et des gaz à effet de serre sans CO_2 pourront contribuer de façon importante à la réduction des émissions.

GTIII TRE Section 10.3.3

7.23 **Le développement et la diffusion de nouvelles technologies compétitives au plan économique et écologiquement rationnelles peuvent diminuer sensiblement les coûts de la stabilisation des concentrations à un niveau donné.** De très nombreuses études ont examiné les implications du développement et de la diffusion technologiques sur les coûts engagés pour atteindre d'autres objectifs de stabilisation. Leur principale conclusion indique que la capacité de développement et de mise en œuvre de nouvelles technologies est cruciale pour le coût de l'atténuation des émissions. La valeur de la réussite de la diffusion technologique semble considérable et dépend de l'importance et de l'échelonnement dans le temps de l'atténuation des émissions, du scénario de référence théorique, et de la compétitivité économique de la technologie.

GTIII TRE Sections 2.3.2, 5.3.1, 8.4, & 10.4.2–3

7.24 **La voie vers la stabilisation peut être aussi importante que le niveau de stabilisation lui-même pour la détermination des coûts d'atténuation.** Selon des études de simulations économiques complétées depuis le DRE, une transition progressive à court terme entre le système énergétique mondial actuel et une économie avec moins d'émissions de carbone limite les coûts associés à la mise au rebut prématurée des biens d'équipement en service et permet d'attendre le développement technologique et de dépasser le stade initial des technologies à faible émissions qui évoluent rapidement. D'un autre côté, une action plus rapide à court terme augmenterait la flexibilité pour atteindre les objectifs de stabilisation, diminuerait les risques associés aux changements climatiques rapides, tout en réduisant les implications potentielles de l'inertie dans les systèmes climatiques et écologiques (voir Question 5). Elle pourrait également stimuler la mise en œuvre plus rapide des technologies à faibles émissions, et fournir de fortes incitations à court terme en vue d'une évolution technologique qui permettrait de s'éloigner des technologies à fortes teneurs en carbone. Elle conférerait aussi une flexibilité accrue pour la mise en place ultérieure d'objectifs plus rigoureux jugés souhaitables suite à l'évolution des connaissances scientifiques.

GTIII TRE Sections 2.5.2, 8.4.1, 8.4.3, & 10.4.6

7.25 **Des études de rentabilité portant sur cent ans estiment que les coûts d'atténuation pour la stabilisation des concentrations atmosphériques de CO_2 augmentent avec la diminution du niveau de stabilisation des concentrations. Des niveaux de référence différents peuvent avoir une influence considérable sur les coûts absolus.** On observe une augmentation modérée des coûts lorsqu'on passe d'un niveau de stabilisation de 750 à 550 ppmv, mais cette augmentation est plus grande lorsqu'on passe de 550 à 450 ppmv (voir Figure 7–3) sauf si les émissions dans le scénario de référence sont très faibles (voir Figure 7–4). Bien que les projections des modèles indiquent que les mesures d'atténuation n'influent pas sensiblement sur les voies de croissance mondiale du PIB à long terme, elles ne montrent pas les variations plus importantes qui se produisent sur des échelles temporelles plus courtes, et dans certains secteurs ou certaines régions. Ces études ne tiennent pas compte du piégeage du carbone, et n'examinent pas les effets éventuels d'objectifs plus ambitieux sur les changements technologiques induits. Les coûts associés à chaque niveau de concentration dépendent de nombreux facteurs, dont le taux d'actualisation, l'échelonnement dans le temps des réductions d'émissions, les politiques et mesures employées, et en particulier le choix du scénario de référence. Dans le cas de scénarios axés principalement sur un développement local ou régional durable, les coûts totaux de la stabilisation à un niveau donné sont sensiblement inférieurs à ceux des autres scénarios. De plus, la question de l'incertitude prend une importance accrue au fur et à mesure que l'on étend le cadre temporel.

7.26 **La recherche et développement en matière d'énergie et l'apprentissage social peuvent contribuer aux échanges et à l'adoption de technologies énergétiques plus efficaces au cours du XXIe siècle.**

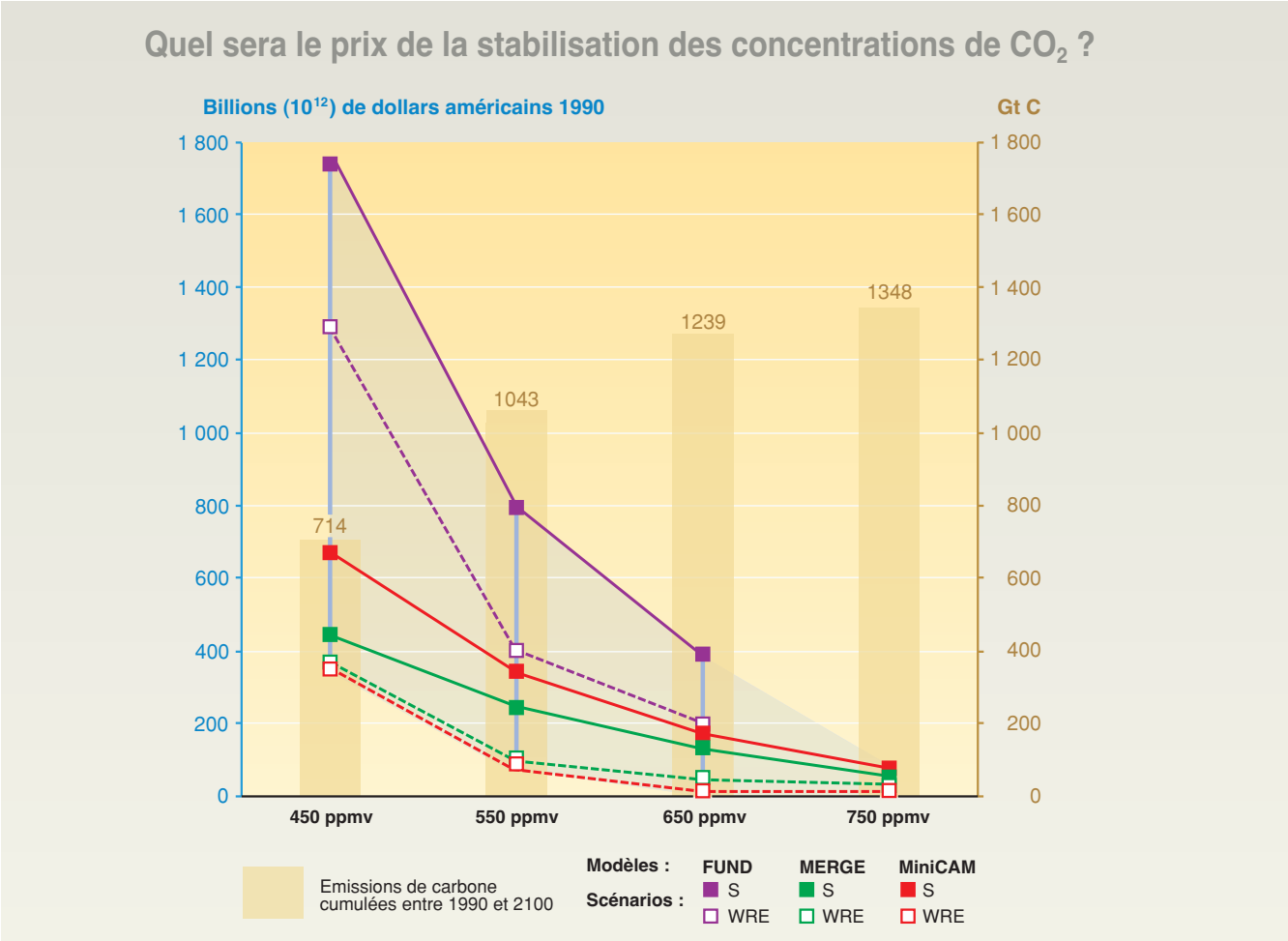


Figure 7–3 : Les coûts d'atténuation (dollars américains 1990, valeur actuelle actualisée à 5 % par an pour la période 1990–2100) de la stabilisation des concentrations de CO_2 entre 450 et 750 ppmv sont calculés à l'aide de trois modèles mondiaux, basés sur différents niveaux de références dépendant des modèles. Les incidences prévenues des changements climatiques ne sont pas incluses. Dans chaque cas, les coûts ont été calculés à partir de deux chemins d'émissions pour atteindre l'objectif prescrit : S (intitulé chemins d'émissions GTI dans le TRE du GTIII) et WRE décrit dans la réponse à la Question 6. Les barres représentent les émissions de carbone cumulées entre 1990 et 2100. Les futures émissions cumulées jusqu'à ce que soit atteint un plafond budgétaire pour le carbone sont représentées au dessus des barres en Gt C.

GTIII TRE Sections 2.5.2, 8.4.1, 8.4.3, & 10.4.6

7.27 **Des scénarios d'émissions inférieures nécessitent des structures de développement des ressources énergétiques différentes et une augmentation de la recherche et développement en matière d'énergie pour accélérer le développement et la mise en œuvre de technologies énergétiques de pointe écologiquement rationnelles.** Il est pratiquement certain que les émissions de CO_2 imputables à la combustion des combustibles fossiles seront le facteur d'influence dominant sur l'évolution des concentrations atmosphériques de CO_2 au cours du XXIe siècle. Une évaluation des données sur les ressources fournie par le TRE indique la possibilité d'une modification de l'utilisation du mix énergétique et de l'introduction de nouvelles sources d'énergie au cours du XXIe siècle. Les ressources en combustibles fossiles ne limiteront pas les émissions au cours du XXIe siècle (voir Figure 7–5). Le carbone dans les réserves prouvées de pétrole et de gaz classiques est largement inférieur aux émissions de carbone cumulées associées à la stabilisation des niveaux de CO_2 à des niveaux égaux ou supérieurs à 450 ppmv[21]. Ces données sur les ressources peuvent

GTIII TRE Sections 2.5.1–2, 3.8.4, & 8.4.5

[21] La référence à un niveau de concentration donné ne signifie pas pour autant qu'il y ait accord sur la désidérabilité d'une stabilisation à ce niveau.

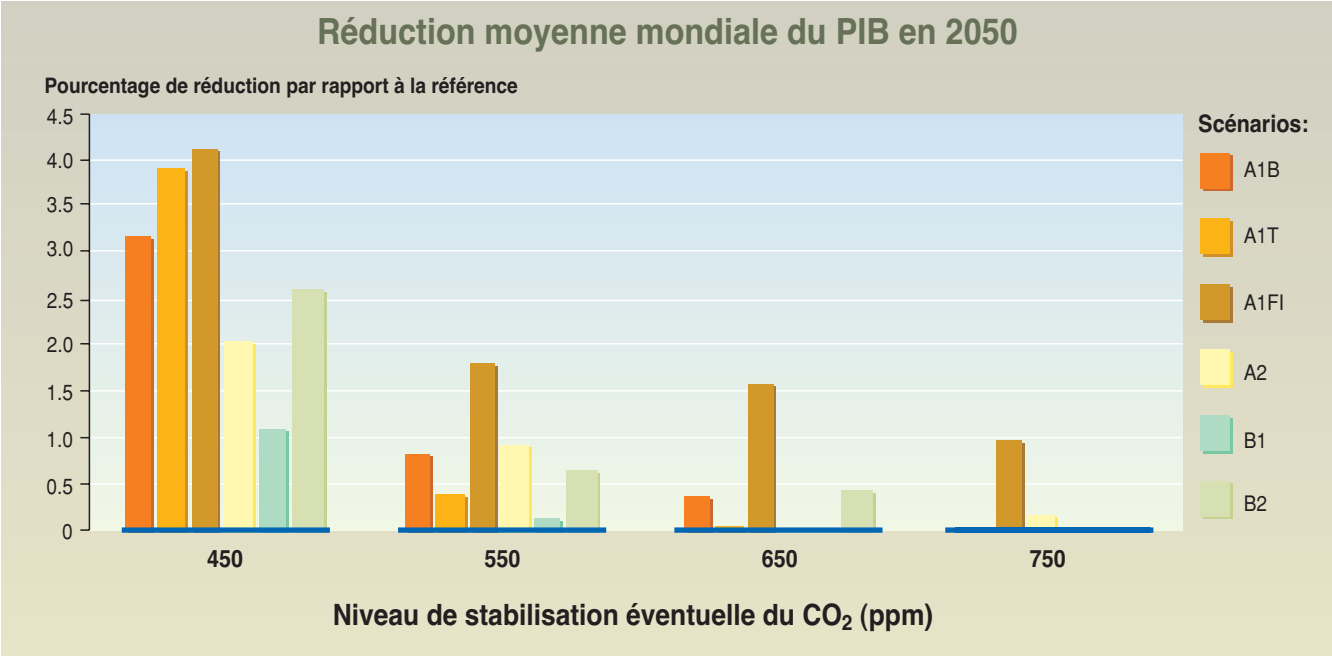


Figure 7–4 : Rapport indicatif en 2050 entre la réduction relative du PIB due aux mesures d'atténuation, les scénarios du RSSE et le niveau de stabilisation. La réduction du PIB tend à augmenter avec l'importance des niveaux de stabilisation, mais le choix du scénario de référence influe considérablement sur les coûts. Ces projections des coûts d'atténuation ne prennent pas en compte les bénéfices potentiels de la prévention de certains changements climatiques.

GTIII TRE Figure 8–18

signifier une modification du mix énergétique et l'émergence de nouvelles sources d'énergie au XXIe siècle. Le choix d'un mix énergétique et de technologies et investissements connexes — axés sur l'exploitation de ressources en pétrole et gaz non conventionnelles ou sur des sources d'énergie non fossiles ou de technologies énergétiques fossiles avec piégeage et stockage du carbone — permettra de déterminer si les concentrations de gaz à effet de serre pourront être stabilisées, et dans l'affirmative, à quel niveau et à quel coût.

7.28 **La diminution des dépenses en recherche et développement en matière d'énergie est en contradiction avec l'objectif d'accélération du développement et de mise en œuvre de technologies énergétiques de pointe.** Les dépenses de recherche et de développement énergétique par les pays visés à l'Annexe II ont augmenté de façon très importante après les hausses des prix du pétrole de 1970, mais, globalement, elles ont diminué progressivement en valeur réelle depuis le début des années 1980. Dans certains pays, cette diminution a même atteint 75 %. Le soutien à la recherche et développement en matière de conservation de l'énergie et de l'énergie renouvelable a augmenté. Cependant, d'importantes technologies énergétiques pertinentes pour l'évolution du climat, tels que la biomasse commerciale et le piégeage et le stockage du carbone, restent des composants mineurs du domaine de recherche et de développement dans le secteur de l'énergie.

GTIII TRE Section 10.3.3 & RSTT Section 2.3

7.29 **L'apprentissage social, ainsi que les innovations et les changements de la structure institutionnelle pourraient contribuer à réduire les changements climatiques.** La modification des règlements collectifs et des comportements individuels peuvent avoir des effets significatifs sur les émissions de gaz à effet de serre, mais a lieu dans un cadre institutionnel, régulatoire et juridique complexe. Plusieurs études indiquent que les systèmes d'incitations actuels peuvent encourager la production intensive en ressources et des modes de consommation qui augmentent les émissions de gaz à effet de serre dans tous les secteurs (transport et logements, par exemple). Des opportunités d'influence à court terme existent au niveau des comportements individuels et organisationnels par le biais d'innovations sociales. A long terme, des innovations alliées à l'évolution technologique peuvent renforcer le potentiel socio-économique, en particulier si les préférences et les normes culturelles évoluent vers une diminution des

GTIII TRE Sections 1.4.3, 5.3.7, 10.3.2, & 10.3.4

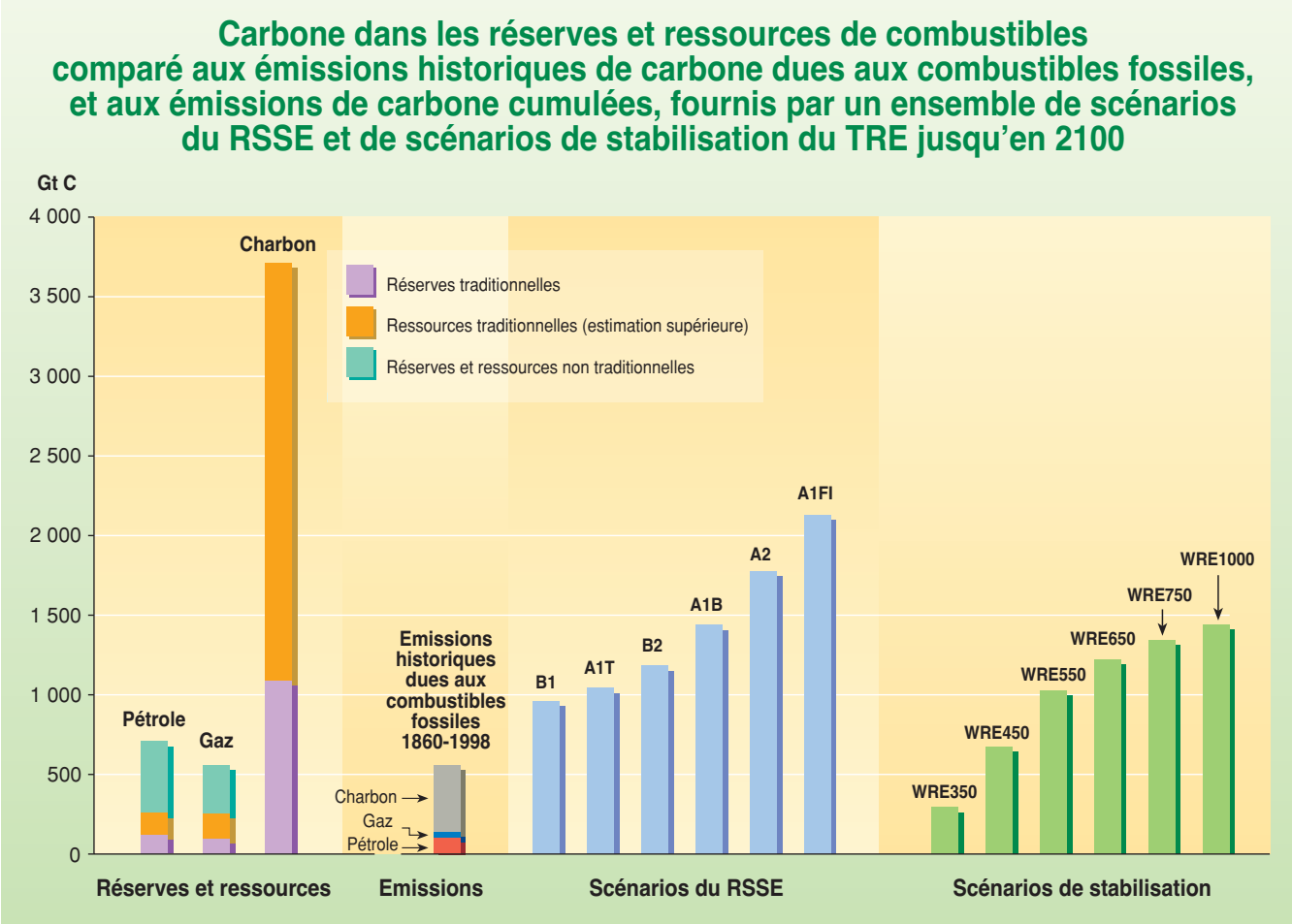
émissions et vers des modes de consommation durables. Ces innovations se heurtent souvent à des résistances, qui peuvent être surmontées par l'incitation à une plus grande participation publique au processus décisionnel. Tout ceci peut contribuer à l'adoption de nouvelles démarches en matière de durabilité et d'équité.

Intégration de considérations à court et long terme

7.30 **La prise de décisions dans le domaine des changements climatiques est fondamentalement un processus séquentiel soumis à des incertitudes générales. Le processus décisionnel doit à tout moment équilibrer les risques de mesures insuffisantes ou excessives.**

7.31 **Le développement d'une stratégie prudente de gestion des risques nécessite l'étude attentive des conséquences (environnementales et économiques), de leur probabilité, et de l'attitude de la société vis-à-vis des risques.** Cette attitude variera probablement d'un pays à l'autre, et peut-être même

GTIII TRE Section 10.4.3



GTIII TRE Section 3.8.1

Figure 7–5 : Le carbone présent dans les réserves et ressources de pétrole, gaz et charbon est comparé aux émissions de carbone imputables aux combustibles fossiles pour la période 1860–1998, et aux émissions cumulées de carbone fournies par divers scénarios du RSSE et des scénarios de stabilisation du TRE jusqu'en 2100. Les données pour les réserves et ressources actuelles sont représentées dans les colonnes de gauche. Les ressources en pétrole et en gaz non conventionnelles incluent les sables bitumineux, l'huile de schiste, d'autres huiles lourdes, le méthane des couches de houille, le gaz en profondeur dans les zones géopressurées, le gaz des aquifères, etc. Les hydrates de gaz (clathrates) qui, selon les estimations, représentent 12 000 Gt C ne sont pas représentés. Les colonnes des scénarios indiquent les scénarios de référence du RSSE ainsi que des scénarios qui conduisent à plusieurs niveaux de stabilisation des concentrations de CO_2. On notera que si d'ici 2100 les émissions cumulées associées aux scénarios du RSSE sont égales ou inférieures à celles des scénarios de stabilisation, cela ne signifie pas que ces scénarios conduisent également à une stabilisation.

d'une génération à l'autre. Par conséquent, le présent rapport confirme les conclusions du DRE qui soulignent l'importance probable de la valeur d'une meilleure information sur les processus et les incidences des changements climatiques et des réponses sociétales. Les décisions sur des mesures d'intervention climatiques à court terme sont en cours d'élaboration alors que les objectifs de stabilisation des concentrations font encore l'objet de débats. La littérature recommande une résolution progressive, visant à la stabilisation des concentrations de gaz à effet de serre, ainsi qu'un équilibre entre les risques d'une action excessive ou insuffisante. La question pertinente n'est pas « quel est la meilleure politique à adopter pour les cent prochaines années », mais plutôt « quelle est la meilleure politique à adopter à court terme étant donné les changements climatiques à long terme prévus et les incertitudes connexes ».

GTIII TRE Sections 2.5.2 & 8.4

7.32 **La stabilisation des concentrations atmosphériques exigera des réductions d'émissions au-delà de celles imposées par le Protocole de Kyoto.** Selon la plupart des analyses postérieures aux scénarios du RSSE, une stabilisation à 450 ppmv pourrait exiger des réductions des émissions, pendant la période 2008 à 2012, dans les pays visés à l'Annexe I, beaucoup plus importantes que celles imposées par le Protocole de Kyoto. Ces analyses montrent également la cohérence qui existe entre la réalisation de l'ensemble des objectifs de Kyoto et la voie conduisant à une stabilisation égale ou supérieure à 550 ppmv. D'autres analyses indiquent un écart plus progressif par rapport aux niveaux de référence des émissions, même pour 450 ppmv, suivi de réductions plus marquées au cours des périodes budgétaires ultérieures. La voie est influencée par la représentation de l'inertie dans le système et des attentes sur l'effet des réductions initiales par les pays visés à l'Annexe I sur le degré et l'ampleur des réductions d'émissions ultérieures.

7.33 L'atténuation des changements climatiques soulève des questions d'équité entre les régions et dans le temps.

GTIII TRE Sections 1.3, 2.5.2, 8.2.2, 10.2 & 10.4.5

7.34 **Les différences en matière de répartition des ressources technologiques, naturelles et financières au sein des nations et des régions, et entre elles, et entre les générations, ainsi que les différences au niveau des coûts d'atténuation, sont souvent des points clés dans l'analyse des options d'atténuation des changements climatiques.** Une grande partie du débat sur une différentiation éventuelle des contributions des pays à l'atténuation, ainsi que sur des questions d'équité connexes, examine également ces circonstances[22]. La question des changements climatiques soulève un point d'équité qui ne peut pas être ignoré, à savoir dans quelle mesure les effets des changements climatiques ou des mesures d'atténuation diminuent ou renforcent le manque d'équité dans les pays et les régions, et entre elles, et entre les générations. Les conclusions à ce propos incluent les points suivants :

- *Équité au sein des nations : La plupart des études montrent que les effets distributionnels d'une taxe sur le carbone sont régressifs, sauf si les revenus de ces taxes sont utilisés directement ou indirectement en faveur des groupes à faibles revenu ; l'aspect régressif peut être totalement ou partiellement compensé par une politique de recyclage des recettes fiscales.*
- *Équité entre les nations et les régions : Les scénarios de stabilisation des gaz à effet de serre évalués dans le présent rapport supposent que les pays développés et les pays aux économies en transition limitent ou réduisent d'abord leurs émissions de gaz à effet de serre*[23]. Un autre aspect de l'équité entre les nations et les régions est le fait que l'atténuation des changements climatiques peut compenser le manque d'équité qui serait renforcé par les effets des changements climatiques (voir Question 6).

[22] Les méthodes utilisées pour promouvoir l'équité ont été classées par catégories, notamment celles basées sur l'affectation, le résultat, le processus, les droits, la responsabilité, la pauvreté et les opportunités, pour refléter les objectifs d'équité utilisés pour évaluer les politiques et les résultats correspondants.

[23] A un moment donné, les émissions de toutes les régions s'écartent du niveau de référence. Les émissions mondiales s'écartent plus tôt et de façon plus marquée lorsque les niveaux de stabilisation sont plus bas ou les scénarios sous-jacents sont plus élevés. De tels scénarios sont incertains et ne donnent pas d'informations sur les conséquences sur l'équité, sur la façon d'obtenir ces changements, ou sur qui supportera les frais encourus.

- *Équité entre les générations : La stabilisation des concentrations dépend plus des émissions cumulées que des émissions annuelles ; les réductions d'émissions par une génération réduira le besoin de réductions pour les futures générations*[24]. L'équité entre les générations peut être renforcée en diminuant les incidences des changements climatiques grâce à des mesures d'atténuation prises par une génération, étant donné que, d'une part, les incidences — qui devraient influer en particulier sur les plus déshérités — diminueraient, et, d'autre part, les générations suivantes seraient confrontées à moins de changements climatiques et leurs besoins d'adaptation seraient donc moindres (voir Question 6).

[24] Voir ci-dessus pour d'autres aspects de l'échelonnement dans le temps des réductions de gaz à effet de serre.

Question 8

Q8

Que sait-on de l'interaction entre les changements climatiques anthropiques et les autres problèmes environnementaux (pollution atmosphérique urbaine, dépôts acides régionaux, diminution de la biodiversité, appauvrissement de l'ozone stratosphérique, et désertification et dégradation des terres, par exemple) ? Que sait-on des coûts et bénéfices environnementaux, sociaux et économiques, et des implications de ces interactions pour l'intégration équitable de stratégies de réponse aux changements climatiques dans des stratégies de développement durable plus larges, à l'échelle locale, régionale et mondiale ?

8.1 La réponse à cette question s'articule autour de deux points clés. Premièrement, les incidences des activités humaines sur l'environnement sont à l'origine de nombreux problèmes, dus, pour la plupart, à des facteurs communs liés à la satisfaction des besoins humains. Deuxièmement, nombre de ces problèmes — leurs causes et leurs effets — font l'objet d'une interaction biogéophysique et socio-économique. La présente réponse, qui est axée sur les changements climatiques, évalue la compréhension actuelle des interactions entre les causes et effets des problèmes environnementaux clés d'aujourd'hui. Elle contient également un résumé des mesures d'intervention individuelles proposées pour résoudre ces problèmes, et montre comment les choix d'options associées à un problème peuvent influer positivement ou négativement sur un autre problème. La perspective d'approches intégrées efficaces est aussi examinée.

8.2 Les problèmes environnementaux locaux, régionaux et mondiaux sont souvent inextricablement liés et influent sur la satisfaction durable des besoins humains.

8.3 **Dans bien des cas, la satisfaction des besoins humains est à l'origine d'une détérioration de l'environnement, qui risque elle-même de diminuer la capacité à répondre aux besoins actuels et futurs.** La société dispose de diverses options de voies de développement, mais celles-ci ne seront durables que si l'environnement est protégé. La détérioration de l'environnement est déjà évidente à l'échelle locale, régionale et mondiale, comme le montrent la pollution atmosphérique, la pénurie d'eau douce, le déboisement, la désertification, les dépôts acides, l'appauvrissement de la biodiversité et la modification des gènes et des espèces, la dégradation des terres, l'appauvrissement de l'ozone stratosphérique, et les changements climatiques. Très souvent, la satisfaction des besoins humains entraîne ou aggrave de graves problèmes environnementaux, qui eux-mêmes peuvent augmenter la vulnérabilité aux changements climatiques. On peut, par exemple, augmenter les rendements agricoles par une utilisation accrue des engrais azotés, de l'irrigation ou par la transformation des prairies naturelles et des forêts en terres cultivées. Ces activités agricoles peuvent avoir des répercussions sur le climat mondial en raison de l'émission de gaz à effet de serre, entraîner une dégradation des terres due à l'érosion et à la salinisation des sols, et contribuer à la diminution de la biodiversité. A leur tour, ces changements environnementaux peuvent avoir des incidences sur les besoins humains. Les rendements agricoles peuvent être diminués par des changements de l'importance et des profils des précipitations, et les vagues de chaleur peuvent avoir des répercussions sur la santé des populations urbaines.

GTI TRE Sections 3.4, 4.1, & 5.2, GTII TRE Sections 4.1 & 5.1–2, & GTIII TRE Sections 3.6 & 4.2

8.4 **De même que des problèmes environnementaux différents sont souvent dus aux mêmes forces motrices sous-jacentes (croissance économique, évolution technologique générale, modes de vie, évolution démographique — effectifs de la population, structure par âges et migrations — et structures de gouvernance), les solutions à différents problèmes environnementaux et socio-économiques doivent surmonter des obstacles communs.** L'action menée en vue de la résolution des problèmes environnementaux peut rencontrer de nombreux obstacles communs, notamment :

- L'augmentation des besoins en ressources naturelles et en énergie ;
- Des imperfections du marché, dont des subventions qui conduisent à une utilisation inefficace des ressources et constituent un obstacle à la pénétration du marché par des technologies écologiquement rationnelles ; l'absence de reconnaissance de la valeur réelle des ressources naturelles ; l'incapacité à prendre des dispositions financières pour les valeurs mondiales des ressources naturelles au niveau local, et l'incapacité à internaliser les coûts de la détérioration de l'environnement dans la valeur marchande d'une ressource ;
- Une disponibilité et un transfert limités des technologies, une utilisation inefficace des technologies et des investissements insuffisants pour la recherche et développement des futures technologies ;
- Une gestion inefficace des ressources naturelles et de l'énergie.

GTIII TRE Chapitre 5, RSSE Chapitre 3, & RRTT RT 1.5

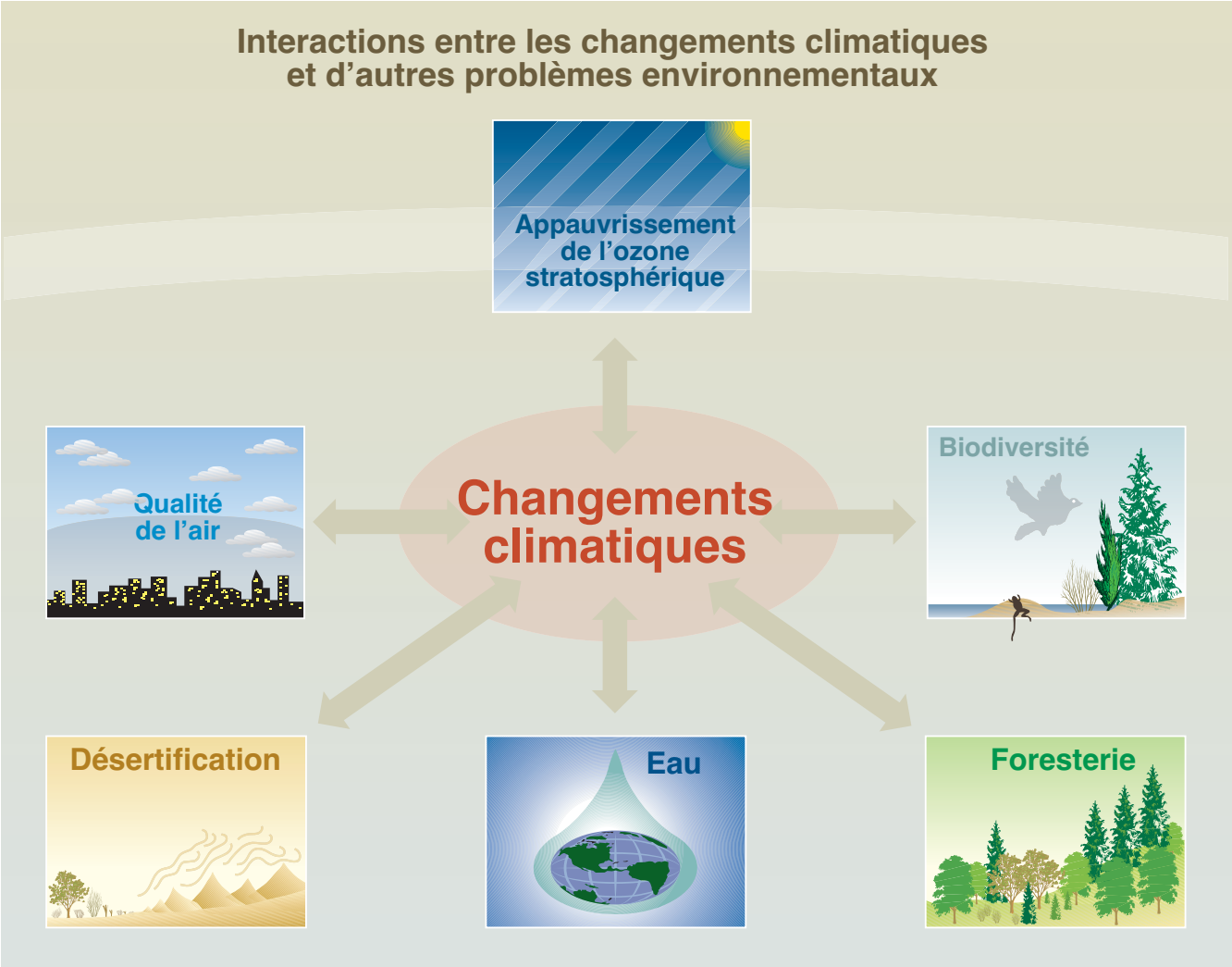


Figure 8–1 : Le climat est contrôlé par des processus et des cycles géochimiques résultant de l'interaction au sein des composants environnementaux concernés, et sur lesquels s'exercent les activités humaines. La figure représente certains de ces composants. Pour plus de simplicité, les flèches à double extrémité entre les composants représentent certains des liens existants. Par exemple, les processus biologiques et écologiques jouent un rôle important au niveau du contrôle du climat de la terre à l'échelle régionale et mondiale en régulant les quantités de vapeur d'eau et d'autres gaz à effet de serre qui entrent dans l'atmosphère ou qui en sortent. Les changements climatiques influent sur les limites, la composition et le fonctionnement des écosystèmes, tels que les forêts, et, à son tour, la modification de la structure et du fonctionnement des forêts influe sur le système climatique de la terre en modifiant les cycles biogéochimiques, notamment les cycles du carbone, de l'azote et de l'eau. D'autres liens, par exemple la relation directe ou indirecte (par l'intermédiaire des pluies acides), entre la qualité de l'air et la foresterie, ne sont pas représentés ici, par souci de simplicité.

8.5 **Plusieurs problèmes environnementaux, jusqu'ici considérés comme étant séparés, sont en fait liés aux changements climatiques du fait de changements biogéochimiques et socio-économiques communs.**

8.6 La Figure 8–1 montre les interactions entre les changements climatiques et d'autres problèmes environnementaux.

Pollution atmosphérique de l'ozone à la surface et changements climatiques

8.7 **La pollution atmosphérique de l'ozone à la surface et les émissions qui en sont la cause sont deux facteurs clés des changements climatiques**

GTI TRE Sections 4.2.3–4

mondiaux. Les polluants à l'origine de la pollution de l'ozone à la surface (oxydes d'azote, monoxyde de carbone, et composés organiques volatils) contribuent également à l'augmentation de l'ozone troposphérique mondial, ce qui en fait le troisième facteur de forçage radiatif par ordre d'importance après le CO_2 et le CH_4 (voir Figure 2–2). Dans certaines régions, les émissions de composés précurseurs de l'ozone sont réglementées par des traités environnementaux régionaux (voir Tableau 8–3) et autres réglementations.

8.8 **Les changements climatiques mondiaux et les niveaux croissants d'ozone troposphérique risquent d'aggraver les problèmes de pollution atmosphérique urbaine.** Des projections basées sur des scénarios du RSSE mettent en évidence des augmentations de l'ozone troposphérique supérieures à 40 ppb sur la majeure partie des latitudes moyennes de l'hémisphère Nord. Ces augmentations doubleront les niveaux de référence d'ozone dans de nombreuses régions métropolitaines, et diminueront considérablement la qualité de l'air. Les changements climatiques auront des effets sur les conditions météorologiques (température régionale, couverture nuageuse et vents de surface) qui influent sur la photochimie, et sur l'apparition de périodes de pollution importante. On sait que, en règle générale, des températures plus élevées contribuent à l'augmentation de l'ozone dans les zones urbaines, cependant la modification de la fréquence et de l'intensité des périodes de pollution n'a pas été évaluée. Les augmentations des vagues de chaleur qui accompagneraient les changements climatiques anthropiques aggraveront les effets néfastes pour la santé liés à la qualité de l'air urbain.

GTI TRE Sections 4.4.4 & 4.5–6, & GTII TRE Sections 7.2.2.3 & 9.6

Dépôts acides et changements climatiques

8.9 **Les aérosols sulfatés résultant des émissions de soufre imputables à la combustion des combustibles fossiles sont à l'origine de dépôts acides et d'un refroidissement du système climatique.** Les dépôts acides ont des effets néfastes sur les écosystèmes terrestres et aquatiques et provoquent des dommages sur la santé et des dommages matériels. Certains de ces effets risquent d'être aggravés par les changements climatiques (par l'augmentation de l'humidité et de la température, par exemple). Nombre de pays ont pris des mesures visant à réduire les émissions de soufre, et, au cours des dernières années, les dépôts sulfatés ont diminué dans certaines régions (voir Tableau 8–3). Dans les scénarios du RSSE, cette situation a conduit à des prévisions d'émissions d'aérosols sulfatés inférieures à celles prévues dans le DRE. En conséquence, le forçage radiatif négatif dû aux aérosols devrait être moins important, et il en serait de même pour le refroidissement destiné à compenser le réchauffement imputable aux gaz à effet de serre.

GTI TRE Sections 5.2.2.6, 5.5.3, 6.7, & 6–15, GTII TRE Sections 5.6, 5.7.3, & 15.2.4.2, & RSSE Section 3.6.4

Appauvrissement de l'ozone stratosphérique et changements climatiques

8.10 **L'appauvrissement de la couche d'ozone stratosphérique entraîne une augmentation de la pénétration par les rayons UV–B et un refroidissement du système climatique.** L'appauvrissement de la couche d'ozone contribue à l'augmentation de la pénétration par les rayons UV–B, ce qui a des effets néfastes sur la santé humaine et animale, sur les végétaux, etc. Au cours des vingt dernières années, l'appauvrissement de l'ozone stratosphérique a diminué le flux infrarouge vers la troposphère en provenance de la stratosphère inférieure (désormais plus froide). Ce même appauvrissement a également modifié les concentrations d'ozone troposphérique, et en facilitant l'augmentation de la pénétration de rayons ultraviolets dans la troposphère, a conduit à une destruction photochimique du CH_4 plus rapide, diminuant ainsi son forçage radiatif. Le refroidissement du système climatique est une autre conséquence de ces effets.

GTI TRE Sections 4.2.2 & 6.4

8.11 **De nombreux hydrocarbures halogénés qui appauvrissent la couche d'ozone sont également des gaz à effet de serre importants.** Les chlorofluorocarbures, par exemple, ont ajouté un pourcentage significatif au forçage radiatif positif total depuis l'époque préindustrielle. Le forçage radiatif négatif résultant de l'appauvrissement de la couche d'ozone stratosphérique (mentionné précédemment)

GTI TRE Sections 4.2.2 & 6.3.3

réduit ce forçage de moitié. A terme, le Protocole de Montréal éliminera ces deux influences sur le forçage radiatif. Mais les hydrofluorocarbures, un groupe de produits destinés à remplacer les chlorofluorocarbures désormais interdits, figurent parmi les gaz à effet de serre répertoriés par le Protocole de Kyoto. Cette contradiction risque de donner lieu à un conflit entre les objectifs des deux Protocoles.

8.12 **Les changements climatiques modifieront les profils thermiques et les configurations des vents stratosphériques, et risqueront d'augmenter l'appauvrissement de l'ozone stratosphérique par les chlorofluorocarbures au cours des cinquante prochaines années.** En général, l'augmentation des gaz à effet de serre conduit à un refroidissement de la stratosphère, ce qui modifie la composition chimique de la stratosphère. Certaines études prévoient que le rythme actuel des changements climatiques augmentera sensiblement l'appauvrissement de la couche d'ozone stratosphérique arctique au cours de la prochaine décennie, avant une diminution notable des concentrations de chlorofluorocarbures. En dépit de l'identification de nombreuses rétroactions entre le climat et la couche d'ozone, aucun consensus quantitatif n'a été atteint dans la présente évaluation.

GTI TRE Sections 4.5, 6.4, & 7.2.4.2

Biodiversité, agriculture et foresterie, et changements climatiques

8.13 **Les changements observés dans les écosystèmes terrestres et marins sont étroitement liés aux changements climatiques, et *vice versa*.** Les changements climatiques et les variations des concentrations atmosphériques de CO_2 modifient la biodiversité et la fonction de certains écosystèmes. De la même façon, les changements au sein des écosystèmes influent sur les échanges de gaz à effet de serre entre la terre et l'atmosphère (CO_2 CH_4 et N_2O par exemple) et sur les échanges hydriques et énergétiques, et modifient l'albédo de surface. La compréhension de ces effets combinés et des rétroactions est donc indispensable pour évaluer l'état futur de l'atmosphère et des systèmes naturels et de leur biodiversité.

GTI TRE Section 4.5.3

8.14 **Les variations climatiques naturelles ont montré les effets des changements climatiques sur les écosystèmes gérés et non gérés.** Les effets des inondations, sécheresses et vagues de chaleur sont gravés à jamais dans l'histoire de l'humanité. De plus, le réchauffement associé au phénomène El Niño illustre les effets néfastes des changements des schémas climatiques sur les poissons, les mammifères marins et la biodiversité côtière et océanique. Les écosystèmes côtiers, tels que les récifs coralliens, les marais salants et les forêts de mangroves, subissent les effets de l'élévation du niveau de la mer, du réchauffement des océans, de l'augmentation des concentrations de CO_2, et des changements de la fréquence et de l'intensité des tempêtes. Le Tableau 8–1 présente les effets principaux des changements climatiques sur les écosystèmes naturels à l'échelle régionale.

GTII TRE Chapitres 5 & 6

8.15 **L'évolution du climat n'est qu'une des nombreuses contraintes qui s'exercent sur les écosystèmes gérés et non gérés.** Les changements d'affectation des terres, les besoins en ressources, le dépôt de nutriments et de polluants, les cultures, les pâturages, la fragmentation et l'appauvrissement des habitats, et les espèces invasives sont des contraintes majeures sur les écosystèmes. Elles peuvent entraîner l'extinction des espèces, et appauvrir la biodiversité. Les changements climatiques représentent donc une contrainte supplémentaire et pourraient modifier ou menacer les écosystèmes et les nombreux services qu'ils fournissent. Par conséquent, les incidences des changements climatiques seront influencées par la gestion des ressources naturelles, l'adaptation et l'interaction avec d'autres contraintes. La Figure 8–2 illustre l'interaction entre les changements climatiques et d'autres facteurs à propos des ressources et des besoins alimentaires.

GTII TRE Chapitres 5 & 6, & GTIII TRE Sections 4.1–2

8.16 **Les changements climatiques peuvent influer sur la répartition et la migration des espèces dans les écosystèmes non gérés.** Un grand nombre d'espèces sont déjà menacées d'extinction, et pourraient être confrontées à des risques

GTII TRE Chapitre 5

Tableau 8–1 Exemples de conséquences régionales observées et prévues des changements climatiques sur les écosystèmes naturels, la biodiversité et l'approvisionnement alimentaire.

Région	***Incidences***	***Section de référence dans le TRE GTII***
Afrique	Les changements climatiques pourraient accélérer des pertes irréversibles de la biodiversité. Des extinctions significatives d'espèces animales et végétales sont prévues, ce qui pourrait avoir des incidences sur les moyens de subsistance dans les zones rurales, sur le tourisme et sur les ressources génétiques (*confiance moyenne*).	RT 5.1.3 & Section 10.2.3.2
Asie	Des diminutions de la productivité agricole et de l'aquaculture dues aux stress thermiques et hydriques, à l'élévation du niveau de la mer, aux inondations et aux sécheresses, et aux cyclones tropicaux réduiraient la sécurité alimentaire dans de nombreux pays de l'Asie aride, tropicale et tempérée ; dans les régions septentrionales, il y aurait expansion l'agriculture et augmentation de la productivité agricole (*confiance moyenne*). Les changements climatiques aggraveraient les risques pour la biodiversité en raison des changements d'affectation et de couverture des terres, et de la pression démographique (*confiance moyenne*). L'élévation du niveau de la mer poserait un risque pour la sécurité écologique, notamment pour les mangroves et les récifs coralliens (*confiance élevée*).	RT 5.2.1-2 & Section 11.2.1-2
Australie et Nouvelle-Zélande	Un réchauffement de 1°C menacerait la survie d'espèces actuellement proches de la limite supérieure de leur fourchette de températures, notamment dans les régions alpines marginales. Certaines espèces vivant dans des zones climatiques limitées et incapables de migrer en raison de la fragmentation des différences de pédopaysages ou de la topographie pourraient être menacées ou disparaître (*confiance élevée*). Parmi les écosystèmes australiens particulièrement vulnérables aux changements climatiques, on peut citer les récits coralliens, les habitats arides et semi-arides dans le sud-ouest et à l'intérieur de l'Australie, et les écosystèmes alpins australiens. Les zones humides d'eau douce dans les régions côtières d'Australie et de Nouvelle-Zélande sont vulnérables, et certains écosystèmes néo-zélandais sont vulnérables à une invasion accélérée par les mauvaises herbes.	RT 5.3.2 & Sections 12.4.2, 12.4.4–5, & 12.4.7
Europe	Les écosystèmes naturels changeront en raison de l'augmentation des températures et de la concentration atmosphérique de CO_2. La diversité naturelle est menacée de changements rapides. La disparition d'habitats importants (zones humides, toundras, et habitats isolés) menacerait certaines espèces, y compris des espèces rares/endémiques et des oiseaux migrateurs. Il y aura certains effets dans l'ensemble positifs sur l'agriculture en Europe du Nord (*confiance moyenne*) ; la productivité diminuera en Europe du Sud et de l'Est (*confiance moyenne*).	RT 5.4.2–3 & Sections 13.2.1.4, 13.2.2.1, 13.2.2.3–5, & 13.2.3.1
Amérique latine	On sait que l'Amérique latine représente l'une des plus grandes concentrations de biodiversité de la planète et on peut s'attendre à ce que les incidences des changements climatiques augmentent le risque d'appauvrissement de la biodiversité (*confiance élevée*). On prévoit une diminution des rendements de cultures importantes dans un grand nombre de régions, même en tenant compte des effets de CO_2 ; dans certaines régions, l'agriculture de subsistance pourrait être menacée (*confiance élevée*).	RT 5.5.2 & 5.5.4, & Sections 14.2.1–2
Amérique du Nord	De nombreuses preuves montrent que les changements climatiques peuvent conduire à la disparition de types d'écosystèmes spécifiques (zones alpines en latitude et zones humides côtières spécifiques (marais salants et mares des prairies intérieures) (*confiance élevée*). Certaines cultures pourraient bénéficier d'un léger réchauffement accompagné d'une augmentation du CO_2, mais les effets pourraient varier selon les cultures et les régions (*confiance élevée*), y compris des effets négatifs dus à la sécheresse dans certaines parties de la Prairie au Canada et des Grandes Plaines aux Etats-Unis ; une augmentation possible de la production alimentaire au Canada, dans des zones situées au nord des zones de production actuelles, et une augmentation de la production de forêts mixtes tempérées chaudes (*confiance moyenne*). Mais, si le réchauffement se poursuivait, les bénéfices pour les cultures diminueraient à un rythme croissant et pourraient même devenir une perte nette (*confiance moyenne*). Des écosystèmes naturels uniques tels que les zones humides de prairies, la toundra alpine, et les écosystèmes d'eaux froides, seront menacés, et une adaptation efficace est peu probable (*confiance moyenne*).	RT 5.6.4–5 & Sections 15.2.2–3
Antarctique	Dans l'Antarctique, les changements climatiques prévus entraîneront des effets qui se produiront lentement (*confiance élevée*). Des températures plus élevées et une diminution de la superficie des glaces entraîneront probablement des changements à long terme de l'océanographie physique et de l'écologie de l'Océan Austral, avec une activité biologique plus intense et augmentation du taux de croissance des poissons.	RT 5.7 & Sections 16.2.3 & 16.2.4.2

Tableau 8–1	Exemples de conséquences régionales observées et prévues des changements climatiques sur les écosystèmes naturels, la biodiversité et l'approvisionnement alimentaire. (suite)	
Région	***Incidences***	***Section de référence dans le TRE GTII***
Arctique	L'Arctique est extrêmement vulnérable aux changements climatiques, et on s'attend à observer bientôt des effets physiques, écologiques et économiques importants.	RT 5.7 & Sections 16.2.7–8
Petites îles	Les changements climatiques et l'élévation du niveau de la mer prévus auront des répercussions sur la composition des espèces et la compétition entre celles-ci. On estime qu'une plante sur trois (30 %) des plantes que l'on sait menacées sont endémiques aux îles, et 23 % des espèces d'oiseaux sont menacées. Les récifs coralliens, les mangroves et herbiers marins, qui dépendent souvent de conditions environnementales stables, subiront les effets adverses de l'augmentation de la température de l'air et de la mer et de l'élévation du niveau de la mer (*confiance moyenne*). L'appauvrissement des écosystèmes côtiers aurait des incidences néfastes sur les poissons des récifs et menacerait les pêcheries des récifs (*confiance moyenne*).	RT 5.8 & Sections 17.2.4–5 & 17.2.8.2

accrus en raison des contraintes dues aux changements climatiques, qui font que certains de leurs habitats actuels ne sont plus adaptés à leurs besoins. Selon des modèles de répartition de la végétation utilisés depuis le DRE, un mouvement général des écosystèmes ou de la biomasse est peu probable, étant donné que différentes espèces présentent différentes tolérances au climat et différentes capacités migratoires, et sont différemment affectées par l'arrivée de nouvelles espèces. Enfin, les changements climatiques peuvent faciliter la diffusion des parasites et des maladies, ce qui a des effets sur les écosystèmes naturels, les récoltes et l'élevage (des variations des seuils de température et d'humidité, par exemple, permettent la migration des parasites et des maladies vers de nouvelles régions).

GTIII TRE Section 4.3 & RSUTCATF RID

8.17 **Les capacités de stockage du carbone des écosystèmes gérés et non gérés, notamment des forêts, influent sur les incidences et les rétroactions des changements climatiques.** Les forêts, les terres cultivées et autres écosystèmes terrestres offrent d'importantes possibilités en matière d'absorption du carbone. La conservation et le piégeage du carbone, sans être nécessairement permanentes, peuvent permettre d'attendre le développement et la mise en œuvre d'autres options. La dégradation des écosystèmes terrestres peut être aggravée par les changements climatiques, ce qui a des répercussions sur la conservation du carbone et ajoute aux contraintes dues aux politiques de déboisement actuelles. Il convient de noter que si des pratiques de gestion appropriées ne sont pas mises en œuvre, les futures émissions de CO_2 pourraient être plus élevées. Par exemple, l'arrêt de la mise en œuvre de plans de gestion des incendies pour les forêts, ou l'abandon des semis directs au profit d'un retour aux labours intensifs, peuvent entraîner une perte rapide d'une partie du carbone stocké.

Dégradation des terres et désertification, et changements climatiques

GTI TRE Sections 2.7.3.3, 9.3, & 10.3, GTII TRE Section 5.5, & GTII TRE Tableau RID–1

8.18 **Les niveaux de changements climatiques prévus aggraveront la dégradation des terres et la désertification qui se sont produites au cours des siècles derniers dans de nombreuses régions.** Les changements d'affectation des terres et leur utilisation intensive, surtout dans les régions arides et semi-arides de la planète, ont contribué à diminuer la fertilité des sols et augmenter la dégradation des terres et la désertification. Ces changements ont été assez importants pour être visibles sur des images obtenues par satellite. La dégradation des terres touche déjà plus de 900 millions de personnes dans cent pays, et un quart des ressources terrestres mondiales, la plupart dans les pays en développement. Les pertes annuelles mesurées en millions d'hectares affaiblissent les économies et créent des situations irréversibles dans certains cas. Les projections du TRE basées sur les scénarios du RSSE indiquent des sécheresses accrues, l'augmentation de l'intensité des précipitations, des profils de précipitations plus irréguliers, et des sécheresses estivales tropicales plus fréquentes à l'intérieur des terres continentales à moyenne latitude. Les écosystèmes à faibles ressources hydriques, prairies naturelles et affaissements de terrains seront les plus menacés par les effets les plus prononcés (voir Tableau 8–2).

Changements climatiques et produits alimentaires

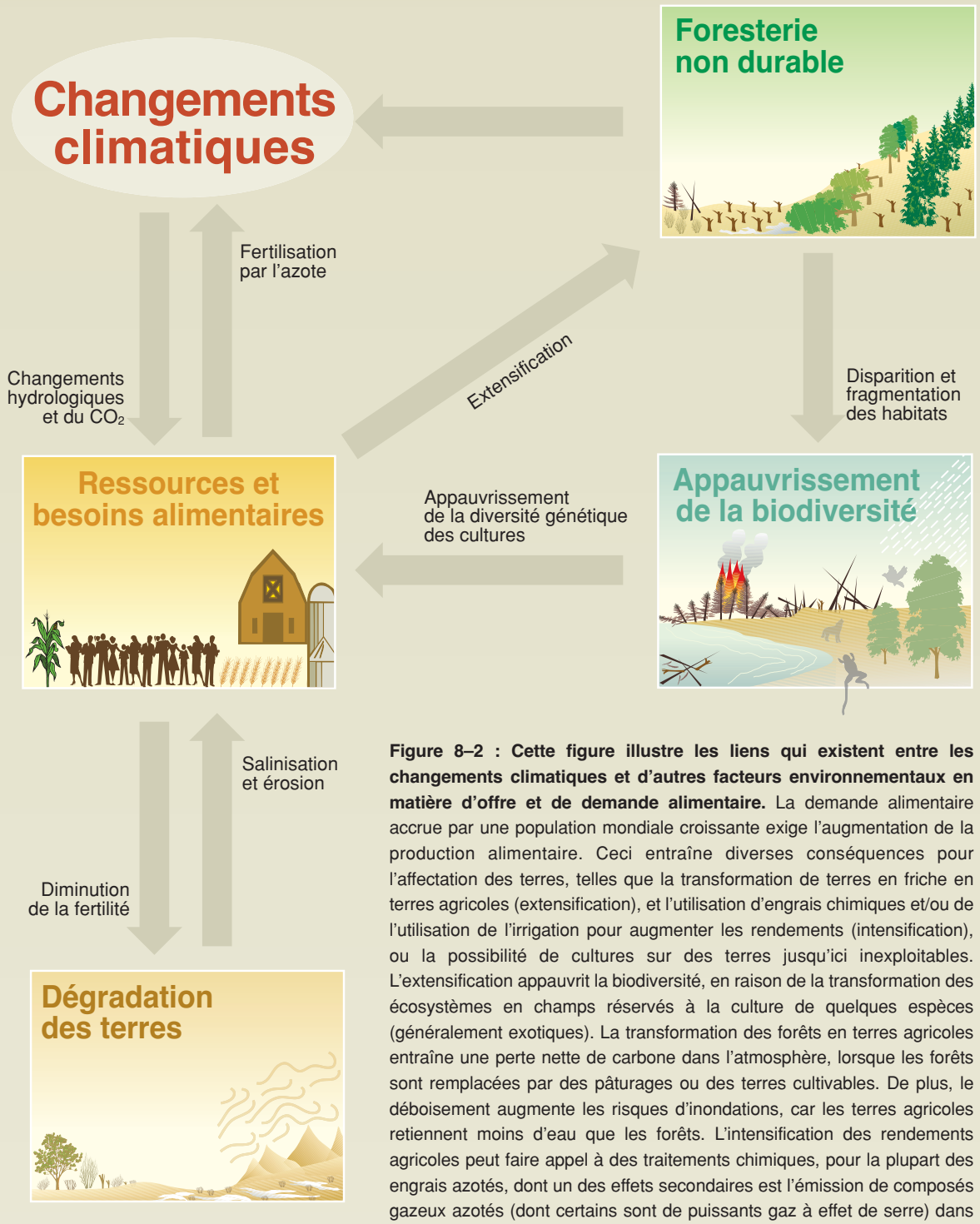


Figure 8–2 : Cette figure illustre les liens qui existent entre les changements climatiques et d'autres facteurs environnementaux en matière d'offre et de demande alimentaire. La demande alimentaire accrue par une population mondiale croissante exige l'augmentation de la production alimentaire. Ceci entraîne diverses conséquences pour l'affectation des terres, telles que la transformation de terres en friche en terres agricoles (extensification), et l'utilisation d'engrais chimiques et/ou de l'utilisation de l'irrigation pour augmenter les rendements (intensification), ou la possibilité de cultures sur des terres jusqu'ici inexploitables. L'extensification appauvrit la biodiversité, en raison de la transformation des écosystèmes en champs réservés à la culture de quelques espèces (généralement exotiques). La transformation des forêts en terres agricoles entraîne une perte nette de carbone dans l'atmosphère, lorsque les forêts sont remplacées par des pâturages ou des terres cultivables. De plus, le déboisement augmente les risques d'inondations, car les terres agricoles retiennent moins d'eau que les forêts. L'intensification des rendements agricoles peut faire appel à des traitements chimiques, pour la plupart des engrais azotés, dont un des effets secondaires est l'émission de composés gazeux azotés (dont certains sont de puissants gaz à effet de serre) dans l'atmosphère, et des apports d'azote par le ruissellement dans les bassins hydrographiques ; le tout accompagné de nombreuses répercussions sur l'environnement et la santé. L'augmentation de l'irrigation a des effets sur les ressources hydriques destinées à d'autres usages, et conduit à des pénuries et des conflits à propos des droits d'utilisation. A terme, la satisfaction des besoins d'une production agricole accrue peut accélérer l'appauvrissement de la biodiversité mondiale, et renforcer les changements climatiques et la désertification. Certaines interactions, notamment pour l'eau, sous-jacentes à ces questions, n'ont pas été représentés sur cette figure, par souci de simplicité.

Eau douce et changements climatiques

GTII TRE Sections 4.1, 4.4.3, 4.5.2, & 4.6.2

8.19 **Les trois types de problèmes concernant l'eau douce — à savoir pénurie, excès et pollution — peuvent être aggravés par les changements climatiques.** L'eau douce est indispensable à la santé, à la production alimentaire et à l'assainissement, ainsi qu'à la fabrication et autres usages industriels, et à la préservation des écosystèmes. Il existe plusieurs indicateurs de stress hydrique. Lorsque les retraits sont supérieurs de 20 % aux ressources totales renouvelables, le stress hydrique est

Tableau 8–2 Exemples d'incidences régionales des changements climatiques sur les ressources en eau, la dégradation des terres et la désertification.

Région	***Prévisions***	***Section de référence dans le TRE GTII***
Afrique	Les changements des précipitations et l'intensification de l'exploitation des terres aggraveraient la désertification. La désertification serait aggravée par la diminution des précipitations annuelles moyennes, du ruissellement et de l'humidité des sols dans des pays du Sahel en Afrique occidentale, et en Afrique du Nord et australe (*confiance moyenne*). L'augmentation des sécheresses et autres phénomènes extrêmes aggraverait les contraintes en matière de ressources en eau, sécurité alimentaire et santé, et serait un obstacle au développement dans la région (*confiance élevée*).	RT 5.1.6, Chapitre 10 RE, Sections 10.2.1 & 10.2.6, & Tableau RID–2
Asie	La pénurie d'eau — qui est déjà un facteur contraignant pour les écosystèmes, la production de nourriture et de fibres, les peuplements humains et la santé — pourrait être aggravée par les changements climatiques. Le ruissellement et l'eau disponible pourraient diminuer en Asie aride et semi-aride, mais augmenter en Asie du Nord (*confiance moyenne*). Une diminution de l'humidité du sol en été aggraverait la dégradation des terres et la désertification des régions arides et semi-arides.	RT 5.2.3 & Sections 11.11 & 11.2.3
Australie et Nouvelle-Zélande	La variabilité interannuelle due au phénomène ENSO entraîne des inondations et des sécheresses importantes en Australie et Nouvelle-Zélande. Ces variations devraient se poursuivre, avec l'augmentation des émissions à effet de serre, et risquent d'avoir des effets hydrologiques extrêmes plus importants. L'eau sera probablement un problème clé (*confiance élevée*) en raison des tendances à la sécheresse prévues pour la plus grande partie de la région et d'un passage à des phénomènes de type El Niño. La qualité de l'eau serait affectée, et des précipitations plus fortes augmenteraient le ruissellement rapide, l'érosion des terres et les charges sédimentaires. L'eutrophisation pose un problème important pour la qualité de l'eau en Australie.	RT 5.3 & Sections 12.1.5.3 & 12.3
Europe	Le ruissellement estival, la disponibilité de l'eau et l'humidité des sols diminueront probablement en Europe du Sud, et élargiront le fossé existant entre le Nord et le Sud (*confiance élevée*). Les risques d'inondations augmenteront dans la majeure partie de l'Europe (*confiance moyenne à élevée*) ; le risque sera très important pour les zones côtières où les inondations augmenteront l'érosion et provoqueront la disparition des zones humides. La moitié des glaciers alpins et de grandes zones de pergélisol risquent de disparaître d'ici la fin du XXIe siècle (*confiance moyenne*).	RT 5.4.1, Chapitre 13 RE, & Section 13.2.1
Amérique latine	Certaines études, fondées sur des expériences de simulations, indiquent qu'en cas de changements climatiques, le cycle hydrologique deviendrait plus intense, et s'accompagnerait de changements de la distribution des précipitations extrêmes, des épisodes pluvieux et des périodes de temps sec. Des sécheresses graves et fréquentes au Mexique pendant les dix dernières années coïncident avec certains résultats de ces modèles. El Niño est lié aux conditions de sécheresse dans la partie nord-est du Brésil, en Amazonie du Nord, et dans l'Altiplano péruvien-bolivien. Le Sud du Brésil et le Nord-Ouest du Pérou connaissent des conditions pluvieuses anormales pendant cette période. La disparition et la régression des glaciers auront des incidences néfastes sur le ruissellement et l'alimentation en eau dans les régions où la fonte des neiges est une ressources en eau importante (*confiance élevée*).	RT 5.5.1, Chapitre 14 RE, & Section 14.2.4
Amérique du Nord	Dans les bassins hydrographiques dominés par la fonte des neiges dans l'ouest de l'Amérique du Nord, les débits maximum de printemps seront plus précoces (*confiance élevée*) et les débits estivaux diminueront (*confiance moyenne*) ; des réponses d'adaptation pourront compenser une partie, mais non pas la totalité, de ces effets sur les ressources en eau et les écosystèmes aquatiques (*confiance moyenne*).	RT 5.6.2, Section 15.2.1, & Tableau RID–2
Petites îles	Les îles à ressources en eau très limitées sont extrêmement vulnérables aux effets des changements climatiques sur le bilan hydrique (*confiance élevée*).	RT 5.8.4, Section 17.2.6, & Tableau RID–2

souvent un facteur limitant le développement. Des retraits de 40 % ou plus représentent un stress élevé. De même, le stress hydrique peut être un problème si un pays ou une région dispose de moins de 1 700 m^3 an-1 d'eau par habitant. En 1990, environ un tiers de la population mondiale vivait dans des pays utilisant plus de 20 % de leurs ressources hydriques, et d'ici 2025 environ 60 % d'un total plus élevé vivront dans un pays soumis à ce type de stress hydrique, uniquement en raison de la croissance démographique. Ce stress serait renforcé par l'élévation des températures. Cependant, l'adaptation, par le biais d'une gestion hydrique appropriée, peut réduire les effets néfastes. Bien que les changements climatiques ne représentent qu'une des contraintes exercées sur les ressources hydriques dans un monde toujours plus peuplé, il est clair qu'il s'agit d'une contrainte importante (voir Tableau 8–2). Les projections du TRE basées sur les scénarios du RSSE indiquent une tendance à l'augmentation des risques d'inondations et de sécheresses pour de nombreuses régions, pour la plupart des scénarios. La diminution des ressources hydriques dans certaines régions d'un monde plus chaud est prévue, par exemple, en Afrique australe et dans les pays méditerranéens. Suite à l'élévation du niveau de la mer, dans de nombreux systèmes côtiers, l'eau de mer pénétrera dans les nappes phréatiques, et les eaux de marées pénétreront dans les estuaires et les rivières, ce qui aura des effets négatifs sur les ressources d'eau douce.

GTII TRE Section 4.2.4

8.20 **Dans certains pays, les gestionnaires de l'eau commencent à tenir compte explicitement des changements climatiques, bien que les méthodologies dans ce domaine ne soient pas encore bien définies.** De par sa nature, la gestion de l'eau est axée sur la minimisation des risques et l'adaptation aux circonstances changeantes, et, désormais, aux changements climatiques. On observe une évolution progressive, passant de politiques « axées sur l'offre » (fourniture d'eau pour satisfaire à la demande grâce à des réservoirs plus grands ou à des défenses structurelles contre les inondations) à des politiques « axées sur la demande » (ajustement approprié de la demande en fonction de la disponibilité des ressources hydriques, utilisation plus rentable de l'eau, et moyens non structurels en prévision des inondations et des sécheresses).

8.21 **Les interactions entre les changements climatiques et d'autres problèmes environnementaux offrent des possibilités d'exploitation des synergies pour développer des options de réponse, augmenter les bénéfices et réduire les coûts (voir Figure 1–1).**

GTIII TRE Sections 3.6.4, 4.4, 8.2.4, & 9.2.2–5

8.22 **Grâce à l'exploitation des synergies, certaines mesures d'atténuation des gaz à effet de serre peuvent générer des bénéfices accessoires importants pour plusieurs autres problèmes environnementaux, mais des interactions peuvent également se produire.** Ces mesures peuvent comprendre, par exemple, la réduction des incidences environnementales néfastes, telles que la pollution atmosphérique et les dépôts acides ; la protection des forêts, des sols et des bassins hydrographiques ; la réduction des subventions et des taxes génératrices de distorsions ; et la promotion d'une évolution technologique plus efficace et de sa diffusion, qui contribuent aux objectifs plus généraux d'un développement durable. Cependant, suivant l'approche adoptée pour résoudre le problème des changements climatiques ou d'autres problèmes environnementaux, et la prise en compte de l'interaction entre les problèmes, il peut y avoir des interactions non négligeables, et des coûts imprévus peuvent être encourus. Des mesures d'intervention destinées à réduire les émissions de gaz à effet de serre, prises, par exemple, dans les secteurs de l'énergie et de l'exploitation des terres, peuvent avoir des effets positifs et négatifs sur d'autres problèmes environnementaux :

- Dans le secteur de l'énergie, les émissions de gaz à effet de serre et la pollution locale et régionale pourraient être réduites par une meilleure utilisation de l'énergie et par l'utilisation accrue de combustibles fossiles à moindre teneur en carbone, de technologies avancées pour les combustibles fossiles (turbines à gaz à cycle combiné extrêmement performantes, cellules combustibles, et systèmes combinant la chaleur et l'énergie, par exemple) et de technologies à énergie renouvelable (utilisation accrue de biocombustibles écologiquement rationnels, de l'énergie hydroélectrique, solaire, éolienne, ou de l'énergie des vagues, par exemple). Une utilisation accrue de

la biomasse à la place des combustibles fossiles pourrait avoir des effets positifs et négatifs sur les sols, la biodiversité et les ressources hydriques, en fonction de la nouvelle affectation des terres et du mode de gestion.

- Dans le secteur de l'affectation des terres, la conservation des bassins de carbone biologique non seulement prévient les émissions de carbone dans l'atmosphère, mais peut aussi avoir un effet positif sur la productivité des sols, préserver la biodiversité et diminuer les problèmes de pollution atmosphérique imputables à la combustion de la biomasse. Le piégeage du carbone par la plantation de forêts peut augmenter les puits de carbone et protéger les sols et les bassins hydrologiques, mais — s'il est mal géré — peut nuire à la biodiversité et aux ressources hydriques. Par exemple, dans certaines mises en œuvre, les monocultures peuvent appauvrir la biodiversité locale.

8.23 **De même, la résolution de problèmes environnementaux autres que ceux des changements climatiques peut offrir des bénéfices accessoires, mais les liens entre les divers problèmes peuvent également conduire à des interactions**, comme indiqué dans les exemples ci-dessous :

GTIII TRE Sections 2.4, 9.2.8, & 10.3.2, & RSSE

- Les mesures d'intervention visant à réduire la pollution atmosphérique auront probablement des bénéfices significatifs dans le domaine des gaz à effet de serre. Par exemple, la pollution croissante est souvent associée au secteur des transports en expansion rapide dans tous les pays, qui produit des émissions de particules et de précurseurs de la pollution par l'ozone. Les mesures prises pour éliminer ces émissions afin de réduire les incidences sur la santé, l'agriculture, et les forêts grâce à l'amélioration de l'efficacité énergétique ou au développement d'énergie sans combustibles fossiles peuvent aussi réduire les émissions de gaz à effet de serre.
- Le contrôle des émissions de soufre a des effets positifs sur la santé et la végétation ; mais les aérosols sulfatés annulent en partie l'effet de réchauffement des gaz à effet de serre et, par conséquent, le contrôle des émissions de soufre peut amplifier les changements climatiques éventuels. Un contrôle des émissions de soufre par la désulfuration des gaz de combustion des centrales entraîne une pénalité énergétique, avec augmentation associée des émissions de gaz à effet de serre.

8.24 **L'adoption de technologies et de pratiques écologiquement rationnelles offre des opportunités particulières de développement économiquement, environnementalement et socialement rationnel, tout en évitant les activités fortes consommatrices de gaz à effet de serre.** Par exemple, l'application simultanée de technologies à haut rendement énergétique axées aussi bien sur la demande que sur l'offre limite certains effets environnementaux liés à l'énergie, et peut diminuer la pression relative aux investissements énergétiques, réduire les investissements publics, améliorer la compétitivité des exportations, et augmenter les réserves énergétiques. L'adoption de pratiques agricoles plus durables (en Afrique, par exemple) illustre les effets mutuellement renforçateurs de l'atténuation des changements climatiques, de la protection de l'environnement, et des bénéfices économiques à long terme. L'introduction ou le développement de l'agroforesterie et d'une agriculture avec engrais équilibrée peuvent améliorer la sécurité alimentaire, tout en réduisant les émissions de gaz à effet de serre. Des modes de développement plus décentralisés, privilégiant le rôle des petites villes ou des villes moyennes peuvent diminuer l'exode rural, réduire les besoins de transport, et permettre l'utilisation de technologies écologiquement rationnelles (biocarburants, énergie solaire, énergie éolienne, et hydroénergie à petite échelle) pour l'exploitation des grandes réserves de ressources naturelles.

GTII TRE Section 7.5.4 & GTIII TRE Section 10.3.2

8.25 **Fréquemment, la réduction de la vulnérabilité aux changements climatiques peut réduire la vulnérabilité aux autres contraintes environnementales, et inversement.** Ceci est illustré par les exemples suivants :

GTII TRE Sections 4.1–2 & 7.5.4

- *Protection des écosystèmes menacés* : L'élimination des contraintes sociétales et la gestion durable des ressources peuvent aider les systèmes uniques et menacés à faire face à la contrainte supplémentaire imposée par les changements climatiques. La prise en compte des risques de changements climatiques et l'intégration aux besoins socio-économiques et aux plans de développement peuvent renforcer l'efficacité des stratégies de protection de la biodiversité et des mesures d'adaptation aux changements climatiques.

- *Gestion de l'affectation des terres* : La restauration des terres dégradées ou la prévention de leur dégradation diminuent également la vulnérabilité aux changements climatiques, en particulier lorsque les stratégies de réponse examinent les facteurs socio-économiques définissant les pratiques d'affectation des terres, ainsi que les risques supplémentaires imposés par les changements climatiques. Dans les régions où le déboisement est en cours, entraînant des émissions de carbone et l'augmentation du ruissellement maximal, la régénération de la végétation par le reboisement (et, si possible, par le boisement) et la revégétation peuvent contribuer à lutter contre la désertification.
- *Gestion de l'eau douce* : Les changements climatiques peuvent aggraver les problèmes relatifs à la disponibilité, l'abondance, et la pollution de l'eau douce, souvent dus aux pressions liées à la démographie et au développement. La réduction de la vulnérabilité au stress hydrique (par la conservation de l'eau, la gestion des besoins hydriques, et une utilisation plus rationnelle de l'eau) réduit également la vulnérabilité à la contrainte supplémentaire imposée par les changements climatiques.

GTIII TRE Sections 1.3.4, 2.2.3, & 10.3.2, & DRE DG

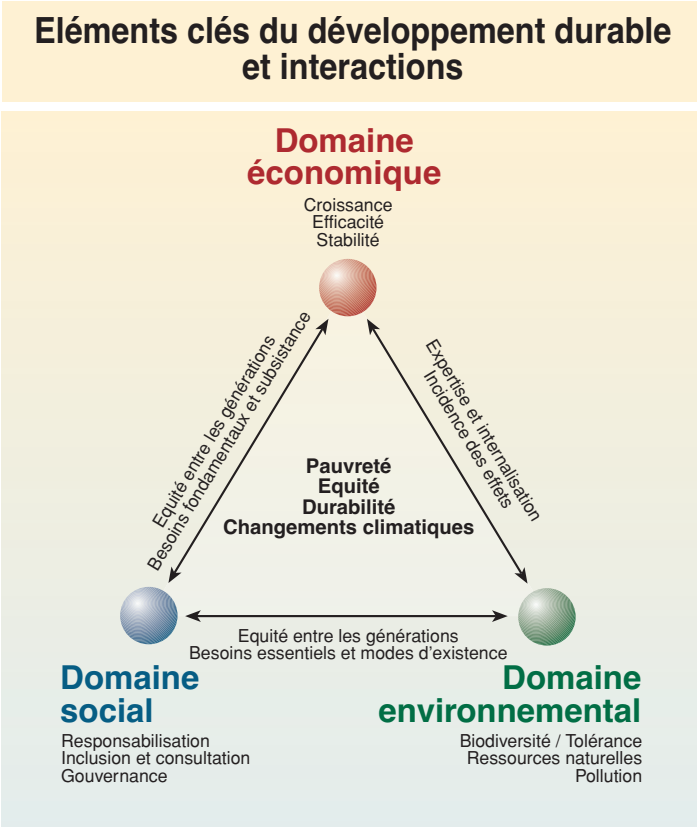
8.26 **Des méthodes qui exploitent les synergies entre les politiques environnementales et les objectifs clés socio-économiques nationaux, tels que la croissance et l'équité, peuvent permettre d'atténuer et réduire la vulnérabilité aux changements climatiques, et de promouvoir un développement durable.** Le développement durable est étroitement lié aux composants environnementaux, sociaux et économiques qui définissent la structure de chaque communauté. Les interactions entre les divers composants d'un développement durable sont illustrées à la Figure 8–3, qui montre comment des éléments importants, tels que les changements climatiques, la durabilité, la pauvreté et l'équité peuvent être liés aux trois composants structuraux. Tout comme des mesures d'intervention climatiques peuvent générer des bénéfices accessoires au niveau du bien-être, des mesures d'intervention socio-économiques sans rapport avec le climat peuvent elles aussi générer des bénéfices d'ordre climatique. Ces bénéfices accessoires pourraient contribuer à la réalisation des objectifs de développement durable. Il existe des interactions complexes entre les problèmes environnementaux, sociaux et économiques, et par conséquent, aucun de ces problèmes ne peut être résolu isolément.

GTII TRE Chapitre 18 & GTIII TRE Sections 1.5.1, 2.4.4, 5.3, 10.3.2, & 10.3.4

8.27 **Les pays ayant des ressources économiques limitées, de faibles niveaux de technologie, des systèmes d'information peu développés, des infrastructures insuffisantes, des institutions instables et faibles, et des structures de participation et un accès aux ressources inéquitables, sont vulnérables non seulement aux changements climatiques, mais également à d'autres problèmes environnementaux, et leur capacité d'adaptation et/ou d'atténuation est limitée face à cette évolution environnementale.** Cette capacité d'adaptation et d'atténuation peut être renforcée par l'intégration des politiques climatiques dans les objectifs non climatiques des politiques de développement national et par leur transformation en stratégies transitoires générales en vue d'obtenir les changements sociaux et technologiques à long terme nécessaires à un développement durable et à l'atténuation des changements climatiques.

GTIII TRE Section 10.3.2

8.28 **Il existe une interdépendance élevée entre les questions d'ordre environnemental couvertes par des accords environnementaux multilatéraux ; et la mise en œuvre de ces accords peut exploiter certaines synergies.** Des problèmes relatifs à l'environnement mondial font l'objet de conventions et d'accords individuels — la Convention de Vienne et son Protocole de Montréal, la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques, la Convention des Nations unies sur la diversité biologique, la Convention des Nations unies sur la lutte contre la désertification, et le Forum des Nations unies sur les forêts — et d'un ensemble d'accords régionaux, tels que la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontalière à longue distance. Le Tableau 8–3 contient une liste d'exemples de ces conventions et accords. Ces accords peuvent inclure entre autres, des exigences similaires concernant l'établissement d'objectifs généraux par des institutions gouvernementales ou civiles communes ou coordonnées — par exemple, l'établissement



DG DED

Figure 8–3 : Les sommets du triangle représentent les trois grandes dimensions ou domaines du développement durable : économique, social et environnemental. Le domaine économique est axé principalement sur l'amélioration du bien-être humain, essentiellement par l'augmentation de la consommation de biens et de services. Le domaine environnemental est axé sur la protection de l'intégrité et de la tolérance des écosystèmes. Le domaine social est axé sur le renforcement des rapports humains et la réalisation des aspirations individuelles et collectives. Des exemples de liens entre ces domaines sont indiqués le long des côtés du triangle. Des questions importantes, telles que les changements climatiques, la pauvreté, l'équité et la durabilité, sont situées dans le triangle et sont en interaction avec les trois domaines.

de stratégies et de plans d'action comme cadre de travail pour une mise en œuvre à l'échelle nationale ; la collecte de données et le traitement de l'information ; de nouvelles capacités renforcées pour les ressources humaines et les structures institutionnelles ; et des obligations de comptes rendus. Ils constituent également un cadre de travail qui permet d'utiliser des synergies à des fins d'évaluation scientifique (voir Encadré 8–1).

Encadré 8–1	Évaluation des changements climatiques et de l'appauvrissement de l'ozone stratosphérique.

Le Groupe d'évaluation scientifique de l'appauvrissement de la couche d'ozone du Protocole de Montréal et le GIEC ont effectué des évaluations intégrées de l'état des connaissances à propos du couplage de la couche d'ozone stratosphérique et du système climatique. Au cours de ces dernières années, la pertinence climatique des gaz qui appauvrissent la couche d'ozone a été incluse dans l'évaluation scientifique de l'appauvrissement de la couche d'ozone. Ces études ont aussi évalué l'influence des changements climatiques actuels et futurs et de l'abondance des gaz à effet de serre sur la régénération de la couche d'ozone. Le GIEC a évalué la tendance au refroidissement climatique imputable à l'appauvrissement de la couche d'ozone. D'autres évaluations conjointes ont été effectuées, notamment l'évaluation des incidences de l'aviation sur le climat et sur la couche d'ozone, et la modification éventuelle des besoins d'atténuation du Protocole de Montréal en matière de produits de substitution aux gaz à effet de serre (notamment les hydrofluorocarbures) suite à des décisions sur le potentiel de réchauffement de ces gaz. Ces évaluations permettent de mieux comprendre comment des décisions et des mesures prises à propos d'un problème peuvent influer sur un autre problème, et contribuent à l'instauration d'un réel dialogue entre les cadres de politique.

GTI TRE Sections 4.2, 5.5, 6.13, & 7.2.4, GTIII TRE Chapitre 3 Appendice, & RSAAP Section 4.2

Tableau 8–3 Sélection de traités environnementaux internationaux

Convention et Accord	***Lieu et date d'adoption***
Traité sur l'Antarctique - Protocole au Traité sur l'Antarctique relatif à la protection de l'environnement	Washington, 1959 Madrid, 1991
Convention sur les zones humides d'importance internationale particulièrement comme habitat de la sauvagine - Protocole en vue d'amender la Convention sur les zones humides d'importance internationale particulièrement comme habitat de la sauvagine	Ramsar, 1971 Paris, 1982
Convention internationale pour la prévention de la pollution par les navires	Londres, 1973
Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvage menacées d'extinction	Washington, 1973
Convention sur la prévention de la pollution marine d'origine tellurique	Paris, 1974
Convention sur la conservation des espèces migratrices appartenant à la faune sauvage	Bonn, 1979
ONU/CEE — Convention sur la pollution atmosphérique transfrontières à longue distance - Protocole sur le financement à long terme du Programme concerté pour la surveillance continue et l'évaluation du transport à longue distance des polluants atmosphériques en Europe - Protocole sur la réduction d'au moins 30 % des émissions de soufre ou de leurs flux transfrontières - Protocole relatif à la lutte contre les émissions d'azote ou de leurs flux transfrontières - Protocole relatif à la lutte contre les émissions des composés organiques volatifs ou de leurs flux transfrontières - Protocole relatif à une nouvelle réduction des émissions de soufre - Protocole sur les métaux lourds - Protocole sur les polluants organiques persistants - Protocole pour la lutte contre l'acidification, l'eutrophisation et l'ozone troposphérique	Genève, 1979 Genève, 1984 Helsinki, 1985 Sofia, 1988 Genève, 1991 Oslo, 1994 Aarhus, 1998 Aarhus, 1998 Göteborg, 1999
Convention des Nations unies sur le droit de la mer	Montego Bay, 1982
Convention de Vienne sur la protection de la couche d'ozone - Protocole de Montréal relatif aux substances qui appauvrissent la couche d'ozone	Vienne, 1985 Montréal, 1987
Convention de Bâle sur le contrôle des mouvements transfrontaliers des déchets dangereux et leur élimination - Amendement à la Convention de Bâle sur le contrôle des mouvements transfrontaliers des déchets dangereux et leur élimination	Bâle, 1989 Genève, 1995
ONU/CEE — Convention sur la protection et l'utilisation des cours d'eau transfrontières et des lacs internationaux	Helsinki, 1992
Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques - Protocole de Kyoto à la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques	New York, 1992 Kyoto, 1997
Convention sur la diversité biologique - Protocole de Carthagène sur la biosécurité à la Convention sur la diversité biologique	Rio de Janeiro, 1992 Montréal, 2000
Convention des Nations unies sur la lutte contre la désertification dans les pays gravement touchés par la sécheresse et/ou la désertification, en particulier en Afrique	Paris, 1994
Convention de Stockholm sur les polluants organiques persistants	Stockholm, 2001
Forum des Nations unies sur les forêts[a]	New York, 2001

[a] Cette référence est incluse en raison de l'importance de l'action internationale menée en vue d'un traité sur la question des forêts et de leur importance environnementale.

Question 9

Q9

Quelles sont les conclusions les plus robustes et les incertitudes clés en ce qui concerne l'attribution des changements climatiques et les projections des modèles à propos :

- des futures émissions de gaz à effet de serre et d'aérosols ?
- des futures concentrations de gaz à effet de serre et d'aérosols ?
- des futurs changements climatiques régionaux et mondiaux ?
- des incidences régionales et mondiales des changements climatiques ?
- des coûts et bénéfices des options d'atténuation et d'adaptation ?

Introduction

9.1 **La compréhension des changements climatiques, de leurs incidences et des options d'atténuation et d'adaptation est développée à l'aide de recherches et de contrôles pluri et interdisciplinaires dans un cadre d'évaluation intégré.** Avec l'amélioration de la compréhension, certaines conclusions deviennent plus robustes, et certaines incertitudes apparaissent comme critiques pour la formulation de politiques basées sur des informations précises. Certaines incertitudes sont dues à des données insuffisantes et une compréhension incomplète des processus clés, ainsi qu'à des désaccords sur ce qui est connu ou même ce qui peut être connu. D'autres incertitudes sont associées aux prévisions de comportements sociaux et individuels à la suite d'informations et d'événements. Les incertitudes tendent a augmenter avec la complexité des problèmes, en raison de l'adjonction d'éléments supplémentaires afin d'inclure un ensemble plus complet d'incidences physiques, techniques, sociales, et de réponses. La réponse du climat à l'influence humaine n'est ni délibérée ni choisie ; par contre, la société peut répondre délibérément aux changements climatiques, et dispose de multiples options. Un des objectifs du TRE et d'autres rapports du GIEC est d'examiner, évaluer, quantifier et, si possible, réduire ces incertitudes.

9.2 **Dans le présent rapport, on entend par conclusion robuste en matière de changements climatiques un résultat qui reste valable avec diverses démarches, méthodes, modèles et hypothèses, et sur lequel les incertitudes seront relativement sans effet.** Un résultat robuste peut entrer dans une des deux catégories suivantes dans la littérature : *bien établi* (niveau d'accord et niveau de preuves élevés) et *établi mais incomplet* (niveau d'accord élevé, mais preuves incomplètes). La robustesse est différente de la probabilité : une conclusion selon laquelle un résultat est « exceptionnellement improbable » peut être tout aussi robuste qu'une conclusion indiquant qu'il est « pratiquement certain ». Un des développements importants du TRE concerne les nombreuses possibilités de chemins d'émissions et de concentrations de gaz à effet de serre représentés par le RSSE. Des conclusions robustes sont celles qui restent valables pour un large éventail de mondes possibles.

9.3 **Dans ce contexte, on entend par incertitudes clés des incertitudes qui, si elles sont réduites, peuvent donner lieu à de nouvelles conclusions robustes à propos des questions du présent rapport.** A leur tour, ces conclusions peuvent conduire à l'amélioration ou l'extension de l'information sous-jacente à l'élaboration des politiques. Les incertitudes ne peuvent jamais être complètement éliminées, mais peuvent souvent être réduites par de nouvelles preuves et par l'amélioration des connaissances, en particulier pour la recherche de résultats cohérents ou de conclusions robustes.

9.4 **Les conclusions robustes et les incertitudes clés peuvent être unies dans un cadre d'évaluation intégré.**

9.5 **Le cadre d'évaluation intégré décrit dans le présent rapport permet de réunir les conclusions robustes et les incertitudes clés dans des prévisions fournies par des modèles.** Un tel cadre peut inclure toutes les disciplines examinées pour comprendre le climat, la biosphère et la société humaine. Il souligne les liens entre les systèmes décrits dans les rapports des Groupes de Travail du TRE et examine également les liens entre les changements climatiques et d'autres questions environnementales, et aide à révéler les lacunes en matière de connaissances. Il montre comment des incertitudes clés peuvent influer sur le tableau d'ensemble. La Figure 1–1 représente les possibilités d'intégration de l'adaptation et de l'atténuation dans l'évaluation. Les systèmes humains et naturels devront s'adapter aux changements climatiques, ce qui aura des effets sur le développement. L'adaptation sera à la fois autonome et dépendante d'initiatives gouvernementales ; les mesures d'adaptation réduiront (sans toutefois les prévenir complètement) certaines incidences des changements climatiques sur ces systèmes et sur le développement. Les mesures d'adaptation génèrent des bénéfices, mais aussi des coûts. L'atténuation diffère de l'adaptation, en ceci qu'elle diminue les émissions au début du cycle, elle réduit les

concentrations (par rapport à ce qui se passerait en son absence), et réduit les changements climatiques et les risques et incertitudes associés aux changements climatiques. Elle réduit également le besoin d'adaptation, les effets des changements climatiques et les effets sur le développement socio-économique. De plus, l'atténuation vise à résoudre le problème des effets sur le système climatique, alors que l'adaptation est axée principalement sur la résolution des problèmes des effets localisés des changements climatiques. La prévention des changements climatiques représente le principal bénéfice de l'atténuation, mais celle-ci est aussi génératrice de coûts. Par ailleurs, l'atténuation donne lieu à des bénéfices accessoires (par exemple, l'amélioration de la santé résultant de la réduction de la pollution atmosphérique). Une démarche totalement intégrée en matière d'évaluation des changements climatiques doit étudier le cycle complet illustré à la Figure 1–1 dynamiquement avec toutes les rétroactions, mais ceci n'a pas pu être réalisé dans le TRE.

9.6 Dans les exemples du Tableau RID–3, un grand nombre des ***conclusions robustes*** concernent l'*existence* d'une réponse du climat aux activités humaines et la forme de cette réponse. De nombreuses ***incertitudes clés*** concernent la *quantification* de l'ampleur et/ou de l'échelle temporelle de la réponse, ainsi que les effets potentiels d'une amélioration des méthodes et d'une modification des hypothèses.

Attribution des changements climatiques

9.7 **Il existe à présent des preuves plus concluantes de l'influence des activités humaines sur le climat mondial.**

9.8 **Un nombre croissant d'observations décrivent un monde plus chaud, et, selon les études de simulation, la plus grande partie du réchauffement observé à la surface de la terre au cours des cinquante dernières années est probablement imputable aux activités humaines.** A l'échelle mondiale, les années 1990 sont très probablement la décennie la plus chaude du relevé instrumental (c'est-à-dire depuis 1861). L'augmentation de la température à la surface au cours du XXe siècle dans l'hémisphère Nord a été probablement plus importante qu'au cours de tout autre siècle du dernier millénaire. Les preuves plus concluantes fournies par les observations et par les simulations permettent d'attribuer l'essentiel du réchauffement observé au cours des cinquante dernières années à l'augmentation des concentrations de gaz à effet de serre. Les observations accroissent également le degré de confiance pour ce qui est de la capacité de prévision des changements climatiques par les modèles. Une meilleure quantification de l'influence humaine dépend d'une réduction des ***incertitudes clés*** sur l'ampleur et le caractère de la variabilité naturelle et l'ampleur des forçages climatiques dus aux facteurs naturels et aux aérosols anthropiques (en particulier les effets indirects) et sur les liens entre les tendances régionales et les changements climatiques anthropiques.

Q2.7 & Q2.10–11

Futures émissions et concentrations de gaz à effet de serre et d'aérosols

9.9 **Les activités humaines augmentent les concentrations atmosphériques de gaz à effet de serre.**

9.10 **Depuis 1750 (c'est-à-dire depuis le début de la Révolution industrielle), la concentration atmosphérique de CO_2 (le plus important facteur de forçage radiatif anthropique) a augmenté de 31 % en raison des activités humaines, et tous les scénarios du RSSE prévoient des augmentations significatives à l'avenir (Figure 9–1a).** Les concentrations d'autres gaz à effet de serre ont elles aussi augmenté depuis 1750 (150 % pour le CH_4, 17 % pour le N_2O, par exemple). La concentration actuelle de CO_2 n'a pas été dépassée au cours des 420 000 dernières années (durée mesurable par les carottes glaciaires) et probablement pas au cours des 20 millions d'années passées. Comparé à tous les autres changements mondiaux continus, le rythme

Q2.4, Q3.3, Q3.5, & Q5.3

d'augmentation est sans précédent, au moins au cours des vingt derniers millénaires. Des projections de concentrations de gaz à effet de serre basées sur l'ensemble de scénarios du RSSE (voir Encadré 3–1) indiquent la poursuite de l'augmentation des concentrations de CO_2 jusqu'en 2100. La plupart des scénarios du RSSE indiquent des réductions des émissions de SO_2 (précurseur des aérosols sulfatés) d'ici 2100 par rapport à 2000. Certains gaz à effet de serre (comme le CO_2, le N_2O, ou les perfluorocarbures) ont de longues durées de vie atmosphériques (un siècle ou plus), alors que la durée de vie des aérosols se mesure en jours. Des ***incertitudes clés*** sont inhérentes aux hypothèses sous-jacentes à la large fourchette d'émissions prévues dans les scénarios du RSSE, et donc, à la quantification des futures concentrations. Ces incertitudes sont liées à la croissance démographique, à l'évolution technologique, à la croissance économique et aux structures de gouvernance, qui sont particulièrement difficiles à quantifier. De plus, on ne dispose que de scénarios d'émissions imparfaits pour l'étude de l'ozone et des précurseurs d'aérosols dans l'atmosphère inférieure. Des connaissances insuffisantes à propos de tous les facteurs inhérents à la modélisation du cycle du carbone et de l'inclusion des effets des rétroactions climatiques expliquent d'autres incertitudes, plus réduites. La prise en compte de toutes ces incertitudes conduit à une fourchette de concentrations de CO_2 en 2100 de l'ordre de 490 à 1 260 ppm (comparée à une concentration préindustrielle de 280 ppm environ, et à une concentration de 368 ppm environ en 2000).

9.11 **Il est pratiquement certain que les émissions de CO_2 imputables aux combustibles fossiles continueront d'être l'influence dominante sur les**

Q4.11 & Q7.4

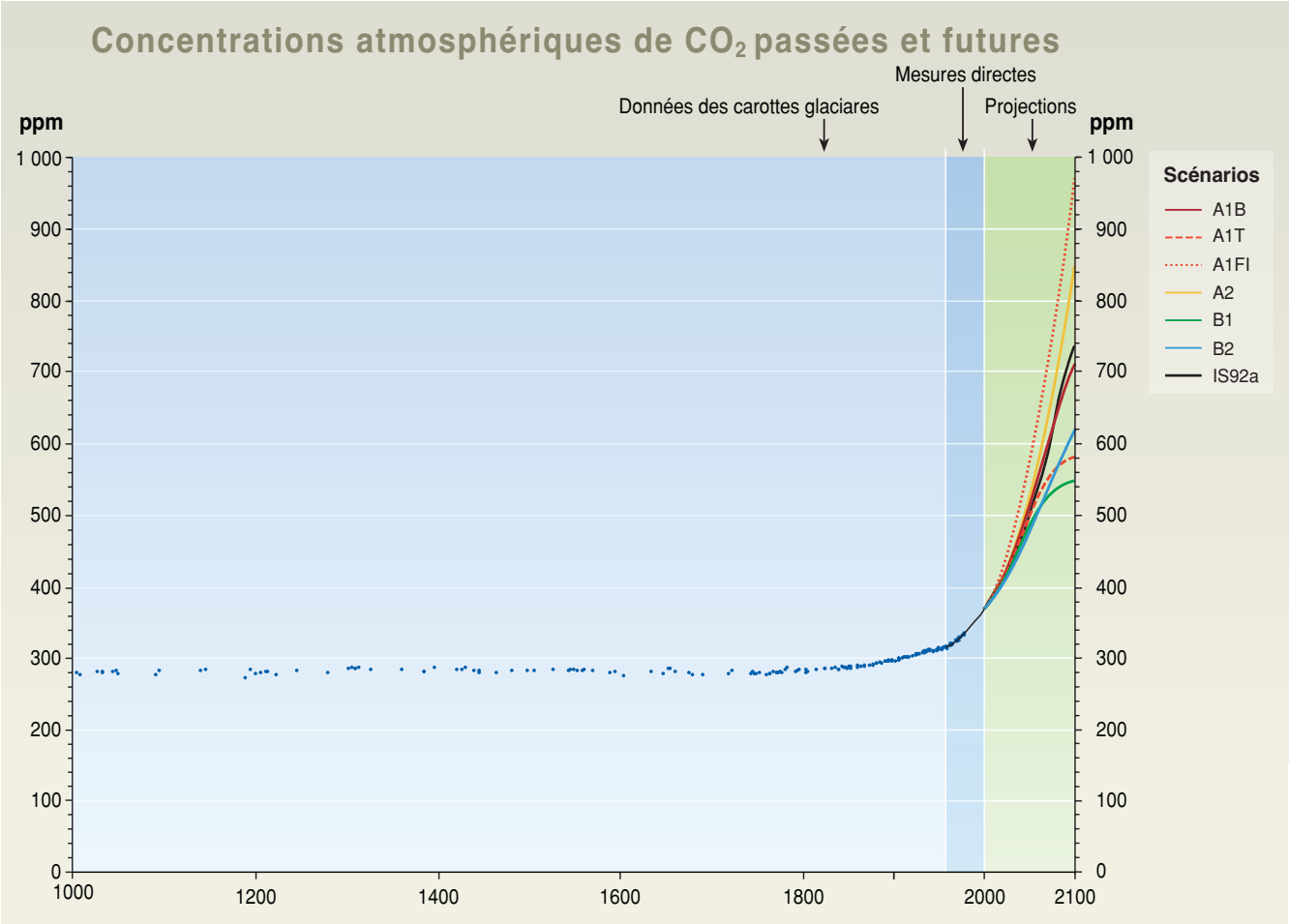


Figure 9–1a : Observations des concentrations atmosphériques de CO_2 pour la période 1000–2000 obtenues à partir des données des carottes glaciaires et des données fournies par des mesures atmosphériques directes au cours des dernières décennies. Entre 2000 et 2100, les projections de concentrations de CO_2 basées sur six scénarios d'illustration du RSSE et IS92a sont représentées (à des fins de comparaison avec le DRE).

GTI TRE RID Figures 2a & 5b

tendances des concentrations de CO_2 au cours du XXIe siècle. Ceci est indiqué par des scénarios du RSSE dans lesquels les prévisions d'émissions dues aux combustibles fossiles sont supérieures aux sources et puits biosphériques prévisibles pour le CO_2. Selon les estimations, même si tout le carbone émis jusqu'ici à la suite des changements d'affectation des terres pouvait revenir dans la biosphère terrestre (grâce au reboisement, par exemple), la concentration de CO_2 diminuerait de 40 à 70 ppm. Il existe des ***incertitudes clés*** à propos de l'influence des changements d'affectation des terres et des rétroactions biosphériques sur l'absorption, le stockage et l'émission de carbone, lesquels à leur tour pourraient influer sur les concentrations de CO_2.

Futurs changements climatiques régionaux et mondiaux

9.12 **Le climat a changé au cours du XXe siècle ; des changements plus importants sont prévus pour le XXIe siècle.**

9.13 **Tous les scénarios du RSSE indiquent que la température moyenne mondiale à la surface continuera d'augmenter au XXIe siècle, à un rythme probablement sans précédent au cours des dix derniers millénaires, comme le confirment les données paléoclimatiques (Figure 9–1b).** Très probablement, la quasi totalité des zones terrestres se réchaufferont plus rapidement que la moyenne mondiale, en particulier celles situées aux latitudes élevées septentrionales pendant la saison froide. Il y aura très probablement plus de jours chauds ; moins de jours froids, de vagues de froid et de jours de gel ; et la fourchette de températures diurnes sera moins large.

Q3.7, Q3.11, & Q4.5

9.14 **Dans un monde plus chaud, il y aura intensification du cycle hydrologique.** Les précipitations moyennes mondiales devraient augmenter. Des précipitations plus intenses (et par conséquent des inondations) seront très probables sur de nombreuses régions. Une sécheresse estivale et un risque connexe de sécheresses seront probables sur la plupart des zones intérieures continentales à moyenne latitude. Même si l'ampleur du phénomène El Niño ne change pas ou change peu, l'élévation des températures à l'échelle mondiale entraînera probablement des extrêmes plus importants de sécheresse et de fortes précipitations, et augmentera le risque de sécheresses et d'inondations associé au phénomène El Niño dans nombre de régions.

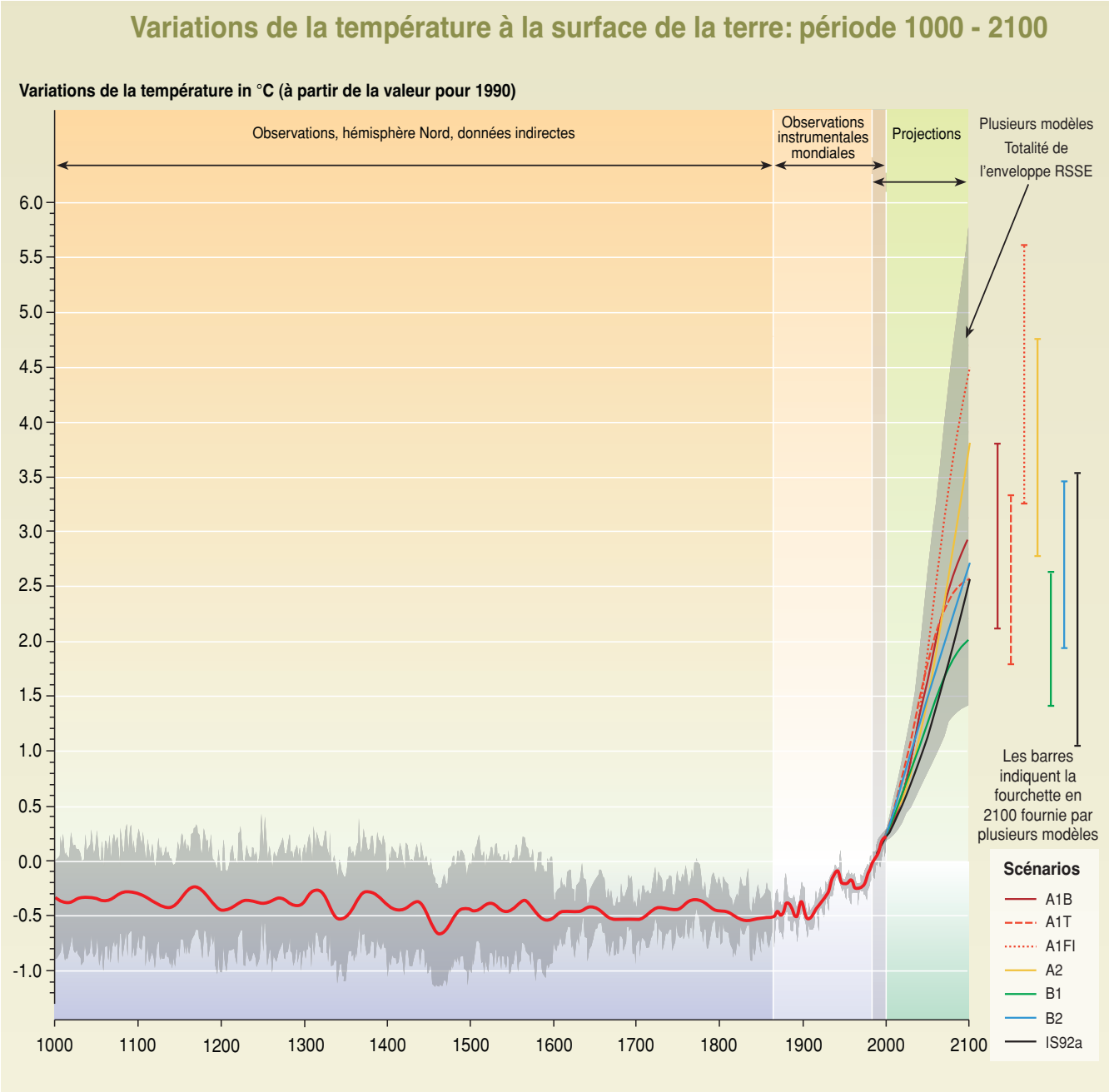
Q2.24, Q3.8, Q3.12, Q4.2, & Q4.6

9.15 **Dans un monde plus chaud, le niveau de la mer s'élèvera, principalement en raison de la dilatation thermique et de la fonte des glaciers et des calottes polaires, et cette élévation se poursuivra pendant des centaines d'années après la stabilisation des concentrations de gaz à effet de serre.** Ceci est dû aux longues échelles temporelles nécessaires à l'adaptation des profondeurs océaniques aux changements climatiques. Les inlandsis continueront de réagir aux changements climatiques pendant des milliers d'années. Selon les modèles, un réchauffement local (moyenne annuelle) de plus de 3 ºC, qui se poursuivrait pendant de nombreux millénaires, entraînerait à la fonte quasi totale de l'inlandsis groenlandais et serait accompagné par une élévation du niveau de la mer de 7 m environ.

Q3.9, Q3.14, Q4.15, & Q5.4

9.16 Les ***incertitudes clés*** qui influent sur la quantification et le détail des prévisions des futurs changements climatiques sont celles associées aux scénarios du RSSE, et celles associées à la modélisation des changements climatiques, notamment en ce qui concerne la compréhension des rétroactions clés dans le système climatique, et en particulier les incertitudes à propos des nuages, de la vapeur d'eau et des aérosols (y compris leur forçage indirect). Si l'on tient compte de ces incertitudes, on peut prévoir une fourchette d'augmentation de la température à la surface, pour la période entre 1990 et 2100, de 1,4 à 5,8 ºC (voir Figure 9–1b) et d'élévation du niveau de la mer de 0,09 à 0,88 m. Il existe une autre incertitude pour ce qui est de la compréhension de la distribution théorique associée aux prévisions des températures et du niveau de la mer pour l'ensemble des scénarios du RSSE. Des ***incertitudes clés*** existent également à propos du détail des changements climatiques régionaux et de leurs incidences, ceci en raison des

Q3.6, Q3.9, & Q4.9–19



GT1 TRE RID Figures 1b & 5d

Figure 9–1b : Variations de la température à la surface de la terre: période 1000-2100. Les variations des températures moyennes à la surface de l'hémisphère Nord pour la période 1000–1860 sont représentées (des données correspondantes pour l'hémisphère Sud ne sont pas disponibles) reconstituées à partir de données indirectes (cernes d'arbres, coraux, carottes glaciaires et données historiques). La ligne indique la moyenne de cinquante ans, la partie grise la limite de confiance de 95 % dans les données annuelles. De 1860 à 2000, les variations des observations des températures moyennes mondiales et annuelles à la surface obtenues par relevé instrumental sont indiquées ; la ligne représente la moyenne décennale. De 2000 à 2100, les projections des températures moyennes mondiales à la surface sont indiquées pour les six scénarios d'illustration du RSSE et IS92a utilisant un modèle avec une sensibilité du climat moyenne. La partie grise intitulée « plusieurs modèles totalité de l'enveloppe RSSE » représente la fourchette de résultats obtenus avec l'ensemble complet des 35 scénarios du RSSE en plus de ceux obtenus à partir de modèles avec des sensibilités du climat différentes.

capacités limitées des modèles régionaux et des modèles mondiaux qui les contrôlent, et des résultats contradictoires fournis par divers modèles, en particulier dans certaines régions et pour les précipitations. Les mécanismes, la quantification, les échelles temporelles, et les probabilités associés aux changements climatiques abrupts/non linéaires à grande échelle (circulation thermohaline océanique, par exemple) sont eux aussi entachés d'incertitudes.

Effets régionaux et mondiaux des changements climatiques

9.17 **Les changements climatiques prévus auront des effets bénéfiques et néfastes sur les systèmes environnementaux et socio-économiques, mais plus les changements et leur rythme seront grands, plus les effets néfastes prédomineront.**

9.18 **Les changements climatiques régionaux, notamment les augmentations de température, ont déjà eu et continueront d'avoir des incidences sur nombre de systèmes physiques et biologiques dans de nombreuses régions du monde.** La régression des glaciers, les réductions de la couverture neigeuse saisonnière, la fonte du pergélisol, le gel plus tardif et la fonte plus précoce de la glace fluviale et lacustre, la diminution de la glace marine arctique, la prolongation des saisons de croissance végétale aux moyennes et hautes latitudes, le déplacement vers les pôles et en altitude dans le cas des plantes, insectes, oiseaux et poissons, les changements de la progression saisonnière de certains végétaux et animaux, la diminution de certaines populations végétales et animales, la dégradation des récifs coralliens, sont des exemples de changements observés. Tous les scénarios du RSSE indiquent que ces changements devraient s'accentuer à l'avenir, et montrent que les tendances au réchauffement pour le XXIe siècle sont deux à dix fois supérieures à celles observées au XXe siècle. Un grand nombre de systèmes physiques sont vulnérables aux changements climatiques : par exemple, les effets des ondes de tempêtes côtières seront aggravés par l'élévation du niveau de la mer, et les glaciers et le pergélisol continueront de régresser. A certaines moyennes et hautes latitudes, la productivité végétale (arbres et certaines cultures agricoles) pourrait augmenter dans le cas de faibles élévations de température. Dans la plupart des régions du monde, la productivité végétale devrait diminuer dans le cas d'un réchauffement de plus de quelques (« a few ») °C ; et dans la plupart des régions tropicales et subtropicales les rendements devraient diminuer dans le cas de la quasi totalité des augmentations de température.

→ Q3.14 & Q3.18–21

9.19 **Les écosystèmes et les espèces sont vulnérables aux changements climatiques et autres contraintes (comme le montrent les effets observés de récentes variations de températures régionales) et certains seront endommagés ou détruits irréversiblement.** Les systèmes naturels menacés incluent les récifs coralliens et les atolls, les forêts de mangroves, boréales et tropicales, les écosystèmes polaires et alpins, les prairies humides, et les prairies indigènes. Le nombre et la diversité de certaines espèces pourront augmenter, mais les changements climatiques augmenteront les risques d'extinction pour d'autres espèces plus vulnérables, ainsi que le risque d'appauvrissement de la biodiversité. C'est un fait *bien établi* que la portée géographique des dommages ou des disparitions, et le nombre de systèmes affectés, augmenteront avec l'ampleur et le rythme des changements climatiques.

→ Q3.18

9.20 **Les effets néfastes des changements climatiques s'exerceront de façon disproportionnée sur les pays en développement et les populations déshéritées de ces pays.** Les changements prévus au niveau des extrêmes climatiques pourraient avoir des conséquences considérables, en particulier sur la sécurité hydrique et alimentaire et sur la santé. La vulnérabilité des sociétés humaines et des systèmes naturels aux extrêmes climatiques est illustrée par les dommages, les problèmes et les décès causés par les sécheresses, inondations, vagues de chaleur, avalanches, glissements de terrains et tornades, en nombre croissant au cours des dernières décennies. On prévoit une augmentation des précipitations totales, mais c'est au niveau de l'intensité et de la fréquence des précipitations que les changements seront les plus marqués, ce qui renforcera les risques d'extrêmes de sécheresse et de précipitations, et donc de sécheresses et d'inondations au cours du XXIe siècle. Ces augmentations, associées à un stress hydrique accru (qui se produit déjà du fait des besoins croissants) influeront sur la sécurité alimentaire et sur la santé, surtout dans les pays en développement. De même, la fréquence et l'ampleur des extrêmes à basse température, tels que les vagues de froid, devraient augmenter à l'avenir, et seraient accompagnés d'effets positifs et négatifs.

→ Q3.17, Q3.21–22, & Q3.33

9.21 **Les populations des petites îles et/ou des zones côtières de faible élévation sont particulièrement menacées par le risque d'effets socio-économiques graves résultant de l'élévation du niveau de la mer et des ondes de tempêtes.** Des dizaines de millions de personnes vivant dans des deltas, dans des zones côtières de faible élévation et sur de petites îles devront peut-être quitter leur région. D'autres effets néfastes seront aggravés par la pénétration de l'eau de mer et par les inondations dues aux ondes de tempêtes, à la disparition des zones humides côtières et au ralentissement des débits fluviaux.

Q3.23–24

9.22 Des ***incertitudes clés*** en matière d'identification et de quantification des incidences sont dues à une absence d'informations détaillées locales ou régionales fiables sur les changements climatiques – en particulier pour les prévisions des phénomènes extrêmes, à une prise en compte insuffisante des évaluations des incidences des changements des phénomènes extrêmes et des catastrophes, à une compréhension imparfaite de certains processus non linéaires et des rétroactions, à des incertitudes sur les coûts des dommages dus aux effets climatiques, à une absence de données pertinentes et une compréhension insuffisante des processus clés dans diverses régions, et à des incertitudes quant à l'évaluation et aux prévisions de la réponse des écosystèmes, des systèmes sociaux (effets des maladies à transmission vectorielles et des maladies d'origine hydrique, par exemple) et économiques face à l'effet cumulé des changements climatiques et autres contraintes, telles que les changements de l'affectation des terres, la pollution locale, etc.

Q3.13, Q4.10, & Q4.18–19

Coûts et bénéfices des options d'adaptation et d'atténuation

9.23 **L'adaptation est une nécessité ; l'anticipation, l'analyse et la planification peuvent en réduire les coûts.**

9.24 **Désormais, l'adaptation n'est plus une option, mais une nécessité, étant donné que les changements climatiques et leurs incidences sont déjà une réalité. Une adaptation anticipée et réactive, variable en fonction du lieu et du secteur, peut réduire les effets néfastes des changements climatiques, augmenter les effets bénéfiques, et générer de nombreux bénéfices accessoires immédiats, sans toutefois prévenir tous les dommages.** Cependant, son potentiel est beaucoup plus limité pour les systèmes naturels que pour les systèmes humains. Face aux changements climatiques, la capacité d'adaptation des régions dépend dans une très large mesure de leurs stades de développement socio-économique actuels et futurs, et de leur exposition aux contraintes climatiques. Le potentiel d'adaptation des pays en développement est donc plus limité, alors que ce sont précisément ces pays qui devraient être les plus affectés négativement. Il semblerait que l'adaptation soit plus facile si les changements climatiques sont faibles et/ou progressifs plutôt qu'importants et/ou abrupts. Dans le cas de changements climatiques plus rapides que prévu, quelle que soit la région, en particulier en ce qui concerne les extrêmes climatiques, le potentiel d'adaptation qui permettrait de réduire la vulnérabilité des systèmes humains diminue lui aussi.

Q3.26–28 & Q3.33

9.25 **Les coûts d'adaptation peuvent être réduits par des mesures d'anticipation et de planification ; et nombre de ces coûts peuvent être relativement faibles, en particulier lorsque les politiques et les mesures d'adaptation contribuent à la réalisation d'autres objectifs de développement durable.**

Q3.31 & Q3.36–37

9.26 Des ***incertitudes clés*** en matière d'adaptation sont liées à la représentation partielle des changements locaux par les modèles, à un manque de prévoyance, à des connaissances insuffisantes sur les bénéfices et le coûts, à des risques d'effets secondaires, y compris l'acceptabilité et la rapidité de la mise en œuvre, à divers obstacles à l'adaptation, et à des opportunités et des capacités d'adaptation plus limitées dans les pays en développement.

Q3.27

9.27 **Les principaux bénéfices économiques de l'atténuation sont les coûts évités associés aux effets négatifs des changements climatiques.**

9.28 **Les mesures de réduction (atténuation) des émissions de gaz à effet de serre diminueraient les pressions imposées par les changements climatiques sur les systèmes naturels et humains.** Il n'existe pas d'estimations quantitatives complètes des principaux bénéfices mondiaux de l'atténuation des changements climatiques. Pour des augmentations de température moyennes de plus de quelques (« a few ») ºC, par rapport à 1990, les incidences sont pour la plupart négatives, et par conséquent les principaux effets nets de l'atténuation sont positifs. Une ***incertitude clé*** concerne le solde net des effets négatifs et positifs des changements climatiques pour des augmentations de températures de moins de quelques (« a few ») ºC. Ces moyennes recouvrent de grandes variations régionales.

Q6.10

9.29 L'atténuation génère des coûts et des bénéfices accessoires.

9.30 **Des réductions très importantes des émissions mondiales de gaz à effet de serre seraient nécessaires pour parvenir à une stabilisation de leurs concentrations.** Dans le cas du gaz à effet de serre anthropique le plus important, les modèles du cycle du carbone indiquent que pour obtenir une stabilisation des concentrations atmosphériques de CO_2 à 450, 650 ou 1 000 ppm, les émissions anthropiques mondiales de CO_2 devraient descendre au–dessous des niveaux de 1990, en quelques décennies, un siècle ou environ deux siècles, respectivement, puis diminuer régulièrement par la suite ; les émissions culmineraient d'ici une ou deux décennies environ (450 ppm) et environ un siècle (1 000 ppm) à compter d'aujourd'hui. Éventuellement, les émissions de CO_2 devraient diminuer pour atteindre un très faible pourcentage des émissions mondiales actuelles. Ici les ***incertitudes clés*** concernent les risques de rétroactions climatiques, les voies de développement et leurs effets sur l'échelonnement dans le temps des réductions d'émissions.

Q6.4

9.31 **Les coûts et les bénéfices de l'atténuation varient considérablement selon les secteurs, les pays et les voies de développement.** En général, il est plus facile d'identifier des secteurs — tels que le charbon, peut-être le pétrole et le gaz, et certaines industries fortes consommatrices d'énergie dépendantes de l'énergie provenant de ces combustibles fossiles — qui, au plan économique, seront probablement affectés négativement par les mesures d'atténuation. Leurs pertes économiques sont plus immédiates, plus concentrées, et plus certaines. Les secteurs de l'énergie renouvelable, les services et les nouvelles industries dont le développement est stimulé par la demande de combustibles et de techniques de production à faibles émissions, figureront probablement parmi les secteurs bénéficiaires. Des pays différents et des voies de développement différentes ont des structures énergétiques très différentes, et l'atténuation a donc pour eux des coûts et des bénéfices différents. Les taxes sur le carbone peuvent avoir des effets négatifs sur les groupes à faibles revenus, sauf en cas d'utilisation directe ou indirecte des recettes fiscales pour compenser ces effets.

Q7.14, Q7.17, & Q7.34

9.32 **Les contrôles des émissions dans les pays visés à l'Annexe I ont des effets de « réaction en chaîne », bien établis, mais variés, sur les pays non visés à l'Annexe I.** Des analyses des effets des contrôles des émissions sur les pays visés à l'Annexe I indiquent des réductions inférieures à ce qui serait prévu, en l'absence de contrôles, pour le PIB et pour les revenus du pétrole pour les pays exportateurs de pétrole non visés à l'Annexe I.

Q7.19

9.33 **Des scénarios d'émissions inférieures nécessitent des structures de développement des ressources énergétiques différentes et l'augmentation de la recherche et développement en matière d'énergie pour accélérer le développement et la mise en œuvre de technologies énergétiques de pointe écologiquement rationnelles.** Il est pratiquement certain que les émissions de CO_2 imputables à la combustion des combustibles fossiles seront le facteur d'influence dominant sur l'évolution des concentrations atmosphériques de CO_2 au cours du XXIe siècle. Une évaluation des données sur les ressources fournie par le TRE indique la possibilité d'une modification de l'utilisation du mix énergétique et de l'introduction de nouvelles sources d'énergie au cours du XXIe siècle. Les ressources en combustibles fossiles ne limiteront pas les émissions au cours du XXIe siècle. Le carbone dans les

Q7.27

réserves prouvées de pétrole et de gaz classiques est largement inférieur aux émissions de carbone cumulées associées à la stabilisation des niveaux de CO_2 à des niveaux égaux ou supérieurs à 450 ppmv[25]. Ces données sur les ressources peuvent signifier une modification du mix énergétique et l'émergence de nouvelles sources d'énergie au XXIe siècle. Le choix d'un mix énergétique et de technologies et investissements connexes — axés sur l'exploitation de ressources en pétrole et gaz non conventionnelles, ou sur des sources d'énergie non fossiles ou de technologies énergétiques fossiles avec piégeage et stockage du carbone — permettra de déterminer si les concentrations de gaz à effet de serre pourront être stabilisées, et dans l'affirmative, à quel niveau et à quel coût. Les ***incertitudes clés*** concernent les futurs prix relatifs de l'énergie et des combustibles à base de carbone, et l'intérêt technique et économique relatif des possibilités d'énergie sans combustibles fossiles par rapport aux ressources en pétrole et en gaz non traditionnelles.

9.34 **D'importants progrès en matière de technologies énergétiquement rentables ou à faible teneur en carbone ont été réalisés depuis 1995, et ceci plus rapidement que prévu par le DRE.** Des réductions nettes des émissions pourraient être obtenues par, entre autres, l'amélioration des techniques de production et d'utilisation de l'énergie, le passage à des technologies sans carbone ou à faible teneur en carbone, l'absorption et le stockage du CO_2, l'amélioration de l'affectation des terres et des pratiques forestières, et une évolution vers des modes de vie écologiquement rationnels. Des progrès considérables ont été réalisés au niveau du développement des turbines à vent, de l'énergie éolienne, des véhicules à moteurs hybrides, des piles à combustible, et du stockage souterrain du CO_2. Les ***incertitudes clés*** concernent (a) la probabilité d'avancées technologiques entraînant des réductions substantielles des coûts et l'adoption rapide de techniques et produits à faible teneur en carbone, et (b) l'importance des futurs investissements privés et publics pour la recherche et développement sur ces technologies.

Q7.3

9.35 **Des études examinées dans le TRE soulignent l'existence d'importantes opportunités technologiques et autres susceptibles de réduire les coûts d'atténuation. Les mesures nationales prises pour atténuer les changements climatiques peuvent devenir encore plus efficaces si elles sont intégrées dans un ensemble d'instruments de politiques visant à limiter ou réduire les émissions nettes de gaz à effet de serre.** Les voies de développement influent considérablement sur les coûts d'atténuation, les voies basées sur un accroissement significatif des émissions de gaz à effet de serre nécessitant une atténuation plus importante pour atteindre un objectif de stabilisation, ce qui entraîne des coûts plus élevés. Ces coûts peuvent être diminués radicalement ou même transformés en bénéfices nets par le biais d'un ensemble d'instruments de politique (y compris ceux permettant de surmonter les obstacles) dans la mesure où les politiques exploitent des opportunités « sans regrets » dans les domaines suivants :

- *Options technologiques* : Les options technologiques peuvent permettre d'obtenir des réductions des émissions mondiales entre 1,9 et 2,6 Gt C_{eq} an^{-1} d'ici 2010 et entre 3,6 et 5,0 Gt C_{eq} an^{-1} d'ici 2020. La moitié de ces réductions peuvent être obtenues avec un composant de leur coût économique (coûts d'investissement, d'exploitation et de maintenance nets) avec des bénéfices directs supérieurs aux coûts directs, et l'autre moitié avec ce composant de leur coût économique entre 0 dollar américain et 100 dollars américains par t C_{eq}[26]. Suivant le scénario d'émissions, les émissions mondiales pourraient devenir inférieures aux niveaux de 2000, entre 2010 et 2020. Les ***incertitudes clés*** concernent l'identification, l'étendue et la nature des obstacles qui empêchent l'adoption de technologiques à faibles émissions, et l'estimation des coûts pour surmonter ces obstacles.

Q7.6–7, Q7.14–15, Q7.20, & Q7.23, & Q7 Encadré 7–1

[25] La référence à un niveau de concentration donné ne signifie pas pour autant qu'il y a accord sur la désirabilité d'une stabilisation à ce niveau.

[26] Ces estimations de coûts des prix 1998 sont obtenues à l'aide de taux d'actualisation de l'ordre de 5 à 12 %, cohérents avec les taux d'actualisation du secteur public. Les taux de rentabilité internes privés varient considérablement et sont souvent beaucoup plus élevés.

- *Bénéfices accessoires* : En fonction de divers facteurs (tels que la situation géographique des émissions de gaz à effet de serre, le climat local, et la densité, la composition et la santé des populations), l'importance des bénéfices accessoires de l'atténuation peut être égale aux coûts des politiques et des mesures d'atténuation. Les ***incertitudes clés*** concernent l'importance et la localisation de ces bénéfices, et font intervenir une évaluation scientifique des risques de la pollution atmosphérique sur la santé, en particulier les risques liés aux aérosols et aux fines particules.
- *Double dividende* : Des instruments (tels que les taxes, ou la vente ou l'achat des droits d'émissions) fournissent des revenus aux gouvernements. Si ces revenus sont utilisés pour financer la diminution des taxes génératrices de distorsions « recyclage des revenus »), ils réduisent le coût économique de la mise en œuvre des réductions de gaz à effet de serre. L'importance de cette compensation dépend de la structure fiscale en place, du type de réductions d'impôts, des conditions du marché du travail, et des méthodes de recyclage. Dans certains cas, les bénéfices économiques peuvent dépasser les coûts d'atténuation. Les ***incertitudes clés*** au sujet des coûts nets totaux de l'atténuation varient selon les pays, en fonction des structures fiscales en place, de l'importance des distorsions, et des réductions fiscales acceptables.

9.36 **Des études de modélisation montrent que les échanges des droits d'émissions réduisent les coûts d'atténuation pour les utilisateurs de ces échanges.** Des études de modélisation mondiales, dont les résultats sont étroitement liés à certaines hypothèses, prévoient que les coûts d'atténuation basés sur les objectifs de Kyoto seront probablement réduits par des échanges complets des droits d'émissions par les pays visés à l'Annexe B[27]. *Les pays de l'OCDE*[28] *visés à l'Annexe I* peuvent espérer une réduction de moitié environ des coûts globaux avec des échanges complets des droits d'émissions. *Les pays aux économies en transition visés à l'Annexe I* ne seraient pas affectés ou bénéficieraient d'un gain de plusieurs pour cent au niveau de leur PIB. *Les pays exportateurs de pétrole non visés à l'Annexe I* peuvent espérer des réductions semblables de leurs coûts avec des échanges complets. Les effets globaux des échanges devraient être positifs pour *les autres pays non visés à l'Annexe I*. Les pays pour lesquels on prévoit une perte ou un gain sans échanges Annexe I peuvent s'attendre à un changement moins marqué dans le cas d'échanges. Une ***incertitude clé*** concerne l'étendue des coûts sous-jacents, qui varie considérablement selon les pays, et la façon dont ces estimations de coûts seront modifiées (a) lorsque les méthodes seront améliorées, et (b) lorsque certaines hypothèses des modèles seront modifiées. Ces hypothèses concernent :

Q7.18–19

- la prise en compte de dérogations pour les échanges des droits d'émissions, en conjonction avec d'autres politiques et mesures ;
- la prise en compte de diverses imperfections du marché ;
- la prise en compte de changements techniques induits ;
- l'inclusion de bénéfices accessoires ;
- des opportunités de double dividende ;
- l'inclusion de politiques pour les gaz à effet de serre sans CO_2 et les sources non énergétiques de tous les gaz à effet de serre (CH_4 provenant de l'agriculture, par exemple) ;
- les compensations par les puits.

9.37 **Bien que les projections des modèles indiquent que les mesures d'atténuation en vue d'une stabilisation n'influent pas significativement sur les voies de croissance mondiales à long terme du PIB, ces projections ne montrent pas les variations plus importantes qui se produisent sur des périodes plus courtes, ou dans des secteurs ou des régions.**

Q7.25

[27] *Parties visés à l'Annexe B* : Groupe de pays inclus dans l'Annexe B au Protocole de Kyoto qui ont convenu d'un objectif pour leurs émissions de gaz à effet de serre, y compris tous les pays visés à l'Annexe I (amendée en 1998), excepté la Turquie et la Biélorussie.

[28] *Pays visés à l'Annexe I* : Groupe de pays inclus dans l'Annexe I de la Convention–cadre des Nations unies sur les changements climatiques, y compris tous les pays développés membres de l'OCDE, et ceux aux économies en transition.

9.38 **Des politiques publiques non planifiées (« solutions miracles »), à effets à court terme soudains, risquent d'être plus coûteuses pour les économies que les politiques planifiées, à effets progressifs.** Une ***incertitude clé*** sur l'importance des coûts concerne l'existence de plans d'urgence bien conçus en cas de changements de politiques (exemple: à la suite d'un changement soudain de la perception des changements climatiques par l'opinion publique). D'autres ***incertitudes clés*** sur des coûts concernent les possibilités pour les effets soudains à court terme d'inclure ou d'entraîner des réductions soudaines des coûts des technologies et produits à faible teneur en carbone, une évolution vers des technologies à faibles émissions, et/ou des changements pour des modes de vie plus durables.

Q7.24 & Q7.31

9.39 **Des mesures d'atténuation et d'adaptation à court terme diminueraient les risques.** En raison des longs décalages temporels associés au système climatique (~ cent ans pour le CO_2 atmosphérique, par exemple) et aux réponses des systèmes humains, des mesures d'atténuation et d'adaptation à court terme diminueraient les risques. L'inertie au sein des systèmes climatiques, écologiques, et socio-économiques en interaction est un élément majeur des effets bénéfiques des mesures d'atténuation et d'adaptation.

Q5.19 & Q5.24

9.40 **L'adaptation peut compléter l'atténuation dans le cadre d'une stratégie rentable pour réduire les risques liés aux changements climatiques ; conjointement, ces deux types de politiques peuvent contribuer à la réalisation des objectifs de développement durable.** Certaines futures voies de développement axées sur les éléments sociaux, économiques et environnementaux du développement durable peuvent conduire à des émissions de gaz à effet de serre plus basses que celles d'autres voies, ce qui diminue le niveau de politiques et de mesures supplémentaires nécessaires pour un niveau donné de stabilisation, donc des coûts connexes. Une ***incertitude clé*** concerne l'insuffisance des connaissances sur les interactions entre les changements climatiques et les autres problèmes environnementaux et leurs conséquences socio-économiques. Des incertitudes existent sur le rythme de l'intégration des conventions et accords mondiaux en matière de changements climatiques (concernant le commerce mondial, la pollution transfrontalière, la biodiversité, la désertification, l'appauvrissement de l'ozone stratosphérique, la santé, et la sécurité alimentaire). Le rythme de l'intégration des principes de développement durable dans les processus politiques des pays est aussi entaché d'incertitude.

Q1.9 & Q8.21–28

9.41 **Des voies de développement satisfaisant aux objectifs de développement durable peuvent contribuer à la diminution des niveaux d'émissions de gaz à effet de serre.** Aujourd'hui, les pays développés et en développement sont confrontés à des choix fondamentaux au sujet des futures voies de développement et de l'avenir du climat. Les décideurs disposent d'informations pour évaluer les bénéfices et les coûts de l'adaptation et de l'atténuation inclus, offerts par un éventail d'options et des voies de développement durable. L'adaptation proactive peut être moins coûteuse que l'adaptation réactive. L'atténuation des changements climatiques peut diminuer et retarder les incidences, réduire les dommages, et donner aux sociétés humaines, à la flore et à la faune plus de temps pour s'adapter.

Q5.22, Q7.25, & Q8.26

Recherches supplémentaires

9.42 **Des progrès significatifs ont été faits dans le TRE dans plusieurs domaines de connaissances nécessaires à la compréhension des changements climatiques et de la réponse humaine à ces changements.** Mais d'autres recherches devront être menées dans de nombreux domaines importants, en particulier :

GTI TRE RID, GTII TRE RID, & GTIII TRE RID

- la détection et l'attribution des changements climatiques ;
- la compréhension et la prévision des changements climatiques régionaux et des extrêmes climatiques ;
- la quantification des incidences des changements climatiques à l'échelle mondiale, régionale et locale ;
- l'analyse des mesures d'adaptation et d'atténuation ;
- l'intégration de tous les aspects du problème des changements climatiques dans des stratégies de développement durable ;
- des études complètes et intégrées contribuant à préciser la définition « d'une perturbation anthropique dangereuse du système climatique ».

Changements climatiques 2001: Rapport de synthèse

Annexes

Évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat

A. Auteurs et réviseurs experts
B. Glossaire
C. Acronymes, abréviations et unités
D. Questions techniques, scientifiques et socio-économiques choisies par le Groupe
E. Liste des principaux documents publiés par le GIEC

Annexe A. Auteurs et réviseurs experts

Allemagne

Heinz-Jurgen Ahlgrimm	Institut pour la technologie et les biosystèmes
Rosemarie Benndorf	Umweltbundesamt
Peter Burschel	Technische Universität München
Ulrich Cubasch	Institut für Meteorologie Max Planck
U. Fuentes	Conseil consultatif allemand sur les changements mondiaux
Joanna House	Institut für Meteorologie Max Planck
Jucundus Jacobeit	Universität Würzburg
Eberhard Jochem	Vice-président, GTIII
Harald Kohl	Ministère fédéral de l'Environnement
Petra Mahrenholz	Agence fédérale allemande pour l'environnement
I. Colin Prentice	Institut für Biogeochemie Max Planck
C. le Quéré	Institut für Biogeochemie Max Planck
Sarah Raper	Université de l'East Anglia
Ferenc Toth	Institut de Potsdam pour la recherche sur les incidences climatiques
Manfred Treber	Germanwatch
R. Sartorius	Umweltbundesamt
Michael Weber	Ludwig-Maximilians Universität München
Gerd-Rainer Weber	Gesamtverband des Deutschen Steinkohlenberghaus

Argentine

Daniel Bouille	Fundacion Bariloche
Marcelo Cabido	IMBIV, Université de Cordoba
Osvaldo F. Canziani	Coprésident, GTII
Rodolfo Carcavallo	Département d'entomologie
Jorge O. Codignotto	Laboratoire de géologie et dynamique côtière
Martin de Zuviria	Aeroterra S.A.
Sandra Myrna Diaz	Institut multidisciplinaire de biologie végétale
Jorge Frangi	Université nationale de la Plata
Hector Ginzo	Institut de neurobiologie
Osvaldo Girardin	Fundacion Bariloche
Carlos Labraga	Conseil national de recherche scientifique et technologique, Centre national de Patagonie
Gabriel Soler	Fundacion Instituto Latinoamericano de Politicas Sociales (ILAPS)
Walter Vargas	Université de Buenos Aires - IEIMA
Ernesto F. Viglizzo	PROCISUR/INTO/CONICET

Australie

Susan Barrell	Bureau de météorologie
Bryson Bates	CSIRO
Ian Carruthers	Bureau australien sur l'effet de serre
Habiba Gitay	Université nationale d'Australie
John A. Church	CSIRO - Division d'océanographie
Ove Hoegh-Guldberg	Université de Queensland
Roger Jones	CSIRO - Recherche atmosphérique
Bryant McAvaney	Centre de recherches du bureau de météorologie
Chris Mitchell	CSIRO - Recherche atmosphérique
Ian Noble	Université nationale d'Australie
Barrie Pittock	CSIRO - Groupe sur les incidences climatiques
Andy Reisinger	Ministère de l'Environnement
B. Soderbaum	Bureau pour les politiques sur les gaz à effet de serre, Bureau australien sur l'effet de serre
Greg Terrill	Bureau australien sur l'effet de serre
Kevin Walsh	Principal chercheur scientifique du CSIRO-Atmosphère
John Zillman	Vice-président, GTI

Autriche

Renate Christ	Secrétariat du GIEC
Helmut Hojesky	Ministère fédéral de l'Environnement

K. Radunsky	Agence fédérale de l'environnement

Bangladesh

Q.K. Ahmad	Bangladesh Unnayan Parishad

Barbade

Leonard Nurse	Unité de gestion des zones côtières

Belgique

Philippe Huybrechts	Vrije Universiteit de Bruxelles
C. Vinckier	Département de chimie, KULeuven
R. Zander	Université de Liège

Bénin

Epiphane Dotou Ahlonsou	Service météorologique national
Michel Boko	Université de Bourgogne

Bosnie

Mission permanente de Bosnie-Herzégovine

Botswana

Pauline O. Dube	Université de Botswana

Brésil

Gylvan Meira Filho	Vice-président, GIEC
José Roberto Moreira	Réseau des usagers de biomasse (BUN)

Canada

Brad Bass	Environnement Canada
James P. Bruce	Bureau du programme climatique canadien
Margo Burgess	Ressources naturelles Canada
Wenjun Chen	Ressources naturelles Canada
Jing Chen	Université de Toronto
Stewart J. Cohen	Environnement Canada
Patti Edwards	Environnement Canada
David Etkin	Environnement Canada
Darren Goetze	Environnement Canada
J. Peter Hall	Service forestier canadien
H. Hengeveld	Environnement Canada
Pamela Kertland	Ressources naturelles Canada
Abdel Maaroud	Environnement Canada
Joan Masterton	Environnement Canada
Chris McDermott	Environnement Canada
Brian Mills	Environnement Canada
Linda Mortsch	Environnement Canada
Tad Murty	Baird et associés, Ingénieurs côtiers
Paul Parker	Université de Waterloo
John Robinson	Université de British Columbia
Hans-Holger Rogner	Université de Victoria
Daniel Scott	Environnement Canada
Sharon Smith	Ressources naturelles Canada
Barry Smit	Université de Guelph
John Stone	Vice-président, GTI
Tana Lowen Stratton	Département des affaires Etrangères et commerce international
Roger Street	Environnement Canada
Eric Taylor	Ressources naturelles Canada
G. Daniel Williams	Environnement Canada (en retraite)

Chili

E. Basso	Consultant indépendant

Chine

Du Bilan	Institut chinois pour les stratégies et développement marin
Z. Chen	Administration météorologique chinoise
Liu Chunzhen	Prévision hydrologique & centre de contrôle des eaux
Zhou Dadi	Institut de recherche sur l'Energie
Qin Dahe	Administration météorologique chinoise
Xiaosu Dai	GIEC GTI URT
Lin Erda	Académie chinoise des sciences agricoles
Mingshan Su	Université de Tsinghua
Yihui Ding	Coprésident, GTI
Guangsheng Zhou	Académie des sciences chinoise
Z.C. Zhao	Centre climatique national

Cuba

Ramon Pichs-Madruga	Vice-président, GTIII
A.G. Suarez	Agence cubaine pour l'environnement

Danemark

Jesper Gundermann	Agence danoise pour l'Energie
Kirsten Halsnaes	Laboratoire international Riso
Erik Rasmussen	Agence danoise pour l'Energie
Martin Stendel	Institut météorologique danois

Espagne

Sergio Alonso	Université des Baléares
Francisco Ayala-Carcedo	Instituto de Tecnologia Geominera de Espana
Luis Balairon	Instituto Meteorologico Nacional
Felix Hernandez	CSIC
Don Antonio Labajo Salazar	Gouvernement d'Espagne
Maria-Carmen Llasat Botija	Université de Barcelone
Josep Penuelas	Centro de Investigacion Ecologica y Aplicaciones Forestales
Ana Yaber	Université Complutense de Madrid

Etats-Unis

Dilip Ahuja	National Institute of Advanced Studies
Dan Albritton	NOAA Aeronomy Laboratory
Jeffrey S. Amthor	Oak Ridge National Laboratory
Peter Backlund	Office of Science and Technology/Environment Division
Lee Beck	US Environmental Protection Agency
Leonard Bernstein	IPIECA
Daniel Bodansky	US Department of State
Rick Bradley	US Department of Energy
James L. Buizer	National Oceanic & Atmospheric Administration
John Christy	Université d'Alabama
Susan Conard	Office of Science and Technology / Environment Division
Curt Covey	Lawrence Livermore National Laboratory
Benjamin DeAngelo	US Environmental Protection Agency
Robert Dickinson	Université d'Arizona
David Dokken	University Corporation for Atmospheric Research
Rayola Dougher	American Petroleum Institute
William Easterling	Université de Pennsylvanie
Jerry Elwood	Département de l'Energie
Paul R. Epstein	Harvard Medical School
Paul D. Farrar	Naval Oceanographic Office
Howard Feldman	American Petroleum Institute
Josh Foster	NOAAOffice of Global Programs
Laurie Geller	National Research Council
Michael Ghil	Université de Californie, Los Angeles
Vivien Gornitz	Columbia University
Kenneth Green	Reason Public Policy Institute

David Harrison	National Economic Research Associates
David D. Houghton	Université de Wisconsin-Madison
Malcolm Hughes	Université d'Arizona
Stanley Jacobs	Lamont-Doherty Earth Observatory of Columbia University
Henry D. Jacoby	Massachusetts Institute of Technology
Judson Jaffe	Council of Economic Advisers
Steven M. Japar	Ford Motor Company
Russell O. Jones	American Petroleum Institute
Sally Kane	NOAA
T. Karl	NOAA National Climatic Data Center
Charles Keller	IGPP.SIO.UCSD
Haroon Kheshgi	Exxon Research & Engineering Company
Ann Kinzig	Université Arizona State
Maureen T. Koetz	Nuclear Energy Institute
Rattan Lal	Université Ohio State
Chris Landsea	NOAA AOML/Hurricane Research Division
Neil Leary	Chef, WGII TSU
Sven B. Lundstedt	Université de l'Ohio
Anthony Lupo	Université du Missouri - Columbia
Michael C. MacCracken	U.S. Global Change Research Program
James J. McCarthy	Coprésident, WGII
Gerald Meehl	NCAR
Robert Mendelsohn	Yale University
Patrick Michaels	Université de Virginie
Evan Mills	Lawrence Berkeley National Laboratory
William Moomaw	The Fletcher School of Law and Diplomacy, Tufts University
Berrien Moore	Université du New Hampshire
James Morison	Université de Washington
Jennifer Orme-Zavaleta	USEP/NHEERL/WED
Camille Parmesan	Université du Texas
J.A. Patz	Johns Hopkins University
Joyce Penner	Université du Michigan
Roger A. Pielke	Université du Colorado
Michael Prather	Université de Californie Irvine
Lynn K. Price	Lawrence Berkeley National Laboratory
V. Ramaswamy	NOAA
Robert L. Randall	The RainForest ReGeneration Institute
Richard Richels	Electric Power Research Institute
David Rind	National Aeronautics and Space Agency
Catriona Rogers	U.S. Global Change Research Program
Matthias Ruth	Université du Maryland
Jayant Sathaye	Lawrence Berkeley National Laboratory
Michael Schlesinger	Université d'Illinois-Urbana-Champaign
Stephen Schneider	Université de Stanford
Michael J. Scott	Battelle Pacific Northwest National Laboratory
Roger Sedjo	Resources for the Future
Walter Short	National Renewable Energy Laboratory
Joel B. Smith	Stratus Consulting Inc.
Robert N. Stavins	John F. Kennedy School of Government, Harvard University
Ron Stouffer	US Dept of Commerce/NOAA
T. Talley	Office of Global Change, U.S.Department of State
Kevin Trenberth	NCAR
Edward Vine	Lawrence Berkeley National Laboratory
Henry Walker	U.S. Environmental Protection Agency
Robert Watson	Président, GIEC
Howard Wesoky	Federal Aviation Administration
John P. Weyant	Energy Modeling Forum, Université de Stanford
Tom Wilbanks	Oak Ridge National Laboratory

Finlande

Timothy Carter	Institut finlandais pour l'environnement
P. Heikinheimo	Ministère de l'Environnement
Raino Heino	Institut météorologique finlandais
Pekka E. Kauppi	Université de Helsinki
R. Korhonen	VTT Energy
A. Lampinen	Université de Jyväskyla
I. Savolainen	VTT Energy

France

Olivier Boucher	Université de Lille I
Marc Darras	Gaz de France
Jane Ellis	OCDE
Jean-Charles Hourcade	CIRED/CNRS
J.C. Morlot	Département de l'environnement
M. Petit	Ecole polytechnique

Gambie

B.E. Gomez	Département des ressources aquatiques
M. Njie	Département des ressources aquatiques

Hongrie

G. Koppany	Université de Szeged
Halldor Thorgeirsson	Ministère de l'Environnement

Inde

Murari Lal	Institut indien de technologie
Rajendra K. Pachauri	Institut Tata pour la recherche sur l'Energie
N.H. Ravindranath	Institut indien des sciences
Priyadarshi Shukla	Institut indien de gestion
Leena Srivastava	Institut Tata pour la recherche sur l'Energie

Indonésie

R.T.M. Sutamihardja	Vice-président, GTIII

Israël

Simon Krichak	Université de Tel Aviv

Italie

Filippo Giorgi	Centre international Abdus Salam pour la physique théorique (ICTP)
Annarita Mariotti	ENEA - Section climat

Japon

Kazuo Asakura	Institut central de recherches (CRIEPI)
Noriyuki Goto	Université de Tokyo, Komaba
Mariko Handa	Organisation pour le paysage et le développement des technologies urbaines écologiques
Hideo Harasawa	Département des systèmes sociaux et de l'environnement
Yasuo Hosoya	Société d'Energie Electrique de Tokyo
Y. Igarashi	Ministère des Affaires Etrangères
Takeshi Imai	Kansai Electric Power Co., Inc.
M. Inoue	Ministère de l'Economie, commerce et industrie
Hisashi Kato	Institut central de recherches du secteur Electricité
Naoki Matsuo	Institut de recherches sur l'industrie mondiale et le progrès social (GISPRI)
Hisayoshi Morisugi	Université de Tohoku
Tsuneyuki Morita	Institut national d'Etudes environnementales
Shinichi Nagata	Agence pour l'environnement
S. Nakagawa	Agence météorologique du Japon
Yoshiaki Nishimura	Institut central de recherches du secteur Electricité
Ichiro Sadamori	Institut de recherches sur l'industrie mondiale et le progrès Social (GISPRI)
Akihiko Sasaki	Institut national de santé publique

Shojiro Sato	Chuba Electrical Power Co.
A. Takeuchi	Agence météorologique du Japon
Kanako Tanaka	Institut de recherches sur l'industrie mondiale et le progrès social (GISPRI)
Tomihiro Taniguchi	Vice-président, GIEC

Kenya

Richard S. Odingo	Vice-président, GTIII
Kingiri Senelwa	Université Moi

Malawi

Paul Desanker	Université de Virginie

Mexique

Gustavo AlbÌn	Mission permanente représentative au Mexique

Maroc

Abdelkader Allali	Ministère de l'Agriculture, du développement rural et de la pèche
Abdalah Mokssit	Centre national pour le climat et les recherches météorologiques

Nouvelle-Zélande

Jon Barnett	Centre Macmillan Brown pour les Etudes sur le pacifique, Université de Canterbury
Vincent Gray	Consultant sur des affaires climatiques
Wayne Hennessy	Coal Research Association of New Zealand, Inc.
Piers Maclaren	Institut néo-zélandais de recherches sur les forêts
Martin Manning	Vice-président, GTII
Helen Plume	Ministère de l'Environnement
A. Reisinger	Ministère de l'Environnement
J. Salinger	Institut national des recherches aquatiques et atmosphériques (NIWA)
Ralph Sims	Université de Massey

Niger

Garba Goudou Dieudonné	Bureau du Premier ministre

Nigeria

Sani Sambo	Université Abubakar Tafawa Balewa

Norvège

Torgrim Aspjell	Autorité norvégienne pour le contrôle de la pollution
Oyvind Christophersen	Ministère de l'Environnement
Eirik J. Forland	Institut météorologique norvégien
S. Gornas	Université de Bergen
Jarle Inge Holten	Recherches Ecologiques terrestres
Snorre Kverndokk	Centre Frisch
A. Moene	Institut météorologique norvégien
Audun Rossland	Autorité norvégienne pour le contrôle de la pollution
Nils R. Saelthun	Administration norvégienne pour les ressources aquatiques et l'Energie
Tom Segalstad	Université de Oslo
S. Sundby	Institut de recherches marines
Kristian Tangen	Institut Fridtjof Nansen

Oman

Mohammed bin Ali Al-Hakmani	Ministère des Municipalités régionales, de l'environnement et des ressources aquatiques

Pays-Bas

Alphonsus P.M. Baede	Institut météorologique royal des Pays-Bas (KNMI)
T.A. Buishand	Institut météorologique royal des Pays-Bas (KNMI)
W.L. Hare	Greenpeace International
Catrinus J. Jepma	Université de Groningen
E. Koekkoek	Ministère du logement, de planification de l'espace et de l'environnement
Rik Leemans	Institut national de santé publique et de protection de l'environnement

K. McKullen	Greenpeace International
Bert Metz	Coprésident, GTIII
Leo Meyer	Ministère de l'Environnement
Maresa Oosterman	Ministerie van Buitenlandse Zaken
M.B.A.M. Scheffers	Institut national de gestion côtière et marine
Rob Swart	Président, GTIII URT
H.M. ten Brink	ECN
Aad P. van Ulden	Institut météorologique royal des Pays-Bas (KNMI)
J. Verbeek	Ministère du Transport, des travaux publics et de la gestion de l'eau

Pakistan

Tariq Banuri	Institut de politiques pour un développement durable

Pérou

Eduardo Calvo	Vice-président, GTIII
Nadia Gamboa	Universidad Pontificia Catolica del Peru

Philippines

Lewis H. Ziska	Institut international pour la recherche sur le riz

Pologne

Jan Dobrowolski	Ecole Goetel pour la protection de l'environnement et l'ingénierie
Zbyszek Kundzewicz	Académie polonaise des sciences
Miroslaw Mietus	Institut de météorologie et de gestion des eaux
A. Olecka	Fonds national pour la protection de l'environnement et la gestion des eaux
M. Sadowski	Fonds national pour la protection de l'environnement et la gestion des eaux
Wojciech Suchorzeski	Université de technologie de Varsovie

Royaume-Uni

Nigel Arnell	Université de Southampton
C. Baker	Natural Environment Research Council
Terry Barker	Université de Cambridge
K. G. Begg	Université de Surrey
S.A. Boehmer-Christiansen	Université de Hull
Richard Courtney	The Libert
K. Deyes	Département pour l'environnement, l'alimentation et les affaires rurales (DEFRA)
Thomas E. Downing	Environmental Change Institute, Université d'Oxford
Caroline Fish	Global Atmosphere Division
Chris Folland	Met Office, Centre Hadley
Jonathan Gregory	Centre Hadley pour la recherche sur le climat
Steve Gregory	Forestry Commission
David Griggs	Chef, WG-I TSU
Joanna Haigh	Imperial College
M. Harley	English Nature
Susan Haseldine	Département pour l'environnement, l'alimentation et les affaires rurales (DEFRA)
John Houghton	Coprésident, WG-I
Mike Hulme	Université d'East Anglia
Michael Jefferson	World Energy Council
Cathy Johnson	GIEC, Groupe de Travail I
Sari Kovats	London School of Hygiene and Tropical Medicine
David Mansell-Moullin	International Petroleum Industry Environmental Conservation Association (IPIECA)
Anil Markandya	Université de Bath
A. McCulloch	ICI Chemicals & Polymers Limited
Gordon McFadyen	Division de l'atmosphère mondiale, Département de l'environnement, du transport et des régions
A.J. McMichael	London School of Hygiene and Tropical Medicine
Aubrey Meyer	Global Commons Institute
John Mitchell	Centre Hadley
Martin Parry	Jackson Environment Institute
J.M. Penman	Département de l'environnement, du transport et des régions

S. Raper	Université d'East Anglia
Keith Shine	Département de météorologie, Université de Reading
P. Singleton	Scottish Environment Protection Agency
Peter Smith	IACR-Rothamsted
P. Smithson	Université de Sheffield
Peter Thorne	Ecole des sciences environnementales, Université d'East Anglia
P. van der Linden	Met Office, Centre Hadley pour la recherche sur le climat
David Warrilow	Département pour l'environnement, l'alimentation et les affaires rurales (DEFRA)
Philip L. Woodworth	Observatoire Bidston

République tchèque

Jan Pretel	Vice-président, GTII

République slovaque

Milan Lapin	Université Comenius

Roumanie

Vasile Cuculeanu	Institut national de météorologie et d'hydrologie
Adriana Marica	Institut national de météorologie et d'hydrologie

Russie

Yurij Anokhin	Institut du climat mondial et l'écologie
Oleg Anisimov	Institut national d'hydrologie
Igor Bashmakov	Centre pour l'efficacité énergétique (CENEF)
Igor Karol	Principal observatoire géophysique
Alla Tsyban	Institut du climat mondial et de l'écologie
Yuri Izrael	Vice-président, GIEC

Sénégal

Alioune Ndiaye	Vice-président, GTII

Sierra Leone

Ogunlade R. Davidson	Coprésident, GTIII

Afrique du Sud

Gerrie Coetzee	Département de l'environnement et du tourisme
Bruce Hewitson	Université du Cap
Steve Lennon	Eskom
Robert J. Scholes	CSIR

Sri Lanka

Mohan Munasinghe	Vice-président, GTIII
B. Punyawardena	Département de l'agriculture

Soudan

Nagmeldin Elhassan	Conseil supérieur pour l'environnement et les ressources naturelles

Suède

Marianne Lillieskold	Agence suédoise pour la protection de l'environnement
Ulf Molau	Université de Göteborg
Nils-Axel Morner	Université de Stockholm - Département de paléogéophysique et géodynamique
Markku Rummukainen	Institut suédois météorologique et hydrologique

Suisse

Christof Appenzeller	Bureau fédéral de météorologie et climatologie (MetroSwiss)
Renate Christ	Secrétariat du GIEC
Fortunat Joos	Vice-président, GTI
Herbert Lang	Institut fédéral suisse de technologie, Zürich (ETH)
José Romero	Bureau fédéral de l'environnement, des forêts, et de la campagne
T. Stocker	Université de Berne

Tanzanie

M.J. Mwandosya	Centre pour l'Energie, l'environnement, les sciences et la technologie
Buruhani S. Nyenzi	Vice-président, GTI

Venezuela

Armando Ramirez Rojas	Vice-président, GTI

Zimbabwe

Chris Magadza	Université du Zimbabwe
M.C. Zinyowera	MSU - Gouvernement du Zimbabwe

Annexe B. Glossaire

Le présent glossaire a été conçu à partir des glossaires publiés dans le Troisième rapport d'évaluation du GIEC (GIEC, 2001 a, b, c) ; cependant, certains termes ont fait l'objet de travaux supplémentaires pour plus de cohérence et de précision. Les termes *en italiques* sont des rubriques indépendantes dans le présent glossaire.

Absorption
Adjonction d'une substance préoccupante dans un *réservoir*. L'absorption de substances contenant du carbone, en particulier du *dioxyde de carbone*, est souvent dénommée *piégeage* (du carbone). Voir également *Piégeage*.

Acclimatation
Adaptation physiologique aux variations climatiques.

Accord volontaire
Accord entre une autorité gouvernementale et une ou plusieurs parties privées, ou engagement unilatéral reconnu par l'autorité publique, en vue d'atteindre des objectifs environnementaux ou d'améliorer la performance environnementale au-delà de la *conformité*.

Activité solaire
Le soleil connaît des périodes d'intense activité, indiquées par des *taches solaires*, par le rayonnement solaire, l'activité magnétique et l'émission de particules à haute énergie. Ces variations se produisent sur des *échelles temporelles* allant de millions d'années à quelques minutes. Voir également *Cycle solaire*.

Activités mises en œuvre conjointement (AC)
Phase pilote pour la *Mise en œuvre conjointe*, telle que définie dans l'Article 4.2 (a) de la *Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques*, permettant des activités dans le cadre de projets entre les pays développés (et leurs entreprises) et entre les pays développés et les pays en développement (et leurs entreprises). Les AC ont pour but de permettre aux Parties à la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques d'acquérir une expérience en matière de projets mis en œuvre conjointement. La phase pilote exclut toute attribution de crédits d'émission. Une décision reste à prendre au sujet de l'avenir des projets AC et de leurs liens possibles avec les *Mécanismes de Kyoto*. Formes simples de permis échangeables, les AC et autres stratégies basées sur le marché représentent des mécanismes potentiels importants pour promouvoir des échanges de ressources supplémentaires pour le bien de l'environnement mondial. Voir également *Mécanisme pour un développement propre* et *Echanges de permis d'émissions*.

Adaptabilité
Voir *Capacité d'adaptation*.

Adaptation
Ajustement des systèmes naturels ou des *systèmes humains* face à un nouvel environnement ou un environnement changeant. L'adaptation aux *changements climatiques* indique l'ajustement des systèmes naturels ou humains en réponse à des *stimuli* climatiques présents ou futurs ou à leurs effets, afin d'atténuer les effets néfastes ou d'exploiter des opportunités bénéfiques. On distingue divers types d'adaptation, notamment l'adaptation anticipée et réactive, l'adaptation publique et privée, et l'adaptation autonome et planifiée.

Additionnalité
Diminution des *émissions* par des *sources* ou augmentation des éliminations par des *puits*, additionnelles à celles qui se produiraient en l'absence d'une activité dans le cadre de projets de *Mise en œuvre conjointe* ou du *Mécanisme pour un développement propre* tels que définis dans les Articles du *Protocole de Kyoto* sur la Mise en œuvre conjointe et le Mécanisme pour un développement propre. Cette définition peut être étendue pour inclure une additionnalité dans le domaine des finances, des investissements et de la *technologie*. Dans le cadre de « l'additionnalité dans le domaine des finances », le financement de l'activité dans le cadre de projets sera en sus du Fonds pour l'environnement mondial, d'autres engagements financiers des Parties incluses dans l'Annexe I, de l'Aide officielle au développement, et d'autres systèmes de coopération. Dans le cadre de « l'additionnalité dans le domaine des investissements », la valeur des *Unités de réduction des émissions/Unités de réduction certifiée des émissions* améliorera sensiblement la viabilité financière et/ou commerciale de l'activité. Dans le cadre de « l'additionnalité dans le domaine de la technologie », la technologie utilisée pour l'activité sera la meilleure dont dispose la Partie hôte compte tenu de ses circonstances.

Aérosol carboné
Aérosol composé principalement de substances organiques et de diverses formes de carbone noir (Charlson et Heintzenberg, 1995).

Aérosol organique
Particules d'*aérosol* comprenant principalement des composés organiques, pour l'essentiel C, H, et O, et d'autres éléments en quantités inférieures (Charlson et Heintzenberg, 1995). Voir *Aérosol carboné*.

Aérosols
Ensemble de particules solides ou liquides en suspension dans l'air, d'une grosseur type entre 0,01 et 10 mm, qui demeure dans l'*atmosphère* au minimum pendant plusieurs heures. Les aérosols peuvent avoir une origine naturelle ou *anthropique*. Ils peuvent influer sur le *climat* de deux façons : directement, en diffusant et absorbant les rayons, et indirectement, en constituant des noyaux de condensation pour la formation des nuages ou en modifiant les propriétés optiques et la durée de vie des nuages. Voir *Effets indirects des aérosols*.

Affaissement
Abaissement soudain ou progressif de la surface terrestre, avec peu ou pas de mouvement horizontal.

Affectation des terres
Ensemble des activités et interventions entreprises dans un certain type de couverture terrestre (ensemble de mesures d'intervention humaines). Objectifs sociaux et économiques de la gestion des terres (pâturages, exploitation forestière et conservation, par exemple).

Agence Internationale de l'Energie (AIE)
Forum sur l'énergie, créé en 1974 et dont le siège est à Paris. Il est lié à l'Organisation pour la coopération et le développement économique afin de permettre aux pays membres de prendre des mesures conjointes pour répondre aux situations d'urgence concernant l'approvisionnement en pétrole, d'échanger des informations sur l'énergie, de coordonner leurs politiques énergétiques et de coopérer pour développer des programmes énergétiques rationnels.

Agendas 21 locaux
Ce terme désigne les plans locaux en matière d'environnement et de développement que les autorités locales doivent développer au moyen d'un processus de consultation de leurs populations, en veillant particulièrement à la participation des femmes et des jeunes. De nombreuses autorités locales ont développé des Agenda 21 locaux par processus consultatifs afin de réorienter leurs politiques, programmes et activités visant à permettre un *développement durable*. Le terme est tiré du Chapitre 28 de l'Agenda 21 - document officiellement approuvé par tous les représentants gouvernementaux participant à la Conférence des Nations unies sur l'environnement et le développement (Sommet de la terre) à Rio de Janeiro en 1992.

Ajustement des flux
Pour éviter qu'un modèle couplé atmosphère-océan de la circulation générale n'indique des conditions climatiques irréalistes, on peut appliquer des termes d'ajustement aux flux de chaleur et d'humidité atmosphère-océan (et parfois aux tensions de surface résultant de l'effet du vent sur la surface des océans) avant de les introduire dans le modèle océan et atmosphère. étant donné que ces ajustements initiaux sont précalculés et ne dépendent donc pas de l'intégration du modèle couplé, il n'y a pas de corrélation entre eux et les anomalies qui apparaissent pendant l'intégration.

Albédo
Fraction du *rayonnement solaire* réfléchi par une surface ou par un objet, souvent exprimée sous forme de pourcentage. Les surfaces couvertes de neige ont un albédo élevé ; les sols peuvent avoir un albédo faible ou élevé ; les surfaces couvertes de végétation et les océans ont un albédo faible. L'albédo de la terre varie, principalement en raison des variations de la couverture nuageuse, la neige, la glace, les surfaces foliaires, et les changements de la couverture terrestre.

Alimentation des eaux souterraines
Apport d'eau externe à la zone de saturation d'un *aquifère*, directement dans une formation, ou indirectement par l'intermédiaire d'une autre formation.

Analyse de la stabilisation
Dans le présent document, désigne les analyses ou les *scénarios* concernant la *stabilisation* de la concentration des *gaz à effet de serre*.

Anthropique
Résultant des activités humaines ou produit par les êtres humains.

Approche atterrissage en douceur
Voir *Approche fenêtre d'opportunité*

Approche fenêtre d'opportunité
Ce type d'approche analyse les *émissions* de *gaz à effet de serre* comme si elles étaient limitées par l'adoption d'un objectif *climatique* à long terme - plutôt que dans le cas d'une *stabilisation* des concentrations d'émissions de gaz à effet de serre (exprimé en termes de variations de température, de niveau de la mer, ou du rythme de ces variations, par exemple). Cette approche vise essentiellement à évaluer les implications de ces objectifs à long terme pour des fourchettes à court ou moyen terme offrant des fenêtres d'opportunité pour les *émissions de gaz à effet de serre* mondiales. Dite également approche atterrissage en douceur.

Aquaculture
Culture et élevage de poissons, coquillages, etc., ou culture de plantes en milieux aquatiques spéciaux à des fins alimentaires.

Aquifère
Couche de roche perméable contenant de l'eau. Un aquifère libre est réalimenté directement par les précipitations locales, les rivières et les lacs; la vitesse de réalimentation est influencée par la perméabilité des roches et sols supérieurs. Un aquifère non libre est caractérisé par une couche supérieure imperméable et, dans ce cas, les précipitations locales sont sans effet sur l'aquifère.

Atmosphère
Enveloppe gazeuse de la terre. l'atmosphère sèche est composée presque entièrement d'azote (*rapport de mélange au volume* de 78,1 %) et d'oxygène (rapport de mélange au volume de 20,9 %), ainsi que de plusieurs gaz à l'état de traces, tels que l'argon (rapport de mélange au volume 0,93 %), l'hélium, et les *gaz à effet de serre* qui influent sur le rayonnement, tels que le *dioxyde de carbone* (rapport de mélange au volume de 0,035 %) et l'*ozone*. l'atmosphère contient également de la vapeur d'eau, en quantités extrêmement variables, mais en général dans un rapport de mélange au volume de 1 %, ainsi que des nuages et des *aérosols*.

Atténuation
Intervention *anthropique* pour réduire les *sources* ou augmenter les *puits* de *gaz à effet de serre*.

Attribution
Voir *Détection et attribution*.

Autres voies de développement
Désigne divers *scénarios* possibles pour des *valeurs* sociétales et des modes de consommation et de production dans tous les pays, y compris, mais sans être limité à, la poursuite des tendances actuelles. Dans le présent document, ces voies n'incluent pas d'initiatives supplémentaires sur le *climat*, et par conséquent, les scénarios supposant explicitement la *mise en œuvre* de la *Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques* ou les objectifs d'émissions du *Protocole de Kyoto* ne sont pas inclus. Les scénarios incluent des hypothèses sur d'autres politiques qui influent indirectement sur les *émissions de gaz à effet de serre*.

Base de ressources
Une base de ressources inclut les *réserves* et les *ressources*.

Bassin de réception
Zone de drainage d'un cours d'eau, d'un fleuve ou d'un lac.

Bassin versant
Zone de réception et d'évacuation des eaux de pluie.

Bassin
Voir *Réservoir*.

Bénéfices accessoires
Effets accessoires ou auxiliaires de mesures d'intervention visant exclusivement à l'*atténuation des changements climatiques*. Ces mesures ont des incidences non seulement sur les *émissions de gaz à effet de serre*, mais également sur l'efficacité de l'utilisation des ressources ; par exemple, la réduction des émissions de polluants atmosphériques au niveau local et régional associées à l'utilisation des *combustibles fossiles* ; et dans des domaines tels que le transport, l'agriculture, les pratiques d'*affectation des terres*, l'emploi, et la sécurité des combustibles. Ces bénéfices sont quelquefois intitulés « incidences accessoires » afin d'indiquer que, dans certains cas, ils peuvent être négatifs. Dans le cadre des mesures visant à diminuer la pollution atmosphérique locale, l'atténuation des émissions de gaz à effet de serre peut être également considérée comme un bénéfice accessoire ; cependant, la présente évaluation n'examine pas ces liens.

Bénéfices de l'adaptation
Coûts des dommages ou bénéfices obtenus à la suite de l'adoption et de la *mise en œuvre* de mesures d'*adaptation*.

Coûts d'adaptation
Coûts de planification, préparation, promotion et mise en œuvre des mesures d'*adaptation*, y compris les coûts de transition.

Biocombustible
Combustible obtenu à partir de matière organique sèche ou d'huiles combustibles d'origine végétale. L'alcool (obtenu par la fermentation du sucre), la boue noire résultant du processus de fabrication du papier, le bois et l'huile de soja sont des exemples de biocombustibles.

Biodiversité
Nombre et abondance relatives de différents gènes (diversité génétique), espèces, et *écosystèmes* (communautés) dans une zone particulière.

Biomasse
Poids ou volume total des organismes vivants dans une zone ou un volume donné ; les plantes mortes récemment sont souvent incluses en tant que biomasse morte.

Biome
Groupement de communautés végétales et animales similaires au sein de grandes unités de paysage, qui se produisent dans des conditions environnementales similaires.

Biosphère (terrestre et marine)
Partie du système de la terre comprenant tous les *écosystèmes* et organismes vivants dans l'*atmosphère*, sur la terre (biosphère terrestre), ou dans les océans (biosphère marine), y compris la matière organique morte dérivée, telle que les déchets, la matière organique des sols et les détritus des océans.

Biote
Ensemble de tous les organismes vivants d'un endroit donné ; la flore et la faune considérées en tant qu'unité.

Blanchissement du corail
Blanchissement des coraux résultant de la disparition d'algues symbiotiques. Le blanchissement se produit en réponse à un choc physiologique à la suite de changements soudains de température, salinité, et turbidité.

Boisement
Plantation de nouvelles *forêts* sur des terres qui, d'un point de vue historique, n'en ont jamais contenues. Pour une discussion du terme forêt et des termes connexes *boisement, reboisement*, et *déboisement,* voir le Rapport du GIEC : Utilisation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie (GIEC, 2000b).

Bond en avant
On appelle bond en avant (ou bond en avant technologique) les possibilités pour les pays en développement de sauter plusieurs Etapes du développement technologique, par lesquelles étaient passés autrefois les pays industrialisés, et de faire appel aux technologies les plus avancées dans le secteur de l'énergie et autres secteurs économiques, grâce à des investissements pour le développement technologique et le renforcement des capacités .

Calotte polaire
Masse de glace en forme de dôme recouvrant une zone d'altitude, d'une superficie beaucoup plus petite que celle d'un inlandsis.

Canevas (narratif)
Voir *Scénarios* du RSSE.

Capacité d'adaptation
Capacité d'ajustement d'un système face aux *changements climatiques* (y compris à la *variabilité climatique* et aux extrêmes climatiques) afin d'atténuer les effets potentiels, d'exploiter les opportunités, ou de faire face aux conséquences.

Capacité d'atténuation
Structures et conditions sociales, politiques et économiques nécessaires pour une atténuation efficace.

Carbone noir
Espèce définie de manière opérationnelle à partir de mesures de l'absorption de la lumière et de la réactivité chimique et/ou de la stabilité thermique ; consiste en suie, charbon de bois, et/ou matière organique réfractaire absorbatrice de lumière (Charlson et Heintzenberg, 1995).

Changement à long terme du niveau de la mer (relatif)
Changements à long terme du niveau de la mer relatif dû à des changements eustatiques (en raison de la *dilatation thermique*, par exemple) ou à des variations des mouvements terrestres verticaux.

Changement eustatique du niveau de la mer
Changement de la moyenne du niveau de la mer à l'échelle

mondiale à la suite de la variation du volume des océans. Ceci peut être dû à des changements de la densité de l'eau ou de la masse totale d'eau. Dans les études sur les échelles temporelles géologiques, ce terme inclut quelquefois des changements de la moyenne du niveau de la mer à l'échelle mondiale dus à une modification de la forme des bassins océaniques. Dans le présent document, le terme n'est pas utilisé dans ce sens.

Changements climatiques rapides

La *non-linéarité* du *système climatique* peut conduire à des *changements climatiques* rapides, quelquefois intitulés changements abrupts, ou même surprise. On peut imaginer certains de ces phénomènes abrupts, par exemple une réorganisation fondamentale de la *circulation thermohaline*, une déglaciation rapide, ou une fonte massive du *pergélisol* entraînant des changements rapides du *cycle du carbone*. D'autres peuvent être véritablement inattendus, et résulter du forçage puissant, à évolution rapide, d'un système non linéaire.

Changements climatiques

Les changements climatiques désignent une variation statistiquement significative de l'état moyen du *climat* ou de sa variabilité persistant pendant de longues périodes (généralement, pendant des décennies ou plus). Les changements climatiques peuvent être dus à des processus internes naturels ou à des *forçages externes*, ou à des changements *anthropiques* persistants de la composition de l'*atmosphère* ou de l'*affectation des terres*. On notera que la *Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques* (CCNUCC), dans son Article 1, définit « changements climatiques » comme étant des « changements de climat qui sont attribués directement ou indirectement à une activité humaine altérant la composition de l'atmosphère mondiale et qui viennent s'ajouter à la variabilité naturelle du climat observée au cours de périodes comparables. » La CCNUCC fait ainsi une distinction entre les « changements climatiques » qui peuvent être attribués aux activités humaines altérant la composition de l'atmosphère, et la « variabilité climatique » due à des causes naturelles. Voir également *Variabilité climatique*.

Changements d'affectation des terres

Changement de l'affectation ou de la gestion des terres par les humains, pouvant entraîner un changement de la couverture terrestre. La couverture terrestre et les changements d'affectation des terres peuvent avoir des incidences sur l'*albédo*, l'*évapotranspiration*, les *sources*, et les *puits* de *gaz à effet de serre*, ou sur d'autres propriétés du *système climatique*, et peuvent donc avoir des répercussions locales ou mondiales sur le *climat*. Voir également le Rapport spécial du GIEC Utilisation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie (GIEC, 2000b).

Charge

Masse totale de substance gazeuse préoccupante présente dans l'atmosphère.

Chlorofluorocarbures (CFC)

Gaz à effet de serre réglementés par le *Protocole de Montréal* de 1987 et utilisés pour la réfrigération, la climatisation, l'emballage, l'isolation, les solvants et les propulseurs d'aérosols. étant donné qu'ils ne sont pas détruits dans l'*atmosphère* inférieure, les CFC atteignent l'atmosphère supérieure, où, si les conditions s'y prêtent, ils détruisent l'*ozone*. Ces gaz sont en cours de remplacement par d'autres composés, notamment par des hydrochlorofluorocarbures et des *hydrofluorocarbures*, qui sont des gaz à effet de serre réglementés par le *Protocole de Kyoto*.

Choléra

Infection intestinale produisant des selles liquides fréquentes, des douleurs abdominales, et pouvant entraîner la mort par déshydratation.

Circulation générale

Mouvements à grande échelle de l'*atmosphère* et des océans à la suite du réchauffement différentiel sur une terre en rotation, visant à restaurer l'*équilibre énergétique* du système par le transfert thermique et l'effet de mouvement.

Circulation thermohaline

Circulation à grande échelle régie par la densité dans les océans causée par des différences de température et de salinité. Dans l'Atlantique Nord, les eaux de surface chaudes circulent vers le nord et les eaux profondes froides circulent vers le sud, ce qui produit un transfert thermique net vers les pôles. Les eaux de surface descendent dans les profondeurs dans des zones océaniques très délimitées situées à des latitudes élevées.

Climat

Au sens étroit du terme, climat désigne en général le « temps moyen », ou plus précisément une description statistique en termes de moyennes et de variabilité de grandeurs pertinentes sur des périodes allant de quelques mois à des milliers ou des millions d'années. La période type est de 30 ans, d'après la définition de l'Organisation météorologique mondiale (OMM). Ces quantités pertinentes sont le plus souvent des variables de surface telles que la température, les précipitations et le vent. Au sens large du terme, climat désigne l'état du *système climatique*, y compris une description statistique de celui-ci.

CO_2-Equivalent

Voir *Equivalent-CO_2*.

Co-bénéfices

Bénéfices de politiques, y compris l'*atténuation des changements climatiques*, mises en œuvre en même temps pour diverses raisons, reconnaissant que la plupart des politiques visant à atténuer les *gaz à effet de serre* ont également d'autres principes aussi importants (objectifs connexes de développement, de durabilité, et d'équité, par exemple). Le terme co-incidences est également utilisé dans un sens plus général pour inclure les aspects positifs et négatifs des bénéfices. Voir également *Bénéfices accessoires*.

Cogénération

Utilisation de la chaleur résiduaire de la production d'électricité (échappement des turbines à gaz, par exemple) à des fins industrielles ou de chauffage urbain.

Combustibles fossiles

Combustibles à base de carbone provenant de dépôts de carbone fossile, dont le charbon, le pétrole et le gaz naturel.

Commutation des combustibles (substitution des combustibles)
Politique visant à réduire les émissions de *dioxyde de carbone* par la substitution par des combustibles à faible teneur en carbone, par exemple en remplaçant le charbon par le gaz naturel.

Conférence des Parties (COP)
Organe suprême de la *Conférence-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC)*, comprenant des pays qui ont ratifié la CCNUCC ou adhéré à celle-ci. La première session de la Conférence des Parties (COP-1) a eu lieu à Berlin en 1995, suivie de COP-2 à Genève en 1996, COP-3 à Kyoto en 1997, COP-4 à Buenos Aires en 1998, COP-5 à Bonn en 1999, COP-6 première partie à La Haye en 2000, et COP-6 deuxième partie à Bonn en 2001. La COP-7 doit avoir lieu en novembre 2001 à Marrakech. Voir également *Réunion des Parties (MOP)*.

Conformité
Voir *Mise en oeuvre*.

Contingent d'émission
Portion ou part du total des *émissions* permises assignées à un pays ou à un groupe de pays dans le contexte d'une limite maximale des émissions totales et d'affectations obligatoires des ressources.

Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC)
La Convention a été adoptée le 9 mai 1992 à New York et signée en 1992 lors du Sommet de la terre à Rio de Janeiro par plus de 150 pays et par la Communauté européenne. Son objectif ultime est de « stabiliser les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère à un niveau qui empêche toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique ». Elle contient des engagements pour toutes les Parties. Conformément à la Convention, les Parties figurant à l'*Annexe I* visent à ramener les *émissions de gaz à effet de serre* non réglementés par le *Protocole de Montréal* à leurs niveaux de 1990 d'ici l'an 2000. La Convention est entrée en vigueur en mars 1994. Voir également *Protocole de Kyoto* et *Conférence des Parties (COP)*.

Convention-cadre sur les changements climatiques
Voir *Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques*.

Conversion de l'énergie
Voir *Transformation de l'énergie*.

Couche (océanique) mixte
Partie supérieure de l'océan bien mélangée par interaction avec l'*atmosphère*.

Couche d'ozone
La *stratosphère* contient une couche, dite couche d'ozone, dans laquelle la concentration de l'*ozone* est la plus élevée. Cette couche s'étend sur environ 12 à 40 km. La concentration d'ozone est maximale entre 20 et 25 km environ. Cette couche est appauvrie par des *émissions* anthropiques de composés à base de chlore et de brome. Chaque année, au cours du printemps dans l'hémisphère austral, un appauvrissement très important de la couche d'ozone se produit au-dessus de l'Antarctique, dû lui aussi à des émissions de composés industriels à base de chlore et de brome alliées à des conditions météorologiques particulières à cette région. Ce phénomène est intitulé *trou de la couche d'ozone*.

Coût d'opportunité
Coût d'une activité économique à laquelle on renonce pour en choisir une autre.

Coût externe
Utilisé pour définir les coûts générés par toute activité humaine, lorsque le responsable de l'activité ne tient pas totalement compte des incidences de ses actions sur les autres. De même, lorsque les incidences sont bénéfiques et ne sont pas incluses dans les mesures du responsable, elles sont dénommées bénéfices externes. Les *émissions* de particules polluantes par une centrale ont des effets sur la santé des populations vivant à proximité, mais la prise de décisions privées n'en tient pas souvent compte ou ne lui accorde que peu d'importance, et il n'y a pas de marché pour ces incidences. Ce phénomène est intitulé « externalité », et les coûts qu'il impose sont dits « coûts externes ».

Coût privé
Les catégories de coûts influant sur la prise de décision individuelle sont désignés sous le terme de coûts privés. Voir également *Coût social* et *Coût total*.

Coût social
Le coût social d'une activité inclut la *valeur* de toutes les *ressources* utilisées pour sa mise en œuvre. Certains de ces coûts ont un prix, d'autres non. Les ressources sans prix sont désignées sous le nom d'externalités. C'est la somme des coûts de ces externalités et des ressources avec prix qui constituent le coût social. Voir également *Coût privé* et *Coût total*.

Coût total
Tous les éléments du coût ajoutés. Le coût total pour la société comprend le *coût externe* et le *coût privé*, qui, ensemble, constituent le *coût social*.

Coûts à la valeur actualisée
Somme de tous les coûts sur toutes les échelles temporelles, avec actualisation des coûts prévus.

Coûts de mise en œuvre
Coûts résultant de la *mise en œuvre* d'options d'*atténuation*. Ces coûts sont associés aux changements institutionnels nécessaires, aux besoins d'information, à la grandeur du marché, aux *opportunités* de bénéfices et d'apprentissage *technologiques*, et aux mesures économiques incitatives requises (subventions et taxes).

Couverture neigeuse
Accumulation saisonnière de neige fondant lentement.

Couverture
Dans le contexte de l'atténuation des changements climatiques, la couverture est définie comme l'équilibre entre les risques d'une action trop lente et d'une action trop rapide, et dépend de l'attitude de la société vis-à-vis des risques.

Critère de Pareto/Optimum de Pareto
Exigence ou condition selon laquelle le bien-être d'un individu ne pourrait pas être amélioré sans conséquences néfastes sur le bien-être d'autres personnes dans la société.

Cryosphère
Composant du *système climatique* composé de la totalité de la neige, glace et *pergélisol* sur et au-dessous de la surface de la terre et des océans. Voir également *Glacier* et *Inlandsis*.

Cycle du carbone
Terme utilisé pour décrire le flux de carbone (sous diverses formes, telles que le *dioxyde de carbone*) dans l'*atmosphère*, les océans, la *biosphère* terrestre et la *lithosphère*.

Cycle solaire (« 11 ans »)
Variation quasi-régulière de l'*activité solaire*, d'ampleur variée et d'une durée de l'ordre de 9 à 13 ans.

Déboisement
Transformation d'une *forêt* en terre non forestière. Pour une discussion du terme forêt et des termes connexes *boisement*, *reboisement*, et *déboisement* voir le Rapport spécial du GIEC Utilisation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie (GIEC, 2000b).

Dengue
Maladie virale infectieuse transmise par les moustiques ; souvent dénommée « fièvre qui brise les os » en raison des douleurs intenses qu'elle provoque au niveau des articulations et du dos. Des infections ultérieures par le virus peuvent conduire à la dengue hémorragique (DHF) et au syndrome de choc dengue (DSS), qui peuvent être mortels.

Dénutrition
Résultat d'un apport alimentaire insuffisant pour assurer de façon continue les besoins énergétiques alimentaires, absorption insuffisante et/ou mauvaise utilisation biologique des apports nutritifs.

Désert
Ecosystème dans lequel les précipitations annuelles sont inférieures à 100 mm.

Désertification
Dégradation des terres dans des zones arides, *semi-arides* et subhumides sèches en raison de divers facteurs, parmi lesquels les variations climatiques et les activités humaines. Par ailleurs, la Convention des Nations unies sur la lutte contre la désertification définit la dégradation des terres comme la diminution ou la disparition dans les zones arides, semi-arides et subhumides de la productivité biologique ou économique et de la complexité des terres cultivées non irriguées, des terres cultivées irriguées, des parcours, des pâturages, des *forêts*, et des surfaces boisées du fait de l'*affectation des terres* ou d'un ou de plusieurs phénomènes, y compris des phénomènes dus aux activités humaines et aux modes de peuplement tels que : (i) l'érosion des sols par le vent et/ou l'eau ; (ii) la dégradation des propriétés physiques, chimiques et biologiques ou économiques des sols ; et (iii) la disparition à long terme de la végétation naturelle.

Détection et attribution
Le *climat* varie continuellement sur toutes les *échelles temporelles*. La détection des *changements climatiques* est le processus démontrant que le climat a changé dans un sens statistiquement défini, sans fournir de raisons pour ces changements. L'attribution est le processus déterminant les causes les plus probables pour les changements climatiques détectés, avec un niveau de confiance défini.

Développement durable
Développement qui répond aux besoins actuels sans compromettre la capacité des générations futures à satisfaire leurs propres besoins.

Dilatation thermique
Associé au niveau de la mer, ce terme désigne l'augmentation en volume (et la diminution en densité) qui résulte du réchauffement de l'eau. Un réchauffement des océans entraîne une dilatation du volume des océans et par conséquent une élévation du niveau de la mer.

Dioxyde de carbone (CO_2)
Gaz qui se produit naturellement, et qui est également le produit dérivé de la combustion des *combustibles fossiles* et de la *biomasse*, ainsi que des *changements d'affectation des terres* et autres processus industriels. C'est le principal *gaz à effet de serre anthropique* qui influe sur le *bilan radiatif* de la terre. Gaz servant de référence pour la mesure d'autres gaz à effet de serre, il a un *potentiel de réchauffement mondial* de 1.

Disparition
La disparition locale d'une espèce.

Double dividende
Effet des instruments générateurs de revenus, tels que les *taxes sur le carbone* ou les permis d'émissions de carbone négociables (échangeables), pour (i) limiter ou réduire les *émissions de gaz à effet de serre* et (ii) compenser au moins une partie des pertes de bien-être potentielles résultant des politiques sur le climat, grâce au recyclage des revenus dans l'économie en vue de réduire d'autres taxes probablement génératrices de distorsions. En ce qui concerne le chômage, le choix d'une politique sur les *changements climatiques* peut avoir un effet (un « troisième dividende » positif ou négatif) sur l'emploi. Le double dividende est faible tant qu'il a un effet de *recyclage des revenus* - c'est-à-dire, tant que les revenus sont recyclés par le biais de réductions des taux marginaux des taxes génératrices de distorsions. Pour obtenir un double dividende élevé, l'effet (positif) du recyclage de revenus doit être largement supérieur à la totalité des coûts principaux, et, dans ce cas, le coût net de l'abattement est négatif.

Durée de renouvellement
Voir *Durée de vie*.

Durée de vie d'une perturbation
Voir *Durée de vie*.

Durée de vie
Durée de vie est un terme général utilisé pour diverses *échelles temporelles* caractéristiques du rythme des processus qui influent

sur la concentration des gaz à l'état de traces. En général, il désigne le temps qu'un atome ou une molécule passe en moyenne dans un *réservoir* donné, tel que l'*atmosphère* ou les océans. On distingue les durées de vie suivante :

- « Temps de renouvellement » (T) ou « durée de vie atmosphérique » : rapport entre la masse M d'un réservoir (un composé gazeux dans *l'atmosphère*, par exemple) et le taux total d'élimination S du réservoir : T = M/S. Pour chaque processus d'élimination on peut définir des temps de renouvellement séparés. Pour ce qui est de la biologie du carbone des sols, on parle de Temps de résidence moyen.
- « Temps d'ajustement », « temps de réponse », ou « durée de vie de la perturbation » (Ta) : l'échelle temporelle qui caractérise l'extinction d'une entrée d'impulsion instantanée dans le réservoir. On utilise également le terme temps d'ajustement pour désigner l'ajustement de la masse d'un réservoir à la suite d'un changement progressif de la force de la source. Une constante de demi-vie ou d'extinction est utilisée pour quantifier un processus d'extinction exponentiel de premier ordre. Voir *Temps de réponse* pour une autre définition pertinente aux variations *climatiques*. Le terme « durée de vie » est quelquefois utilisé, dans un but de simplification, au lieu de « temps d'ajustement ».

Dans des cas simples, lorsque l'élimination globale du composé est directement proportionnelle à la masse totale du réservoir, le temps d'ajustement est égal au temps de renouvellement : T = Ta. Un exemple est celui du CFC-11 qui est éliminé de l'atmosphère uniquement par processus photochimique dans la *stratosphère*. Dans des cas plus complexes, où plusieurs réservoirs entrent en jeu ou lorsque l'élimination n'est pas proportionnelle à la masse totale, l'égalité T = Ta n'est plus valable. Le *dioxyde de carbone* est un exemple extrême. Son temps de renouvellement n'est que de 4 ans environ en raison des échanges rapides entre l'atmosphère et les biotes terrestres et océaniques. Mais, une grande partie de ce CO_2 revient dans l'atmosphère en quelques années. Par conséquent, le temps d'ajustement du CO_2 dans l'atmosphère est en fait déterminé par le rythme du transfert du carbone de la couche superficielle des océans vers les couches plus profondes. Bien que l'on puisse donner une valeur approximative de cent ans pour le temps d'ajustement du CO_2 dans l'atmosphère, l'ajustement réel est plus rapide initialement et plus lent par la suite. Dans le cas du *méthane*, le temps d'ajustement est différent du temps de renouvellement, car l'élimination s'effectue principalement par le biais d'une réaction chimique avec un radical libre hydroxyle OH, dont la concentration dépend de la concentration de CH_4. Par conséquent l'élimination du CH_4 S n'est pas proportionnelle à sa masse totale M.

Echange des droits d'émissions

Approche axée sur le marché pour atteindre des objectifs environnementaux et permettant aux pays qui réduisent leurs émissions de *gaz à effet de serre* au-dessous des niveaux requis d'utiliser ou d'échanger les réductions excédentaires en compensation d'émissions d'une autre source à l'intérieur ou à l'extérieur du pays. En général, les échanges peuvent s'effectuer aux niveaux inter-compagnies, domestique et international. Le Deuxième rapport d'évaluation du GIEC a convenu d'utiliser les termes « permis » pour les systèmes d'échanges domestiques et « quotas » pour les systèmes d'échanges internationaux. Selon l'article 17 du *Protocole de Kyoto*, l'échange des droits d'émissions est un système de quotas échangeables basé sur les *quantités attribuées* calculées à partir des engagements chiffrés de limitation et de réduction dont la liste figure à l'*Annexe B* du Protocole. Voir également *Unité de réduction certifiée d'émissions* et *Mécanisme pour un développement propre*.

Echelle temporelle

Durée nécessaire à la réalisation d'un processus. étant donné que de nombreux processus révèlent leurs effets tôt, puis se poursuivent progressivement jusqu'à leur terme sur une longue période, dans le contexte du présent document, l'échelle temporelle est définie numériquement comme le temps nécessaire à une perturbation dans un processus pour révéler au moins la moitié de son effet final.

Echelles spatiales et temporelles

Le *climat* peut varier sur une large fourchette d'échelles spatiales et temporelles. Les échelles spatiales peuvent aller des échelles locales (moins de 100 000 km2) ou régionales (100 000 à 10 millions de km2) jusqu'aux échelles continentales (10 à 100 millions de km2). Les échelles temporelles peuvent aller d'échelles saisonnières à des échelles géologiques (pouvant atteindre des centaines de millions d'années).

Economies en transition (EET)

Pays dont l'économie nationale est en transition, passant d'un système d'économie planifiée à une économie de marché.

Ecosystème

Système d'organismes vivants en interaction, ainsi que leur environnement physique. Les limites de ce que l'on peut appeler un écosystème sont quelque peu arbitraires, et dépendent du centre d'intérêt ou de l'étude. Par conséquent, l'étendue d'un écosystème peut aller de très petites *échelles spatiales* jusqu'à l'ensemble de la terre.

Ecoulement fluvial

Débit d'eau dans le lit d'une rivière ; en général exprimé en m^3 sec^{-1}.

Effet d'interaction des taxes

Voir *Effet d'interaction*.

Effet d'interaction

Résultat ou conséquence de l'interaction des instruments de politiques sur les *changements climatiques* avec les systèmes fiscaux domestiques en place, y compris l'interaction des taxes génératrices de coûts supplémentaires et de l'effet du recyclage des recettes fiscales qui diminue les coûts. Le premier cas reflète l'incidence que les politiques sur les *gaz à effet de serre* peuvent avoir sur le fonctionnement du marché du travail et du capital par le biais de leurs effets sur les salaires réels et le rapport réel du capital. En limitant les *émissions* de gaz à effet de serre autorisés, les permis, les réglementations ou une *taxe sur le carbone* augmentent les coûts et les prix de production, réduisant ainsi la rentabilité réelle de la main-d'œuvre et du capital. Dans le cas des politiques qui augmentent les recettes fiscales gouvernementales - taxes sur le carbone et permis échangeables - ces recettes peuvent être recyclées afin de réduire les taxes génératrices de distorsions. Voir également *Double dividend*e.

Effet de rebond
Se produit en raison, par exemple, d'une amélioration de l'efficacité des moteurs qui diminue le coût par kilomètre, ce qui a l'effet pervers d'inciter à plus de déplacements.

Effet de serre
Les *gaz à effet de serre* absorbent efficacement le *rayonnement infrarouge*, émis par la surface de la terre, par l'*atmosphère* elle-même en raison de ces gaz, et par les nuages. Le rayonnement atmosphérique est émis dans tous les sens, y compris vers le bas, vers la surface de la terre. Par conséquent, les gaz à effet de serre retiennent la chaleur dans le système surface-troposphère, un phénomène intitulé « effet de serre naturel ». Le rayonnement atmosphérique est étroitement associé à la température du niveau d'émission. Dans la *troposphère*, en général, la température diminue avec l'altitude. En fait, le rayonnement infrarouge émis vers l'espace provient d'une altitude ayant une température moyenne de -19° C, en équilibre avec le *rayonnement solaire* net entrant, alors que la surface de la terre est maintenue à une température beaucoup plus élevée, en moyenne, +14° C. Une augmentation de la concentration des gaz à effet de serre augmente l'opacité infrarouge de l'atmosphère, et entraîne donc un rayonnement vers l'espace à une altitude plus élevée, à une température plus basse. Il en résulte un *forçage radiatif*, c'est-à-dire un déséquilibre qui ne peut être compensé que par une augmentation de la température du système surface-troposphère. Il s'agit de « l'augmentation de l'effet de serre ».

Effet indirect des aérosols
Les *aérosols* peuvent être à l'origine d'un *forçage radiatif* indirect du *système climatique* en constituant un noyau de condensation ou en modifiant les propriétés optiques et la durée de vie des nuages. On distingue deux effets indirects :

- Premier effet indirect : Un forçage radiatif dû à une augmentation des aérosols *anthropiques* qui peut augmenter initialement la concentration de gouttelettes et diminuer la taille des gouttelettes pour une teneur en eau fixe d'un liquide, et augmenter ainsi l'*albédo* des nuages. Cet effet est aussi connu sous le nom « d'effet Twomey » ou d'effet d'albédodes nuages, bien que ce deuxième terme soit trompeur étant donné que le second effet indirect modifie également l'albédodes nuages.
- Deuxième effet indirect : Un forçage radiatif dû à l'augmentation des aérosols anthropiques qui peut diminuer la taille des gouttelettes, ce qui réduit l'efficacité des précipitations et modifie donc la teneur en eau liquide, ainsi que l'épaisseur et la durée de vie des nuages. Cet effet est aussi connu sous le nom « d'effet sur la durée de vie des nuages » ou « d'effet Albrecht ».

Effets sur le commerce
Incidences économiques des changements du pouvoir d'achat d'un groupe de biens exportés par un pays par rapport à des groupes de biens importés fournis par ses partenaires commerciaux. Les politiques sur le climat modifient les coûts de production relatifs et peuvent modifier suffisamment les conditions des échanges pour changer le bilan économique final.

Efficacité énergétique
Rapport du rendement énergétique d'un processus de transformation ou d'un système à son intrant énergétique.

Efficience d'utilisation de l'eau
Gain de carbone dans la *photosynthèse* par unité d'eau perdue par *évapotranspiration*. Peut être exprimée sur une base à court terme comme le rapport du gain de carbone photosynthétique par unité d'eau transpirationnelle perdue, ou sur une base saisonnière comme le rapport de la *production primaire nette* ou du rendement agricole à la quantité d'eau disponible.

Efflorescences d'algues
Prolifération d'algues dans un lac, une rivière ou un océan.

Elévation du niveau de la mer
Augmentation du niveau moyen de l'océan. Une élévation eustatique du niveau de la mer est un changement du niveau moyen de la mer à l'échelle mondiale dû à une modification du volume des océans mondiaux. Une élévation du *niveau de la mer relative* se produit lorsqu'il y a une augmentation nette du niveau de l'océan par rapport aux mouvements terrestres locaux. Les évaluations des modélisateurs en climatologie portent principalement sur le changement eustatique du niveau de la mer, alors que les spécialistes des *incidences* étudient plus particulièrement le changement du niveau de la mer relatif.

Emissions anthropiques
Emissions de gaz à effet de serre, de *précurseurs* de gaz à effet de serre, et d'*aérosols* associées aux activités humaines. Ces activités incluent la combustion de *combustibles fossiles* pour la production d'énergie, le *déboisement*, et les changements d'*affectation des terres* qui entraînent des augmentations nettes des émissions.

Emissions de CO_2 (dioxyde de carbone) fossile
Emissions de dioxyde de carbone résultant de la combustion de combustibles provenant de dépôts de carbone fossile, tels que le pétrole, le gaz naturel et le charbon.

Emissions nettes de dioxyde de carbone
Différence entre les sources et les puits de dioxyde de carbone pour une période donnée et pour une zone ou région spécifique.

Emissions
Dans le contexte des *changements climatiques*, on entend par émissions l'émission de *gaz à effet de serre* et/ou leurs *précurseurs* et les *aérosols* dans l'*atmosphère* au-dessus d'une zone et pendant une durée précises.

Endémique
Limité ou propre à un endroit ou à une région. En ce qui concerne la santé humaine, endémique peut se rapporter à une maladie ou un agent présent ou généralement prévalant en permanence au sein d'une population ou d'une zone géographique.

Energie alternative
Energie obtenue à partir de sources de combustibles non fossiles.

Energie finale
Energie fournie au consommateur à des fins de transformation en énergie utile (électricité fournie par une prise de courant, par exemple).

Energie primaire
Energie présente dans les *ressources* naturelles (charbon, pétrole brut, lumière solaire, uranium, par exemple) qui n'a pas encore fait l'objet d'aucune conversion ou transformation *anthropique*.

Epi
Jetée basse et étroite ; en général, à peu près perpendiculaire au rivage, elle est conçue pour protéger le rivage de l'*érosion* par les courants, marées, ou vagues, ou pour retenir le sable afin de consolider ou créer une plage.

Epidémique
Qui se produit soudain en nombres nettement supérieurs à l'attente normale ; utilisé spécialement pour les *maladies infectieuses* mais est appliqué également à toute maladie, blessure, ou autre événement lié à la santé qui se produit pendant ces éruptions.

Equilibre énergétique
Moyenné à l'échelle mondiale, et sur de longues périodes de temps, le budget énergétique du *système climatique* doit être équilibré. Etant donné que la totalité de l'énergie du système climatique provient du soleil, mondialement, la quantité de *rayonnement solaire* en entrée doit être en moyenne égale au *rayonnement infrarouge* en sortie émis par le système climatique. Une perturbation de cet équilibre radiatif mondial, qu'elle soit anthropique ou naturelle, est intitulée *forçage radiatif*.

Equilibre radiatif
Voir *Equilibre énergétique*

Equivalent-CO_2 (dioxyde de carbone)
Concentration de *dioxyde de carbone* qui entraînerait un *forçage radiatif* de même importance qu'un mélange donné de dioxyde de carbone et d'autres *gaz à effet de serre*.

Erosion thermique
Erosion du *pergélisol* riche en glace par l'action thermique et mécanique de l'eau en mouvement.

Erosion
Processus d'enlèvement et de transport du sol et de roches en raison des effets du climat, de la dégradation de masse et de l'action des cours d'eau, *glaciers*, vagues, vents et eaux souterraines.

Espèce envahissante
Espèce introduite qui envahit les *habitats* naturels.

Espèce exotique
Voir *Espèce introduite*.

Espèce introduite
Espèce présente dans une zone extérieure à son aire naturelle historique à la suite d'une dispersion accidentelle par les hommes (dite également « *espèce exotique* » ou « espèce étrangère »).

Etablissements humains
Endroit ou zone de peuplement.

Eutrophisation
Processus par lequel une eau réceptrice (souvent peu profonde) devient (naturellement ou à cause de la pollution) riche en éléments nutritifs dissous, avec insuffisance saisonnière en oxygène dissous.

Evaluation de l'adaptation
Identification des options d'adaptation aux *changements climatiques* et leur évaluation par rapport à des Critères tels que la disponibilité, les bénéfices, les coûts, l'efficacité, l'efficience, et la faisabilité.

Evaluation des incidences (climatiques)
Pratique consistant à identifier et évaluer les conséquences néfastes et bénéfiques des *changements climatiques* sur les *systèmes humains* et naturels.

Evaluation mondiale
Méthode d'analyse qui combine de manière cohérente les résultats et les modèles émanant des sciences physiques, biologiques, économiques et sociales, ainsi que les interactions entre celles-ci, afin d'évaluer l'état et les conséquences des changements environnementaux et d'envisager l'action à engager pour y faire face.

Evaporation
Processus de transformation d'un liquide en gaz.

Evapotranspiration
Processus combiné d'*évaporation* de la surface de la terre et de la *transpiration* de la végétation.

Expérience climatique à l'équilibre et transitoire
Une « expérience climatique à l'équilibre » est une expérience dans laquelle on laisse un *modèle climatique* s'ajuster complètement à des changements du *forçage radiatif*. Ces expériences fournissent des informations sur la différence entre l'état initial et final du modèle, mais non pas sur la réponse chronologique. La réponse chronologique d'un modèle climatique peut être analysée lorsqu'on laisse le forçage évoluer progressivement selon un *scénario d'émissions* prescrit. Il s'agit alors d'une « expérience climatique transitoire ». Voir également *Projection climatique*.

Exposition
Nature et degré d'exposition d'un système à des variations climatiques significatives.

Externalité
Voir *coût externe*.

Extinction
Disparition totale d'une espèce.

Fertilisation par l'azote
Stimulation de la croissance des plantes par adjonction de composés azotés. Dans les rapports du GIEC, cette expression désigne plus précisément la fertilisation due à des *sources anthropiques* d'azote telles que les engrais artificiels et les *oxydes d'azote* provenant de la combustion des *combustibles fossiles*.

Fertilisation par le CO_2
Voir *Fertilisation par le dioxyde de carbone (CO_2)*.

Fertilisation par le dioxyde de carbone (CO_2)
Amélioration de la croissance des végétaux à la suite de l'augmentation de la concentration atmosphérique de *dioxyde de carbone*. Selon leur processus de *photosynthèse*, certains types de plantes sont plus sensibles aux changements de la concentration atmosphérique de dioxyde de carbone. En particulier, les plantes qui produisent un composé tricarbone (C_3) pendant la photosynthèse - notamment la plupart des arbres et des cultures agricoles de type riz, blé, soja, pommes de terre et légumes - présentent en général une réponse plus marquée que les plantes qui produisent un composé quadricarbone (C_4) pendant la photosynthèse - plantes principalement d'origine tropicale, y compris des herbes, le maïs, la canne à sucre, le millet, et le sorgho, très importantes en agriculture.

Fibre
Bois, bois de chauffage (ligneux ou non ligneux).

Fixation des prix au coût complet
Fixation du prix de produits commerciaux - de l'énergie électrique, par exemple - qui tient compte dans le prix facturé à l'utilisateur, non seulement du coût privé des moyens, mais également du coût des externalités engendrées par leur production et leur emploi.

Fixation des prix au coût marginal
Fixation du prix des biens et services commerciaux de sorte que le prix soit égal au coût additionnel résultant de l'augmentation d'une unité supplémentaire de la production.

Forçage externe
Voir *Système climatique*.

Forçage radiatif
Le forçage radiatif est le changement de l'exposition énergétique verticale nette (exprimée en Wm^{-2}) à la *tropopause* dû à un changement interne ou à un changement du forçage externe du *système climatique* (changement de la concentration de *dioxyde de carbone* ou du rayonnement solaire, par exemple). En général, le forçage radiatif est calculé en tenant compte du réajustement des températures stratosphériques à l'équilibre radiatif, mais avec toutes les propriétés troposphériques maintenues à leurs valeurs non modifiées.

Forêt boréale
Forêts de pins, épinettes, sapins et mélèzes s'étendant de la côte Est du Canada vers l'ouest jusqu'à l'Alaska et continuant de la Sibérie vers l'ouest sur toute l'étendue de la Russie jusqu'à la Plaine européenne.

Forêt
Type de végétation dominé par les arbres. Un grand nombre de définitions du terme forêt sont utilisées à travers le monde, reflétant les différences importantes qui existent en matière de conditions biogéographiques, structure sociale et conditions économiques. Pour une discussion du terme forêt et des termes connexes *boisement*, *reboisement*, et *déboisement* voir le Rapport spécial du GIEC Utilisation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie (GIEC, 2000b).

Formation d'eau profonde
Se produit lorsque l'eau de mer gèle et forme la glace marine. L'émission de sel locale et l'augmentation de la densité de l'eau de mer qui en résultent sont à l'origine de la formation d'eau froide saline qui descend dans les profondeurs océaniques.

Fourchette d'adaptation
Variation des stimuli climatiques qu'un système peut absorber sans produire d'effets significatifs.

Fourchette de températures diurnes
Ecart entre la température maximale et minimale pendant un jour.

Fraction molaire
La fraction molaire, ou rapport de mélange, est le rapport du nombre de moles d'un composant dans un volume donné au nombre total de moles de tous les composants dans ce volume. En général, elle est indiquée pour l'air sec. Des valeurs types pour des *gaz à effet de serre* à longue durée de vie sont de l'ordre de mmol/mol (parties par million : ppm), nmol/mol (parties par milliard : ppb), et fmol/mol (parties par billion : ppt). La fraction molaire diffère du rapport de mélange au volume, souvent exprimé en ppmv, etc., par les corrections de la non-idéalité des gaz. Cette correction est significative par rapport à la précision des mesures pour de nombreux gaz à effet de serre (Schwartz et Warneck, 1995).

Fuites de carbone
Voir *Fuites*.

Fuites
Partie des réductions d'*émissions* dans les *pays visés à l'Annexe B* susceptibles d'être annulées par une augmentation des émissions au-dessus de leurs niveaux de *référence* par les pays non soumis aux obligations. Ceci peut se produire (i) lors de la réimplantation d'unités de production fortes consommatrices d'énergie dans des pays non soumises aux obligations ; (ii) lors d'une augmentation de la consommation de *combustibles fossiles* dans ces pays en raison de la diminution du prix international du pétrole et du gaz suite à une baisse de la demande dans ces secteurs ; et (iii) lors de changements au niveau des revenus (et donc de la demande énergétique) en raison de meilleures conditions économiques. On utilise aussi ce terme lorsqu'une activité de *piégeage* du carbone (plantation d'arbres, par exemple) sur une terre entraîne accidentellement, directement ou non, une activité qui annule, partiellement ou totalement, l'effet de piégeage de l'activité initiale.

Gaz à effet de serre
Les gaz à effet de serre sont les composants gazeux de l'*atmosphère*, naturels et *anthropiques*, qui absorbent et émettent des radiations à des longueurs d'ondes spécifiques dans le spectre du *rayonnement infrarouge* émis par la surface de la terre, l'atmosphère, et les nuages. Cette propriété cause l'*effet de serre*. La vapeur d'eau (H_2O), le *dioxyde de carbone* (CO_2), l'*oxyde d'azote* (N_2O), le *méthane* (CH_4), et l'*ozone* (O_3) sont les principaux gaz à effet de serre dans l'atmosphère de la terre. Il

existe également des gaz à effet de serre résultant uniquement des activités humaines, tels que les *halocarbures* et autres substances contenant du chlore et du bromure, qui sont réglementés par le *Protocole de Montréal*. Outre CO_2, N_2O, et CH_4, le *Protocole de Kyoto* réglemente l'*hexafluorure de soufre* (SF_6), les *hydrofluorocarbures* (HFC), et les *perfluorocarbures* (PFC), qui sont eux aussi des gaz à effet de serre.

Géo-ingéniérie
Action menée pour stabiliser le système climatique en gérant directement l'équilibre énergétique de la terre, et résoudre par là le problème de l'aggravation de l'*effet de serre*.

Gestion axée sur la demande
Politiques et programmes conçus spécifiquement pour influencer la demande des consommateurs en matière de biens et/ou de services. Dans le secteur de l'énergie, par exemple, elle concerne des politiques et programmes conçus pour réduire la demande des consommateurs en matière d'électricité et autres sources d'énergie. Elle contribue à réduire les *émissions de gaz à effet de serre.*

Glacier
Masse de glace terrestre descendante (en raison de la déformation interne et de la torsion à la base) et retenue par la topographie environnante (les flancs d'une vallée ou les sommets environnants, par exemple) ; la topographie des couches rocheuses est la principale influence sur la dynamique et la pente de surface d'un glacier. Un glacier est alimenté par la neige accumulée aux altitudes élevées, et équilibré par la fonte à basse altitude ou le déversement dans la mer.

Glissement de terrain
Entraînement vers le bas d'une masse de matériaux sous l'effet de la gravité, souvent aidé par l'eau lorsque le matériau est saturé ; mouvement rapide d'une masse de sol, roches et débris le long d'une pente.

Grands pâturages libres
Prairies, terres arbustives, savanes et toundra non aménagées.

Habitat
Environnement ou cadre particulier dans lequel un organisme ou une espèce vit habituellement ; partie d'un environnement total plus circonscrite localement.

Hexafluorure de soufre (SF_6)
Un des six *gaz à effet de serre* réglementé en vertu du *Protocole de Kyoto*. Principalement utilisé dans l'industrie lourde pour isoler les Equipements à haute tension et pour la fabrication des systèmes de refroidissement des câbles. A un *Potentiel de réchauffement mondial* de 23 900.

Hiérarchie des modèles
Voir *Modèle climatique*.

Humidité du sol
Eau emmagasinée à la surface ou sous la surface du sol et susceptible de s'évaporer.

Hydrocarbures halogénés
Composés contenant du carbone et du chlore, du brome ou du fluor. Ces composés peuvent constituer de puissants *gaz à effet de serre* dans l'*atmosphère*. Les hydrocarbures halogénés contenant du chlore et du brome contribuent également à l'appauvrissement de la *couche d'ozone*.

Hydrofluorocarbures (HFC)
Parmi les six *gaz à effet de serre* réglementés conformément au *Protocole de Kyoto*. Produits commercialement pour remplacer les *chlorofluorocarbures*, ils sont utilisés principalement dans le secteur de la réfrigération et de la fabrication des semi-conducteurs. Ils ont un *Potentiel de réchauffement mondial* situé entre 1 300 et 11 700.

Hydrosphère
Composant du *système climatique* composé des eaux de surface et des eaux souterraines, telles que les océans, les mers, les fleuves, les lacs d'eau douce, les eaux souterraines, etc.

Ilot de chaleur
Zone en milieu urbain caractérisée par des températures ambiantes supérieures à celles de la zone environnante en raison de l'absorption d'énergie solaire par des matériaux tels que l'asphalte.

Incertitude
Expression du degré avec lequel une valeur (l'état futur du *système climatique*, par exemple) est inconnue. L'incertitude peut être due à un manque d'informations ou à un désaccord sur ce qui est connu, voire sur ce qui peut être connu. Elle peut avoir des origines diverses, depuis des erreurs quantifiables au niveau des données jusqu'à des concepts ou une terminologie aux définitions ambiguës, ou des *prévisions/projections* du comportement humain. L'incertitude peut donc être représentée par des mesures quantitatives (une fourchette de valeurs calculées par divers modèles, par exemple) ou par des énoncés qualitatifs (reflétant l'opinion d'un groupe d'experts). Voir Moss et Schneider (2000).

Incidences (climatiques)
Conséquences des *changements climatiques* sur les *systèmes humains* et naturels. En fonction de l'adoption de mesures d'*adaptation*, on peut distinguer les incidences potentielles et les incidences résiduelles.

- Incidences potentielles : Toutes les incidences susceptibles de se produire dans le cas d'un *changement climatique* prévu, sans mesures d'adaptation.
- Incidences résiduelles : Les incidences des changements climatiques qui devraient se produire après adaptation.

Voir également *Incidences mondiales*, *Incidences liées au marché*, et *Incidences non liées au marché*.

Incidences mondiales
Total des incidences ajoutées pour les secteurs et/ou les régions. La totalisation des incidences exige la connaissance de (ou des hypothèses sur) l'importance relative des incidences dans divers secteurs et régions. Les incidences mondiales sont mesurées, par exemple, par le nombre total de personnes affectées, les changements de la productivité primaire nette, le nombre de systèmes subissant des changements, ou les coûts économiques totaux.

Incidences hors marché
Incidences qui affectent les *écosystèmes* ou le bien-être humain, mais qui ne sont pas directement liées aux transactions du marché - par exemple, un risque accru de mort prématurée. Voir également *Incidences liées au marché*.

Incidences liées au marché
Incidences liées à des transactions du marché et qui influent directement sur le *Produit intérieur brut* (les comptes nationaux d'un pays) - par exemple, des changements au niveau de l'approvisionnement et des prix des produits agricoles. Voir également *Incidences non liées au marché*.

Indicateur indirect
Un indicateur *climatique* indirect est un relevé local qui est interprété, à partir de principes physiques et biophysiques, pour représenter certaines combinaisons de variations liées au climat ayant eu lieu par le passé. Les données climatiques obtenues de la sorte sont dites données indirectes. Les séries dendrométriques, les caractéristiques des coraux, et diverses données obtenues à l'aide des carottes glaciaires sont des exemples d'indicateurs indirects.

Inertie
Retard, lenteur ou résistance de la réponse des *systèmes climatiques*, biologiques, ou *humains* à des facteurs qui modifient leur rythme de changement, y compris la poursuite d'un changement dans le système après disparition de la cause de ce changement.

Infrastructure
Equipements, services publics, entreprises de production, installations, institutions, et services de base indispensables au développement, au fonctionnement et à la croissance d'une organisation, d'une ville ou d'un pays. Les routes, écoles, compagnies d'électricité, de gaz et d'eau, systèmes de transport, de communication et les systèmes juridiques, par exemple, entrent dans le cadre de la définition d'une infrastructure.

Inlandsis
Masse de glace terrestre suffisamment épaisse pour recouvrir la plus grande partie de la topographie rocheuse au-dessous, et dont la forme est déterminée principalement par ses mouvements internes (mouvement de la glace qui se déforme à l'intérieur et glisse sur sa partie inférieure). Un inlandsis avance vers l'extérieur depuis un plateau central élevé et a une petite pente de surface moyenne. Ses marges sont fortement inclinées, et la glace est entraînée par des courants glaciaires rapides ou des *glaciers* émissaires, vers la mer ou vers des *plates-formes de glace* flottant sur la mer. Il existe actuellement seulement deux grands inlandsis, l'inlandsis Groenlandais et l'inlandsis Antarctique, divisé en est et ouest par les Chaînes transantarctiques. Les inlandsis étaient plus nombreux aux ères glaciaires.

Insécurité alimentaire
Situation qui existe lorsque les personnes n'ont pas un accès sûr à des denrées alimentaires sûres et nutritives en quantité suffisantes qui garantiront une croissance et un développement normaux et une vie active et saine. Elle peut résulter de l'absence de denrées, d'un pouvoir d'achat insuffisant, d'une mauvaise distribution, ou d'une mauvaise utilisation des aliments au niveau domestique. L'insécurité alimentaire peut être chronique, saisonnière ou transitoire.

Intensité énergétique
Rapport de la consommation d'énergie à la production économique ou physique. A l'échelon national, l'intensité énergétique est le rapport de la consommation intérieure totale ou de la consommation d'*énergie finale* au *produit intérieur brut* ou à la production matérielle.

Intervenants
Personne ou entité bénéficiant de subventions, concessions, ou tout autre type de *valeur* susceptible d'être affectée par une mesure ou une politique particulière.

Intrusion d'eau de mer/empiétement côtier
Déplacement de l'eau douce de surface ou d'eau souterraine par l'avancée de l'eau de mer en raison de sa densité plus élevée, le plus souvent dans les zones côtières et estuariennes.

Jours-degrés de réchauffement
Nombre entier sur un jour de la température au-dessous de 18°C (un jour dont la température moyenne est de 16°C compte comme 2 jours-degrés de réchauffement). Voir également *Jours-degrés de refroidissement.*

Jours-degrés de refroidissement
Nombre entier sur un jour de la température au-dessus de 18°C (un jour dont la température moyenne est de 20°C compte comme 2 jours-degrés de refroidissement). Voir également *Jours-degrés de réchauffement.*

La Niña
Voir *Oscillation australe El Niño*.

Lentille d'eau douce
Réserve souterraine d'eau douce de forme lenticulaire sous une île océanique, et sous laquelle se trouve de l'eau de mer.

Lithosphère
Partie supérieure de la terre solide, continentale et océanique, composée de l'ensemble des roches cristallines et de la partie froide, essentiellement élastique, de la partie supérieure du manteau. Bien que faisant partie de la lithosphère, l'activité volcanique n'est pas considérée comme faisant partie du *système climatique*, mais comme un facteur de *forçage externe*.

Maladie à transmission vectorielle
Maladie transmise entre des hôtes par un organisme *vecteur* tel que les moustiques ou les tiques (*paludisme*, *dengue* et leishmaniose, par exemple).

Maladies infectieuses
Toute maladie qui peut être transmise d'une personne à une autre. Elles peuvent se produire par contact physique direct, par manipulation commune d'un objet porteur d'organismes infectieux, par un porteur de maladie, ou par la diffusion de gouttelettes infectées expectorées ou expirées.

Marégraphe
Dispositif situé sur une côte (et dans certains emplacements en haute mer) qui mesure en permanence le niveau de la mer par rapport à la terre voisine. La moyenne dans le temps du niveau de la mer ainsi mesuré fournit les changements dans le temps du *niveau de la mer relatif* observés.

Mauvaise adaptation
Tout changement dans les *systèmes humains* ou naturels qui, par mégarde, augmente la *vulnérabilité* aux *stimuli* climatiques ; une *adaptation* qui augmente la vulnérabilité au lieu de la diminuer.

Mécanisme pour un développement propre (CDM)
Défini dans l'article 12 du *Protocole de Kyoto*, le Mécanisme pour un développement propre a deux objectifs : (1) aider les Parties non visées à l'*Annexe I* à parvenir à un *développement durable* et à contribuer à l'objectif ultime de la Convention ; et (2) aider les Parties visées à l'Annexe I à remplir leurs *engagements* chiffrés de limitation et de réduction. Les *Unités de réduction certifiée des émissions* dans le cadre de projets du Mécanisme pour un développement propre entrepris dans des *pays non visés à l'Annexe I* qui limitent ou réduisent les *émissions de gaz à effet de serre*, une fois certifiées par des entités opérationnelles désignées par la *Conférence des Parties/Réunion des Parties*, peuvent être accumulées au profit de l'investisseur (gouvernement ou industrie) des Parties visées à l'*Annexe B*. Une partie du produit financier des crédits d'émissions est utilisée pour couvrir les coûts administratifs et aider les pays en développement particulièrement vulnérables aux effets néfastes des *changements climatiques* à couvrir les coûts d'*adaptation*.

Mécanismes de flexibilité
Voir *Mécanismes de Kyoto*.

Mécanismes de Kyoto
Mécanismes économiques fondés sur les principes du marché, utilisables par les Parties au *Protocole de Kyoto* pour tenter d'atténuer les effets économiques potentiels des objectifs de réduction des émissions de *gaz à effet de serre*. Ces Mécanismes incluent la *Mise en œuvre conjointe* (Article 6), le *Mécanisme pour un développement propre* (Article 12), et les *Echanges de permis d'émissions* (Article 17).

Mesures d'incitation axées sur le marché
Mesures visant à utiliser le mécanisme des prix (taxes et permis échangeables, par exemple) pour réduire les *émissions de gaz à effet de serre*.

Mesures réglementaires
Règlements ou codes adoptés par des gouvernements définissant des caractéristiques techniques de produits ou des caractéristiques de rendement d'un processus. Voir également *Normes*.

Méthane (CH_4)
Hydrocarbure qui est un *gaz à effet de serre* résultant de la décomposition anaérobique (sans oxygène) des déchets dans les décharges, la digestion animale, la décomposition des déchets animaux, la production et la distribution de gaz naturel et de pétrole, la production de charbon, et la combustion incomplète de combustibles fossiles. Le *méthane* est l'un des six *gaz à effet de serre* dont les émissions doivent être réduites conformément au *Protocole de Kyoto*.

Mise en œuvre conjointe (JI)
Mécanisme de mise en œuvre axé sur le marché, défini dans l'article 6 du *Protocole de Kyoto*, permettant aux *pays visés à l'Annexe I* ou aux sociétés de ces pays de mettre en œuvre conjointement des projets qui limitent ou réduisent les *émissions*, ou renforcent les *puits*, et de partager les *Unités de réduction des émissions*. Les activités de mise en œuvre conjointe sont également autorisées par l'article 4.2 (a) de la *Conférence-cadre des Nations unies sur les changements climatiques*. Voir également *Activités mises en œuvre conjointement* et *Mécanismes de Kyoto.*

Mise en œuvre
Désigne les mesures (législation ou réglementation, décrets judiciaires ou autres mesures) prises au niveau gouvernemental pour traduire les accords internationaux en lois et politiques internes. Inclut les événements et activités ultérieurs à la publication de directives faisant autorité, notamment les mesures administratives et les incidences majeures sur les personnes et les événements. Il convient de distinguer entre la mise en œuvre légale des engagements internationaux (au niveau des lois nationales) et la mise en œuvre efficace (mesures qui provoquent des changements du comportement des groupes ciblés). La conformité concerne la question de savoir si, et dans quelle mesure, les pays adhèrent aux dispositions de l'accord. Il s'agit de vérifier non seulement si les mesures de mise en œuvre sont appliquées, mais également s'il y a conformité avec les mesures de mise en œuvre. On mesure ainsi le degré de conformité des intervenants visés par l'accord, qu'il s'agisse d'agences gouvernementales locales, d'entreprises, d'organisations ou de particuliers, par rapport aux mesures et obligations de mise en œuvre.

Mise en réserve des droits d'émissions
Selon le *Protocole de Kyoto* [Article 3(13)], si les *émissions* d'une Partie visée à l'Annexe I à la *Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques* au cours d'une période d'engagement sont inférieures à la quantité qui lui est attribuée, la différence est, à la demande de cette Partie, ajoutée à la quantité qui lui est attribuée pour les périodes d'engagement suivantes (après 2012).

Modèle climatique (hiérarchie)
Représentation numérique du *système climatique* basée sur les propriétés physiques, chimiques et biologiques de ses composants, leurs processus d'interaction et de *rétroaction*, et représentant la totalité ou une partie de ses propriétés connues. Le système climatique peut être représenté par des modèles présentant divers niveaux de complexité - une « hiérarchie » de modèles peut être identifiée pour un composant individuel ou un ensemble de composants, et ces modèles présentent des différences telles que le nombre de dimensions spatiales, l'étendue de la représentation explicite des processus physiques, chimiques ou biologiques ou le degré d'inclusion des *paramétrages* empiriques. Des *modèles de circulation mondiale* couplés Atmosphère/océan/glace marine (AOGCM) fournissent une représentation générale du système climatique. Il existe une évolution vers des modèles plus complexes à chimie et biologie

actives. Les modèles climatiques sont des outils de recherche utilisés pour l'étude et la simulation du climat, mais également dans des buts opérationnels, notamment des *prévisions climatiques* mensuelles, saisonnières et interannuelles.

Modèle de circulation générale (GCM)
Voir *Modèle climatique.*

Modèles ascendants
Méthode de modélisation dont l'analyse intègre des données détaillées relatives à la technologie et à l'ingénierie. Voir également *Modèles descendants*.

Modèles descendants
Les termes « descendant » et « ascendant » sont des abréviations pour des modèles mondiaux et non mondiaux. Le terme descendant dérive de la façon dont les modélisateurs ont appliqué les théories macro-économiques et les techniques économétriques à des données historiques sur la consommation, les prix, les revenus, et les facteurs coûts pour simuler la demande finale de biens et de services, et l'approvisionnement par les grands secteurs, tels que le secteur énergétique, les transports, l'agriculture et l'industrie. Par conséquent, les modèles descendants évaluent le système à partir de variables économiques mondiales, alors que les *modèles ascendants* examinent des options technologiques ou des politiques d'*atténuation des changements climatiques* propres à des projets. Cependant, certaines données technologiques ont été intégrées dans des analyses descendantes et par conséquent la distinction n'est pas absolue.

Morbidité
Taux d'occurrence des maladies ou d'autres problèmes de santé au sein d'une population, tenant compte des taux de morbidité par âges. Les répercussions en matière de santé incluent les incidences/prévalence des maladies chroniques, les taux d'hospitalisation, les consultations pour soins de santé primaires, les jours de congès-maladie (jours d'absence au travail), et la prévalence des symptômes.

Mortalité
Taux d'occurrence des décès au sein d'une population sur une période donnée ; le calcul de la mortalité tient compte des taux de décès par âges, et peut donc donner des indications sur l'espérance de vie et sur l'étendue des morts prématurées.

Mousson
Vent dans la circulation atmosphérique générale caractérisé par la direction d'un vent saisonnier persistant et par un changement marqué de direction d'une saison à l'autre.

Mouvement de masse
S'applique à tous les mouvements massifs de matériaux terrestres sous l'effet de la pesanteur.

Mouvements terrestres isostatiques
L'isostasie désigne la réponse de la *lithosphère* et du manteau aux variations des charges de surface. Lorsque la charge de la lithosphère est modifiée par des changements des masses de glace terrestre ou des masses océaniques, par la sédimentation, l'érosion, ou la formation de montagnes, il en résulte des ajustements isostatiques verticaux, afin d'équilibrer la nouvelle charge.

Mutations structurelles
Modifications, par exemple, de la part relative du *Produit intérieur brut*, générées par les secteurs de l'industrie, de l'agriculture ou des services ; ou, plus généralement, transformation des systèmes au cours de laquelle certains éléments sont remplacés totalement ou partiellement.

Niveau de compréhension scientifique
Indice sur une échelle de quatre niveaux (élevée, moyenne, basse, et très basse) caractérisant le degré de compréhension scientifique des agents de *forçage radiatif* qui influent sur les *changements climatiques*. Pour chaque agent, l'indice représente un jugement subjectif quant à la fiabilité de l'estimation de son forçage, et fait entrer en jeu des facteurs tels que les hypothèses nécessaires à l'évaluation du forçage, l'étendue des connaissances des mécanismes physiques/chimiques qui déterminent le forçage, et les incertitudes relatives à l'estimation quantitative.

Niveau de la mer relatif
Niveau de la mer mesuré par un *marégraphe* par rapport à la terre sur laquelle il est situé. Voir également *Niveau moyen de la mer*.

Niveau de référence
On entend par niveau de référence (ou référence) toute donnée par rapport à laquelle on mesure des changements. Il peut s'agir d'un « niveau de référence réel », représentant des conditions réelles observables, ou d'un « futur niveau de référence », à savoir un ensemble de conditions prévues, n'incluant pas le facteur moteur de l'intérêt. D'autres interprétations des conditions de référence peuvent donner lieu à de multiples niveaux de référence.

Niveau moyen de la mer (NMM)
Le Niveau moyen de la mer est normalement défini comme le *niveau de la mer relatif* moyen pendant une période donnée (un mois ou une année, par exemple), suffisamment longue pour permettre de faire une moyenne des phénomènes transitoires (vagues, par exemple). Voir également *Elévation du niveau de la mer*.

Non-linéarité
Un processus est dit « non linéaire » lorsqu'il n'y a pas de rapport proportionnel simple entre la cause et l'effet. Le *système climatique* contient de nombreux processus non linéaires, ce qui produit un système au comportement potentiellement très complexe. Cette complexité peut entraîner des *changements climatiques* rapides.

Norme technologique ou de performance
Voir *Normes*.

Normes internationales sur les produits et/ou les techniques
Voir *Normes*.

Normes
Ensemble de règles ou de codes imposant ou définissant la performance d'un produit (qualité, dimensions, caractéristiques,

méthodes d'essai, et prescriptions concernant son usage, par exemple). Les normes internationales sur les produits et/ou la *technologie* ou la performance établissent des exigences minimum pour les produits et/ou les technologies concernés dans les pays où elles ont été adoptées. Les normes diminuent les *émissions de gaz à effet de serre* associés à la fabrication ou l'utilisation des produits et/ou l'application de la technologie. Voir également *Mesures réglementaires*.

Objectifs et échéanciers

On entend par objectif un pourcentage spécifique de réduction des *émissions de gaz à effet de serre* par rapport à une date de *référence* (« au-dessous des niveaux de 1990 », par exemple) à obtenir d'ici une date prescrite ou selon un échéancier (« entre 2008 et 2012 », par exemple). Ainsi, conformément au *Protocole de Kyoto*, l'Union européenne a convenu de réduire ses *émissions de gaz à effet de serre* de 8 % au-dessous des niveaux de 1990 d'ici la période d'engagement 2008-2012. Ces objectifs et ces échéanciers sont, en fait, un plafond d'émissions sur la quantité totale d'émissions de gaz à effet de serre qui peut être émise par un pays ou une région pour une période donnée.

Obstacle

Tout obstacle empêchant d'atteindre un potentiel et susceptible d'être surmonté par une politique, un programme ou une mesure.

Obstacles à l'accès du marché

Dans le contexte de l'*atténuation des changements climatiques*, les conditions qui empêchent ou freinent la diffusion de technologies ou de pratiques *rentables* susceptibles de réduire les *émissions de gaz à effet de serre*.

Onde de tempête

Augmentation provisoire, en un lieu donné, de la hauteur de la mer en raison de conditions météorologiques extrêmes (basse pression atmosphérique et/ou vents violents). L'onde de tempête est définie comme le dépassement de l'élévation normale du niveau de la mer sous l'effet de la marée à ce moment et en ce lieu donnés.

Opportunité

Une opportunité est une situation ou une circonstance permettant de réduire l'écart entre le *potentiel lié au marché* d'une *technologie* ou d'une pratique et le *potentiel économique, le potentiel socio-économique*, ou le *potentiel technologique*.

Opportunités « sans regrets »

Voir *Politique « sans regrets »*.

Options « sans regrets »

Voir *Politique « sans regrets »*.

Options technologiques connues

Ce terme désigne les technologies actuellement opérationnelles ou au stade pilote. Il n'inclut pas les nouvelles technologies qui nécessitent des avancées technologiques considérables.

Oscillation australe El Niño (ENSO)

Dans son sens originel, El Niño est un courant d'eaux chaudes qui circule périodiquement le long de la côte de l'Equateur et du Pérou, perturbant les pêcheries locales. Ce phénomène océanique est associé à une fluctuation du régime de pression de surface intertropicale et à la circulation dans l'océan Indien et le Pacifique, dénommée Oscillation australe. Collectivement, ce phénomène couplé Atmosphère-océan est désigné sous le nom d'Oscillation australe El Niño, ou ENSO. Lorsqu'un phénomène El Niño se produit, les alizés dominants diminuent et le contre-courant équatorial se renforce ; en conséquence, les eaux chaudes de surface dans la zone de l'Indonésie se déplacent vers l'est pour recouvrir les eaux froides du courant péruvien. Ce phénomène a des incidences importantes sur le vent, la température de la mer à la surface et les régimes de précipitations dans le Pacifique tropical. Il a des effets climatiques dans toute la région du Pacifique et dans nombre de régions du monde. L'inverse d'un phénomène El Niño est dénommé *La Niña*.

Oscillation australe

Voir *El Niño Oscillation australe*

Oscillation de l'Atlantique Nord (OAN)

L'Oscillation de l'Atlantique Nord consiste en variations opposées de la pression barométrique près de l'Islande et près des Açores. En moyenne, un courant de l'ouest, entre la zone de basse pression de l'Islande et la zone de haute pression des Açores, pousse des cyclones et leurs systèmes frontaux associés vers l'Europe. Cependant, la différence de pression entre l'Islande et les Açores fluctue sur des *échelles temporelles* allant de jours à des décennies, et peut quelquefois être inversée. C'est le mode dominant de *variabilité climatique* hivernale dans la région de l'Atlantique Nord, allant du centre de l'Amérique du Nord à l'Europe.

Ouvrage longitudinal

Ouvrage longitudinal le long d'un rivage destiné à prévenir l'*érosion* par les vagues.

Oxyde nitreux (N_2O)

Puissant gaz à effet de serre dont les émissions résultent des pratiques de culture des sols, notamment de l'utilisation d'engrais commerciaux et organiques, de la combustion de combustibles fossiles, de la production d'acide nitrique, et de la combustion de la biomasse. Un des six *gaz à effet de serre* réglementés conformément au *Protocole de Kyoto*.

Oxydes d'azote (NO_X)

Tout oxyde de l'azote.

Ozone (O_3)

Forme triatomique de l'oxygène(O_3), l'ozone est un composant gazeux atmosphérique. Dans la *troposphère* il est créé naturellement, et par réactions photochimiques entre des gaz résultant des activités humaines (« smog » photochimique). En concentrations élevées, l'ozone troposphérique peut être néfaste pour un grand nombre d'organismes vivants. L'ozone troposphérique a un effet de *gaz à effet de serre*. Dans la *stratosphère*, l'ozone est créé par l'interaction entre le rayonnement ultraviolet solaire et l'oxygène moléculaire (O_2). L'ozone stratosphérique joue un rôle décisif dans l'*équilibre radiatif* stratosphérique. C'est dans la *couche d'ozone* que sa concentration est la plus élevée. L'appauvrissement de l'ozone stratosphérique, dû aux réactions chimiques susceptibles d'être

aggravées par les *changements climatiques*, augmente le flux de *rayonnement ultraviolet-B* au niveau du sol. Voir également *Protocole de Montréal* et *Couche d'ozone*.

Paludisme
Maladie parasitaire *endémique* ou *épidémique* causée par des espèces du gène Plasmodium (protozoaire) et transmise par les moustiques du gène Anopheles ; produit de fortes poussées de fièvre et des désordres systémiques, et provoque chaque année la mort de 2 millions de personnes.

Paramétrage
Dans le contexte des *modèles climatiques*, ce terme désigne la technique qui permet de représenter les processus qui ne peuvent pas être traduits explicitement à l'échelle spatiale ou temporelle du modèle (processus d'échelle inférieure à la maille), en établissant des relations entre les effets moyennés sur une zone ou dans le temps et la circulation à plus grande échelle.

Parité des pouvoirs d'achat (PPA)
Estimations du *Produit intérieur brut* basées sur le pouvoir d'achat des devises plutôt que sur les taux de change. Ces estimations sont un mélange de chiffres obtenus par extrapolation et par régression et utilisent les résultats du Programme de comparaison international. Les estimations de la parité du pouvoir d'achat tendent à diminuer le PIB par habitant dans les pays industrialisés et augmenter le PIB par habitant dans les pays en développement.

Particules de suie
Particules formées pendant l'extinction des gaz au bord externe des flammes des vapeurs organiques, composées principalement de carbone, et, en moindres quantités, d'oxygène et d'hydrogène présents sous forme de groupes carboxyle et phénolique, et présentant une structure graphiteuse imparfaite (Charlson et Heintzenberg, 1995). Voir également *Carbone noir*.

Pays visés à l'Annexe I
Groupe de pays inclus dans l'Annexe I (amendée en 1998) de la *Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques*, y compris tous les pays développés membres de l'OCDE et les *économies en transition*. Implicitement, les autres pays sont intitulés *Pays non visés à l'Annexe I*. Conformément à l'article 4.2 (a) et 4.2 (b) de la Convention, ces pays doivent s'engager spécifiquement à ramener individuellement ou conjointement à leurs niveaux de 1990 les *émissions de gaz à effet de serre* d'ici l'an 2000. Voir également *Pays visés à l'Annexe II, à l'Annexe B* et *Pays non visés à l'Annexe B*.

Pays visés à l'Annexe II
Groupe de pays inclus dans l'Annexe II de la *Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques*, y compris tous les pays développés membres de l'OCDE. Conformément à l'article 4.2 (g) de la Convention, ces pays doivent fournir des ressources financières pour aider les pays en développement à exécuter leurs obligations, telles que l'établissement de rapports nationaux. Les pays visés à l'Annexe II doivent également faciliter le transfert de *technologies écologiquement rationnelles* vers les pays en développement. Voir également *Pays/Parties visés à l'Annexe I, Annexe B*, et *Pays non visés à l'Annexe I, et à l'Annexe B*.

Pays/parties non visés à l'Annexe B
Pays qui ne sont pas inclus dans l'Annexe B du *Protocole de Kyoto*. Voir également *Pays visés à l'Annexe B*.

Pays/Parties non visés à l'Annexe I
Pays qui ont ratifié la *Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques* ou qui y ont adhéré et qui ne sont pas inclus dans l'Annexe I de la Convention sur le climat. Voir également *Pays visés à l'Annexe I*.

Pays/Parties visés à l'Annexe B
Groupe de pays inclus dans l'Annexe B au *Protocole de Kyoto* qui ont convenu d'un objectif pour leurs *émissions de gaz à effet de serre*, y compris tous les *pays visés à l'Annexe I* (amendée en 1998), sauf la Turquie et la Biélorussie. Voir également *Pays/Parties visés à l'Annexe II*, *Pays/Parties non visés à l'Annexe I*, et *Pays/Parties non visés à l'Annexe B*.

Pénétration du marché
La pénétration du marché est la part d'un marché donné fournie par un bien ou un service particulier à un moment donné.

Perfluorocarbures (PFC)
Figurent parmi les six *gaz à effet de serre* dont les émissions doivent diminuer conformément au *Protocole de Kyoto*. Produits dérivés de la fusion de l'aluminium et de l'enrichissement de l'uranium, ils remplacent à présent les *chlorofluorocarbures* pour la fabrication des semi-conducteurs. Ils ont un *Potentiel de réchauffement mondial* situé entre 6 500 et 9 200 fois celui du *dioxyde de carbone*.

Pergélisol
Sol gelé en permanence, présent lorsque la température reste inférieure à 0°C pendant plusieurs années.

Période d'ajustement
Voir *Durée de vie* ; voir également *Temps de réponse*.

Permis d'émission
Un permis d'émissions est l'autorisation non transférable ou négociable d'émettre une quantité déterminée de substance accordée par une autorité administrative (organisation intergouvernementale, agence gouvernementale centrale ou locale) à une entité régionale (pays, infranational) ou sectorielle (une entreprise individuelle).

Phénomène climatique extrême
Un phénomène climatique extrême est un phénomène qui est rare dans le cadre de sa distribution de référence statistique à un endroit spécifique. Les définitions de « rare » varient, mais un phénomène climatique extrême serait normalement aussi rare ou plus rare que le 10e ou 90e percentile. Par définition, les caractéristiques d'un extrême climatique peuvent varier selon les endroits. Un *phénomène climatique* extrême est une moyenne d'un nombre de phénomènes climatiques pendant un certain temps, une moyenne qui est elle-même extrême (précipitations pendant une saison, par exemple).

Photosynthèse
Processus par lequel les plantes absorbent du *dioxyde de carbone* (CO_2) de l'air (ou du bicarbonate dans l'eau) pour créer des

carbohydrates, en rejetant de l'oxygène (O_2) au cours du processus. Il existe plusieurs voies de photosynthèse avec des réponses différentes aux concentrations atmosphériques de CO_2. Voir également *Fertilisation par le dioxyde de carbone*.

Phytoplancton
Forme végétale du *plancton* (diatomées, par exemple). Les phytoplanctons sont les plantes dominantes dans la mer, et sont l'élément fondamental du réseau alimentaire marin. Ces organismes monocellulaires sont les principaux agents de fixation photosynthétique du carbone dans les océans. Voir également *Zooplancton*.

Piégeage
Processus augmentant la teneur en carbone d'un *réservoir* de carbone autre que l'*atmosphère*. Les méthodes biologiques de piégeage incluent l'élimination directe du *dioxyde de carbone* atmosphérique par les *changements d'affectation des terres*, le *boisement*, le *reboisement*, et des pratiques agricoles qui augmentent le carbone présent dans les sols. Les méthodes physiques incluent la séparation et l'élimination du dioxyde de carbone des gaz de fumée ou le traitement des *combustibles fossiles* pour produire des fractions riches en hydrogène et en dioxyde de carbone, et le stockage souterrain à long terme dans des réservoirs de pétrole et de gaz épuisés, des filons houillers et des *aquifères* salins. Voir également *Absorption*.

Plancton
Organisme vivant, qui flotte passivement dans les milieux aquatiques. Voir également *Phytoplancton* et *Zooplancton*.

Plate-forme de glace
Inlandsis flottant, d'une épaisseur considérable, attaché à une côte (habituellement d'une grande superficie horizontale, et une surface plane ou faiblement ondulée) ; souvent un prolongement des inlandsis vers la mer.

Politique « sans regrets »
Politique qui entraînerait des bénéfices sociaux nets, indépendamment de l'occurrence des *changements climatiques*. Les opportunités « sans regrets » en matière de réduction des *émissions de gaz à effet de serre* sont définies comme étant des options dont les bénéfices, tels que la réduction des coûts énergétiques ou des émissions de polluants locaux/régionaux, sont égaux ou supérieurs à leurs coûts pour la société, sans compter les bénéfices liés à la prévention des changements. Le potentiel « sans regrets » est l'écart entre le *potentiel offert par le marché* et le *potentiel socio-économique*.

Politique optimale
Une politique est dite « optimale » si les coûts marginaux de réduction sont égaux entre les pays, ce qui minimise les *coûts totaux*.

Politiques et mesures
Dans le contexte de la *Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques*, les « politiques » sont des mesures qui peuvent être prises et/ou mandatées par un gouvernement - souvent conjointement avec les secteurs commerciaux et industriels nationaux, ainsi qu'avec d'autres pays - afin d'accélérer la mise en œuvre et l'emploi de mesures visant à limiter les *émissions de gaz à effet de serre*. Les « mesures » sont des technologies, des processus et des pratiques utilisées pour mettre en œuvre des politiques, et dont l'utilisation pourrait réduire les émissions de gaz à effet de serre au-dessous des niveaux prévus. Des taxes sur le carbone ou autres *taxes énergétiques*, des *normes* communes de rendement énergétique pour les véhicules, sont des exemples de mesures. Des politiques « communes et coordonnées » ou « harmonisées » désignent les politiques adoptées conjointement par les Parties.

Pollution à source non ponctuelle
Pollution dont la *source* ne peut pas être désignée par des points spécifiques, telle que des zones de production agricoles, de foresterie, d'exploitation minière à ciel ouvert, d'élimination des déchets et de construction. Voir également *Pollution à source ponctuelle*.

Pollution à source ponctuelle
Pollution provenant d'une source confinée et déterminée, telles qu'un tuyau, fossé, tunnel, puits, conteneur, centre d'alimentation animale, ou structure flottante. Voir également *Pollution à source non ponctuelle.*

Populations autochtones
Populations dont les ancêtres habitaient déjà une région ou un pays lorsque des personnes ayant une autre origine culturelle ou ethnique sont venues les dominer à la suite de conquêtes, colonisation ou autres moyens, et qui, actuellement, vivent plus en conformité avec leur propres coutumes et traditions sociales, économiques et culturelles qu'avec celles du pays auquel elles appartiennent à présent. (dénommées également populations « indigènes », « aborigènes », ou « tribales »).

Potentiel « sans regrets »
Voir *Politique « sans regrets ».*

Potentiel de réchauffement mondial (GWP)
Indice, décrivant les caractéristiques de radiation de *gaz à effet de serre* bien mélangés, représentant l'effet combiné de la durée de vie de ces gaz dans l'*atmosphère* et leur efficacité relative pour absorber le *rayonnement infrarouge* sortant. Cet indice donne l'approximation de l'effet de réchauffement dans le temps d'une masse unitaire d'un gaz à effet de serre donné dans l'atmosphère, par rapport à celui du *dioxyde de carbone*.

Potentiel économique
Le potentiel économique est le pourcentage du *potentiel technologique* en matière d'amélioration des réductions des *émissions de gaz à effet de serre* ou des améliorations de l'*efficacité énergétique* qui pourrait être obtenu *de façon rentable* par la création de marchés, la réduction des déficiences du marché ou l'augmentation des transferts financiers et technologiques. La réalisation du potentiel économique exige des *politiques et des mesures* supplémentaires pour faire disparaître les *obstacles commerciaux*. Voir également *Potentiel du marché*, *Potentiel socio-économique*, et *Potentiel technologique*.

Potentiel offert par le marché
Part du *potentiel économique* de réduction des émissions de *gaz à*

effet de serre ou d'amélioration du *rendement énergétique* réalisable dans les conditions actuelles du marché, en l'absence de nouvelles *politiques ou mesures*. Voir également *Potentiel économique, Potentiel socio-économique*, et *Potentiel technologique*.

Potentiel socio-économique
Le potentiel socio-économique représente le niveau d'*atténuation* des gaz à effet de serre qui pourrait être atteint si les obstacles sociaux et culturels à l'utilisation de technologies *rentables* étaient surmontés. Voir également *Potentiel économique, Potentiel lié au marché*, et *Potentiel technologique*.

Potentiel technologique
Ampleur possible de la réduction des *émissions de gaz à effet de serre* ou de l'amélioration du *rendement énergétique* résultant de la mise en œuvre d'une *technologie* ou d'une pratique déjà prouvée. Voir également *Potentiel économique, Potentiel lié au marché*, et *Potentiel socio-économique*.

Précurseurs
Composés atmosphériques qui ne sont pas des *gaz à effet de serre* ou des *aérosols*, mais qui agissent sur les concentrations de gaz à effet de serre ou les aérosols en contribuant aux processus physiques ou chimiques qui contrôlent leur taux de production ou de destruction.

Préindustriel
Voir *Révolution industrielle*.

Prélèvement d'eau
Quantité d'eau extraite des masses d'eau.

Prévision climatique
Une prévision climatique est le résultat d'un essai de description ou d'estimation, avec un maximum de probabilité, de l'évolution réelle future du *climat* (à des *échelles temporelles* saisonnières, interannuelles, ou à long terme, par exemple). Voir également *Projection climatique* et *Scénario (de changements) climatique(s)*.

Prise de décision séquentielle
Prise de décision progressive visant à identifier des stratégies à court terme, face à des incertitudes à long terme, et qui intègre des informations supplémentaires dans le temps et apporte des corrections intermédiaires.

Production nette de l'écosystème (PNE)
Gain ou perte nette de carbone par un *écosystème*. La PNE est égale à la *Production nette primaire* moins la perte de carbone par *respiration* hétérotrophe.

Production nette du biome (PNB)
Gain ou perte nette de carbone par région. La PNB est égale à la *Production nette de l'écosystème* moins la perte de carbone due à une perturbation (incendie de *forêt*, ou exploitation d'une forêt, par exemple).

Production primaire brute (PPB)
Quantité de carbone *atmosphérique* fixé par *photosynthèse*.

Production primaire nette (PPN)
Augmentation de la *biomasse* végétale ou du carbone d'une unité de paysage. La PNP est égale à la *Production primaire brute* moins la perte de carbone par *respiration* autotrophe.

Produit intérieur brut (PIB)
Somme de la *valeur ajoutée* brute, aux prix des acheteurs, par tous les producteurs résidents et non résidents dans l'économie, plus toute taxe ou moins toute subvention non incluses dans la valeur des produits dans un pays ou une région géographique pour une période donnée, en général un an. Il est calculé sans déduction pour la dépréciation des biens fabriqués ou l'appauvrissement et la détérioration des *ressources* naturelles. Le PIB est une mesure du bien-être souvent utilisée, mais incomplète.

Profil
Ensemble de concentrations évoluant progressivement et représentant une voie possible vers la stabilisation. Le terme « profil » est utilisé pour distinguer ces voies des voies d'émissions, qui sont généralement dénommées « *scénarios* ».

Profils S
Profils de concentration du dioxyde de carbone conduisant à la stabilisation définie dans l'évaluation 1994 du GIEC (Enting *et al*., 1994 ; Schimel *et al*., 1995). Pour tout niveau donné de stabilisation, ces profils couvrent un large éventail de possibilités. S signifie « stabilisation ». Voir également *Profils WRE*.

Profils WRE
Profils de concentration du dioxyde de carbone conduisant à la stabilisation définie par Wigley, Richels, et Edmonds (1996) dont les initiales constituent l'acronyme. Pour tout niveau de stabilisation donné, ces profils couvrent une large gamme de possibilités. Voir également *Profils S*.

Projection (générique)
Une projection est une évolution future possible d'une quantité ou d'un ensemble de quantités, calculée à l'aide d'un modèle. La distinction faite entre projections et « prévisions » souligne le fait que les projections font appel à des hypothèses, par exemple à propos des futurs développements socio-économiques et technologiques susceptibles de se produire, et sont donc entachées d'une *incertitude* significative. Voir *Projection climatique* et *Prévision climatique*.

Projection climatique
Projection de la réponse du *système climatique* aux scénarios d'*émissions* ou de concentration de *gaz à effet de serre* et d'*aérosols*, ou de *scénarios de forçage radiatif*, souvent fondée sur des simulations par des *modèles climatiques*. La différence faite entre projections climatiques et *prévisions climatiques* souligne le fait que les projections climatiques dépendent des scénarios d'émissions/des concentrations/du forçage radiatif utilisé, eux-mêmes basés sur des hypothèses, concernant, par exemple, de futurs développements socio-économiques et technologiques susceptibles ou non de se produire, et pour lesquels il existe une *incertitude* importante.

Protocole de Kyoto
Le Protocole de Kyoto à la *Conférence-cadre des Nations unies sur les changements climatiques* (CCNUCC) a été adopté à la troisième

session de la *Conférence des Parties* à la CCNUCC en 1997 à Kyoto, Japon. Il contient des engagements ayant force obligatoire, qui s'ajoutent aux engagements stipulés dans la CCNUCC. Les pays visés à l'*Annexe B* du Protocole (la plupart des pays de l'Organisation pour la coopération et le développement économiques, et des pays aux *économies en transition*) ont convenu de réduire leurs *émissions de gaz à effet de serre anthropiques* (*dioxyde de carbone, méthane, oxyde d'azote, hydrofluorocarbures, perfluorocarbures, et hexafluorure de soufre*) d'au moins 5 pour cent au-dessous des niveaux de 1990 pour la période d'engagement 2008-2012. Le Protocole de Kyoto n'est pas encore entré en vigueur (septembre 2001).

Protocole de Montréal

Le Protocole de Montréal sur les substances qui appauvrissent la *couche d'ozone* a été adopté à Montréal en 1987, et a été ensuite modifié et amendé à Londres (1990), Copenhague (1992), Vienne (1995), Montréal (1997), et Beijing (1999). Il réglemente la consommation et la production des produits chimiques contenant du chlore et du brome destructeurs de l'ozone stratosphérique, tels que les *chlorofluorocarbures* (CFC), le méthylchloroforme, le tétrachlorure de carbone, et bien d'autres.

Puits

Tout processus, activité ou mécanisme qui élimine de l'*atmosphère* un *gaz à effet de serre*, un *aérosol*, ou un *précurseur* d'un gaz à effet de serre ou un aérosol.

Quantité attribuée (QA)

Conformément au *Protocole de Kyoto*, la quantité totale d'émissions de *gaz à effet de serre* que chaque *pays visé à l'Annexe B* s'engage à ne pas dépasser au cours de la première période d'engagement (2008 à 2012) représente la quantité attribuée. Elle est calculée en multipliant par cinq le total des *émissions* de gaz à effet de serre du pays en 1990 (pour la période d'engagement de 5 ans) puis par le pourcentage inscrit pour le pays à l'Annexe B du Protocole de Kyoto (92 % pour l'union européenne, 93 % pour les Etats-Unis, par exemple).

Rapport de mélange au volume

Voir *Fraction molaire.*

Rapport de mélange

Voir *Fraction molaire*.

Rayonnement infrarouge

Rayonnement émis par la surface de la terre, l'*atmosphère*, et les nuages. Egalement appelé rayonnement terrestre de grandes longueurs d'onde. Le rayonnement infrarouge a une gamme de longueurs d'ondes distincte (spectre) plus longue que la longueur d'ondes de la couleur rouge dans la partie visible du spectre. Le spectre du rayonnement infrarouge diffère de celui du rayonnement solaire ou rayonnement de courtes longueurs d'ondes en raison de la différence de température entre le soleil et le système Terre-atmosphère.

Rayonnement solaire

Rayonnement émis par le soleil. Dit également rayonnement de courtes longueurs d'ondes. Le rayonnement solaire possède une gamme de longueurs d'ondes caractéristique (spectre) régie par la température du soleil. Voir également *Rayonnement infrarouge*.

Rayonnement ultraviolet (UV)-B

Rayonnement solaire dans une gamme de longueur d'ondes entre 280 et 320 nm, dont la majorité est absorbée par l'*ozone* stratosphérique. Une augmentation du rayonnement UV-B affaiblit le système immunitaire et peut avoir d'autres effets nocifs sur les organismes vivants.

Réaction en chaîne

Effets économiques des mesures d'*atténuation* domestiques ou sectorielles sur d'autres pays ou secteurs. Dans le présent document, les réactions en chaîne environnementales n'ont pas été évaluées. Ces réactions peuvent être positives ou négatives et inclure les effets sur les échanges commerciaux, les *fuites* de carbone, le transfert et la diffusion de *technologies écologiquement rationnelles* et d'autres problèmes.

Réassurance

Transfert d'une partie des risques d'assurance primaire à des assureurs secondaires (réassureurs) ; fondamentalement « assurance pour les assureurs ».

Reboisement

Plantation de *forêts* sur des terres qui ont autrefois contenu des forêts mais qui ont été transformées en vue d'une autre affectation. Pour une discussion du terme forêt et des termes connexes tels que *boisement*, *reboisement*, et *déboisement*, voir le Rapport spécial du GIEC Utilisation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie (GIEC, 2000b).

Recherche, développement et démonstration

Dans le domaine scientifique et/ou technique, activités de recherche et de développement visant à élaborer de nouveaux procédés de production ou produits, associés à des analyses et des mesures informant les utilisateurs potentiels de leurs usages possibles ; quant à la démonstration, elle sert à s'assurer de l'applicabilité des produits et des procédés en question par le biais d'essais réalisés dans des installations pilotes et d'autres applications précommerciales.

Récupération du méthane

Méthode permettant de capturer les *émissions de méthane* (provenant des mines de charbon ou des sites de déchets, par exemple) afin de les réutiliser comme combustible, ou pour d'autres usages économiques (réinjection dans les *réserves* de pétrole ou de gaz, par exemple).

Recyclage des recettes

Voir *Effet d'interaction*.

Régénération

Renouvellement de peuplements forestiers par des moyens naturels (semences sur place ou à côté de peuplements forestiers, ou déposées par le vent, les oiseaux ou les animaux) ou artificiels (plantations de semis d'arbres ou ensemencement direct).

Régime de perturbation

Fréquence, intensité et type des perturbations, telles que les incendies, infestations d'insectes ou de parasites, inondations et *sécheresses*.

Régions arides
Ecosystèmes ayant des précipitations annuelles inférieures à 250 mm.

Régions semi-arides
Ecosystèmes ayant plus de 250 mm de précipitations annuelles mais qui ne sont pas extrêmement productives ; généralement classées *grands pâturages naturels*.

Relèvement postglaciaire
Mouvement vertical des continents et du plancher océanique à la suite de la disparition et de la diminution des *inlandsis* - par exemple, depuis le dernier Maximum glaciaire (21 ky BP). Le relèvement est un *mouvement terrestre isostatique*.

Remontée d'eaux froides
Transfert des eaux profondes vers la surface, dû en général à des mouvements horizontaux des eaux de surface.

Renforcement des capacités
Dans le contexte des *changements climatiques*, processus de développement de l'expertise technique et de la capacité institutionnelle dans les pays en développement et les *économies en transition* pour leur permettre de participer à tous les aspects de l'*adaptation*, de l'*atténuation*, des recherches sur les changements climatiques, de la *mise en œuvre* des *mécanismes de Kyoto*, etc.

Rentable
Critère spécifiant qu'une *technologie* ou une mesure permet d'obtenir un produit ou un service à un coût égal ou inférieur au coût habituel, ou une alternative au moindre coût pour atteindre un objectif.

Réponse climatique transitoire
Augmentation de la température moyenne mondiale de l'air à la surface, moyennée sur une période de 20 ans, centrée à l'époque du doublement du CO_2 (c'est-à-dire sur l'année 70 dans une expérience d'augmentation annuelle de 1 % de CO_2 combinée avec un *modèle climatique* couplé mondial).

Réserves
Désigne les occurrences identifiées et mesurées comme étant économiquement et techniquement récupérables avec les technologies et les prix actuels. Voir également *Ressources*.

Réservoir
Composant du *système climatique*, autre que l'*atmosphère*, capable de stocker, accumuler ou émettre une substance préoccupante (du carbone, un *gaz à effet de serre*, ou un *précurseur*, par exemple). Les océans, les sols, et les *forêts* sont des exemples de réservoirs de carbone. *Bassin* est un terme équivalent (on notera que la définition de bassin inclut souvent l'atmosphère). On appelle stock la quantité absolue de substances préoccupantes, stockées dans un réservoir à un moment donné. Réservoir signifie également un lieu de stockage naturel ou artificiel pour l'eau, comme par exemple un lac, un étang ou un *aquifère*, fournissant un approvisionnement en eau à des fins d'irrigation, ou d'alimentation en eau.

Respiration hétérotrophe
Transformation de matière organique en CO_2 par des organismes autres que des plantes.

Respiration
Processus par lequel des organismes vivants transforment la matière organique en *dioxyde de carbone*, en produisant de l'énergie et en consommant de l'oxygène.

Ressources énergétiques renouvelables
Sources d'énergie qui, dans un cadre temporel court par rapport aux cycles naturels de la Terre, sont durables et qui incluent des technologies sans carbone, de type énergie solaire, hydroélectrique et éolienne, ainsi que des technologies à bilan de carbone neutre telles que la *biomasse*.

Ressources
Les ressources sont des occurrences ayant des caractéristiques géologiques et/ou économiques moins certaines, mais qui sont considérées comme étant potentiellement durables avec des développements technologiques et économiques prévisibles.

Rétroaction climatique
Le mécanisme d'interaction entre des processus au sein du *système climatique* est intitulé rétroaction climatique lorsque le résultat d'un processus initial déclenche des changements dans un second processus, lequel, à son tour, influe sur le processus initial. Une rétroaction positive renforce le processus initial, et une rétroaction négative le réduit.

Rétroaction
Voir *Rétroaction climatique*.

Réunion des Parties (au Protocole de Kyoto) (MOP)
La *Conférence des Parties* à la *Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques* servira de *Réunion des parties (MOP)*, l'organe suprême du *Protocole de Kyoto* ; mais seules les Parties au Protocole de Kyoto peuvent participer aux délibérations et prendre des décisions. La MOP ne peut pas avoir lieu avant l'entrée en vigueur du Protocole.

Révolution Industrielle
Période de croissance industrielle rapide aux conséquences sociales et économiques étendues, qui a débuté en Angleterre au cours de la deuxième moitié du XVIIIe siècle, et s'est poursuivie en Europe et dans d'autres pays, y compris les Etats-Unis. L'invention du moteur à vapeur a été un facteur majeur de ce développement. La Révolution industrielle marque le début d'une augmentation importante de l'utilisation des *combustibles fossiles* et des émissions, notamment des émissions de *dioxyde de carbone* fossile. Dans le présent document, les termes « préindustriel » et « industriel » indiquent, quelque peu arbitrairement, les époques avant et après 1750, respectivement.

Ruissellement de surface
Eau s'écoulant sur la surface du sol jusqu'au cours d'eau le plus proche ; ruissellement provenant d'un *bassin* d'écoulement qui ne s'est pas infiltré dans le sol depuis la dernière précipitation.

Ruissellement
Partie des précipitations qui ne s'évaporent pas. Dans certains pays, ruissellement signifie uniquement *ruissellement de surface*.

Salinisation
Accumulation de sels dans les sols.

Scénario (générique)

Description vraisemblable et souvent simplifiée de ce que nous réserve l'avenir, fondé sur un ensemble cohérent et intrinsèquement homogène d'hypothèses concernant les principales relations et forces motrices en jeu (rythme de l'évolution *technologique*, prix, par exemple). Les scénarios ne sont ni des prévisions ni des prédictions et peuvent être quelquefois fondés sur un « canevas narratif ». Ils peuvent être obtenus à partir de *projections*, mais sont souvent fondés sur des informations complémentaires provenant d'autres sources. Voir également *Scénario du RSSE, Scénario climatique*, et *Scénario d'émission.*

Scénario climatique

Représentation vraisemblable et souvent simplifiée du futur *climat*, fondée sur un ensemble intrinsèquement cohérent de relations climatologiques, établie pour l'étude explicite des conséquences possibles des *changements climatiques anthropiques*, et composante fréquente des modèles sur les incidences. Les *projections climatiques* constituent fréquemment la matière première des scénarios climatiques, mais, en général, ces derniers nécessitent des données complémentaires, de type données climatiques réelles. Un « scénario de changements climatiques » est la différence entre un scénario climatique et le climat réel.

Scénario d'émissions

Représentation plausible du futur développement des *émissions* de substances potentiellement actives du point de vue radiatif (*gaz à effet de serre, aérosols*, par exemple), basée sur un ensemble d'hypothèses cohérentes et compatibles concernant les forces motrices (croissance démographique, développement socio-économique, évolution technologique, par exemple) et leurs interactions principales. Les scénarios de concentrations, obtenus à partir de scénarios d'émissions, servent d'intrants dans un *modèle climatique* pour le calcul de *projections climatiques*. Dans GIEC (1992), un ensemble de scénarios d'émissions a servi de base aux projections climatiques dans GIEC (1996). Ces scénarios d'émissions sont intitulés scénarios IS92. Dans le rapport spécial du GIEC sur les Scénarios d'émissions (Nakicenovic *et al*., 2000), de nouveaux scénarios d'émissions - dits scénarios du RSSE - ont été publiés. Pour le sens de certains termes concernant ces scénarios, voir *Scénarios du RSSE*.

Scénario de forçage radiatif

Représentation plausible du futur développement du *forçage radiatif* associé, par exemple, à des changements de la composition de l'atmosphère ou des changements d'*affectation des terres*, ou à des facteurs externes tels que des variations de l'*activité solaire*. Les scénarios de forçage radiatif peuvent être utilisés comme données dans des *modèles climatiques* simplifiés pour le calcul de *projections climatiques*.

Scénario de référence

Voir *Référence*.

Scénarios de stabilisation

Voir *Analyse de la stabilisation*.

Scénarios du RSSE

Les scénarios du RSSE sont des *scénarios d'émissions* élaborés par Nakicenovic *et al*. (2000) et servent de base, notamment, aux *projections climatiques* dans la contribution du GTI du GIEC au Troisième rapport d'évaluation (GIEC, 2001a). Les définitions suivantes permettent de mieux comprendre la structure et l'utilisation de l'ensemble des scénarios du RSSE :

- ***Famille (de scénarios)*** : Scénarios qui ont le même *canevas* démographique, sociétal, économique et technologique. Quatre familles de scénarios forment l'ensemble de scénarios du RSSE : A1, A2, B1, et B2.
- ***Groupe (de scénarios)*** : Scénarios dans une famille qui reflètent une variation cohérente du canevas narratif. La famille de scénario A1 inclut quatre groupes dits A1T, A1C, A1G, et A1B qui explorent des structures alternatives de systèmes énergétiques futurs. Dans le « Résumé à l'intention des décideurs » de Nakicenovic *et al*. (2000), les groupes A1C et A1G ont été combinés en un groupe de scénarios « Intensité de combustibles fossiles » A1Fl. Les trois autres familles de scénarios consistent en un groupe chacun. L'ensemble de scénarios du RSSE reflété dans le « Résumé à l'intention des décideurs » de Nakicenovic *et al*. (2000) comprend donc six *groupes de scénarios* distincts, tous également fiables et qui, ensemble, expriment le nombre d'incertitudes associées aux forces motrices et aux émissions.
- ***Scénario d'illustration*** : Scénario d'illustration pour chacun des six *groupes de scénarios* reflétés dans le « Résumé à l'intention des décideurs » de Nakicenovic *et al.* (2000). Ils comprennent quatre *scénarios marqueurs* révisés pour les *groupes de scénarios* A1B, A2, B1, B2, et deux scénarios supplémentaires pour les groupes de scénarios A1Fl et A1T. Tous les *groupes de scénarios* sont également fiables.
- ***Scénario marqueur*** : Scénario utilisé sous forme provisoire sur le site Internet du RSSE pour représenter une *famille de scénarios* donnée. Le choix de scénario marqueur était basé sur les quantifications initiales qui reflétaient le mieux le canevas, et les caractéristiques de modèles spécifiques. Les scénarios marqueurs ne sont ni plus ni moins vraisemblables que n'importe quel autre scénario, mais l'équipe de rédaction du RSSE a estimé qu'ils illustraient un canevas particulier. Ils sont inclus sous une forme révisée dans Nakicenovic *et al.* (2000). Ces scénarios ont été examinés avec la plus grande attention par toute l'équipe de rédaction, et au cours du processus ouvert du RSSE. Des scénarios ont également été choisis pour illustrer les *deux autres groupes de scénarios.*
- ***Canevas (de scénario)*** : Description narrative d'un scénario (ou d'une famille de scénarios) qui met en lumière les principales caractéristiques du scénario, les relations entre les forces motrices clés, et les dynamiques de leur évolution.

Sécheresse

Phénomène qui se produit lorsque les précipitations sont sensiblement inférieures aux niveaux normaux enregistrés, et qui provoque des déséquilibres hydrologiques importants néfastes pour les systèmes de production de ressources terrestres.

Sensibilité du climat

Dans les rapports du GIEC, « sensibilité du climat à l'équilibre » désigne les changements à l'équilibre de la température moyenne mondiale à la surface à la suite d'un doublement de la

concentration de (*équivalent*) CO_2 atmosphérique. Plus généralement, la sensibilité du climat à l'équilibre désigne les changements à l'équilibre de la température de l'air à la surface à la suite de la variation d'une unité de *forçage radiatif* (°C/Wm^{-2}). En pratique, l'évaluation de la sensibilité du climat à l'équilibre exige de très longues simulations avec des modèles de *circulation mondiale* couplés. La « sensibilité réelle du climat » est une mesure connexe qui permet d'éviter cette nécessité. Elle est évaluée à partir de résultats de modèles pour des conditions qui ne sont pas à l'équilibre. Elle mesure la force des *rétroactions* à un moment donné et peut varier en fonction des forçages antérieurs et de l'état du climat. Voir *Modèle climatique.*

Sensibilité
Degré d'affectation positive ou négative d'un système par des *stimuli* liés au climat. L'effet peut être direct (modification d'un rendement agricole en réponse à une variation de la moyenne, de la fourchette, ou de la variabilité de température, par exemple) ou indirect (dommages causés par une augmentation de la fréquence des inondations côtières en raison de l'*élévation du niveau de la mer*, par exemple). Voir également *Sensibilité du climat*.

Service énergétique
Application d'énergie utile à des tâches souhaitées par les consommateurs telles que les transports, le chauffage domestique ou l'éclairage.

Services des écosystèmes
Processus ou fonctions écologiques ayant une *valeur* pour les individus ou la société.

Silt / Limon
Matériau non consolidé ou meuble constitué par des particules rocheuses plus fines que des grains de sable et plus grosses que des particules d'argile.

Source
Tout procédé, activité ou mécanisme qui libère dans l'*atmosphère* un *gaz à effet de serre*, un *aérosol*, ou un *précurseur* de gaz à effet de serre ou d'aérosol.

Stabilisation
Obtention de la stabilisation des concentrations atmosphériques d'un ou de plusieurs *gaz à effet de serre* (*dioxyde de carbone*, ou ensemble de gaz à effet de serre *CO_2-équivalent*, par exemple).

Stimuli (liés au climat)
Tous les éléments des *changements climatiques*, y compris les caractéristiques *climatiques* moyennes, la *variabilité climatique*, et la fréquence et l'ampleur des phénomènes extrêmes.

Stock
Voir *Réservoir*.

Stratosphère
Région très stratifiée de l'*atmosphère* située au-dessus de la *troposphère* et s'étendant sur environ 10 km à 50 km (entre 9 km aux hautes latitudes à 16 km dans les tropiques en moyenne).

Stress hydrique
Un pays est soumis à un stress hydrique si l'alimentation en eau douce disponible par rapport aux prélèvements d'eau est un obstacle important au développement. Des prélèvements de plus de 20 % de l'alimentation en eau renouvelable ont été utilisés comme indicateur de stress hydrique.

Subalpine
Zone géographique composée de pentes montagneuses relativement humides et fraîches situées au-dessous de la limite de la zone des forêts et caractérisée par la présence de grands arbres à feuillage persistant qui représentent la forme de vie dominante.

Submersion
Elévation du niveau de l'eau par rapport à la terre, de sorte que des régions de terre ferme deviennent inondées ; résulte d'un affaissement terrestre ou d'une élévation du niveau de l'eau.

Subvention
Paiement direct d'un gouvernement à une entité, ou réduction fiscale accordée à cette entité, pour la mise en œuvre d'une pratique que le gouvernement souhaite promouvoir. Les *émissions de gaz à effet de serre* peuvent être réduites en réduisant les subventions existantes qui ont pour effet d'augmenter les émissions, telles que les subventions pour l'utilisation des *combustibles fossiles*, ou en accordant des subventions pour des pratiques qui réduisent les émissions ou augmentent les *puits* (isolement des bâtiments, ou plantations d'arbres, par exemple).

Sylviculture
Développement et entretien des *forêts*.

Système climatique
Système extrêmement complexe formé de cinq composants principaux : l'*atmosphère*, l'*hydrosphère*, la *cryosphère*, la surface terrestre et la *biosphère*, et les interactions entre eux. Le système climatique évolue dans le temps sous l'effet de ses propres éléments dynamiques internes et en raison de forçages externes tels que les éruptions volcaniques, variations solaires, et de forçages anthropiques tels que la modification de la composition de l'atmosphère et les *changements d'affectation des terres.*

Système de dépôt-remboursement
Associe un dépôt ou une redevance (taxe) sur un produit de base et un remboursement ou une remise (*subvention*) pour la *mise en œuvre* d'une mesure spécifiée. Voir également *Taxe sur les émissions.*

Système humain
Tout système dans lequel des organisations humaines jouent un rôle majeur. Fréquemment, mais pas toujours, ce terme est synonyme de « société » ou de « système social » (système agricole, système politique, système technologique, système économique).

Systèmes uniques et menacés
Entités confinées dans une zone géographique relativement limitée, mais qui peuvent affecter d'autres entités, souvent plus grandes, à l'extérieur de cette zone ; une zone géographique très limitée indique une *sensibilité* à des variables environnementales, dont le climat, révélatrice d'un risque de *vulnérabilité* aux *changements climatiques*.

Taches solaires
Petites zones sombres sur le soleil. Le nombre de taches solaires est plus élevé pendant les périodes d'*activité solaire* importante, et varie en particulier avec le *cycle solaire*.

Tapis roulant océanique
Itinéraire théorique de la circulation de l'eau autour du globe, sous l'effet des vents et de la *circulation thermohaline*.

Taxe internationale sur les émissions / le carbone / l'énergie
Voir *Taxe sur les émissions*.

Taxe sur l'énergie
Voir *Taxe sur les émissions.*

Taxe sur les émissions
Redevance imposée par un gouvernement sur chaque unité d'*émissions d'équivalent-CO_2* par une source soumise à la taxe. Etant donné que pratiquement tout le carbone présent dans les *combustibles fossiles* finit par être émis sous forme de *dioxyde de carbone*, une redevance sur la teneur en carbone des combustibles fossiles - une *taxe sur le carbone* - équivaut à une taxe sur les émissions dans le cas des émissions imputables la combustion des combustibles fossiles. Une *taxe sur l'énergie* - une redevance sur la teneur énergétique des combustibles - réduit la demande énergétique et par conséquent les émissions de dioxyde de carbone imputables à l'utilisation de combustibles fossiles. Une écotaxe a pour but d'influer sur le comportement humain (spécifiquement le comportement économique) afin de privilégier une voie de développement sans danger pour l'environnement. Une taxe internationale sur les émissions / le carbone / l'énergie est une taxe imposée par une agence internationale sur des sources précises dans les pays participants. Les revenus sont répartis ou utilisés comme convenu par les pays participants ou par l'agence internationale.

Taxes harmonisées sur les émissions / le carbone / l'énergie
Engage les pays participants à imposer une taxe à un taux commun sur les mêmes *sources*. Chaque pays peut garder les revenus de la taxe imposée. L'harmonisation n'obligerait pas nécessairement les pays à imposer une taxe au même taux, mais une imposition à des taux différents selon les pays ne serait pas *rentable*. Voir également *Taxe sur les émissions.*

Taxes sur le carbone
Voir *Taxe sur les émissions.*

Technologie
Equipement ou technique permettant d'accomplir une activité particulière.

Technologies écologiquement rationnelles (TER)
Technologies qui protègent l'environnement, sont moins polluantes, utilisent toutes les ressources plus durablement, recyclent une partie plus importante de leurs déchets et de leurs produits, et traitent les déchets résiduels d'une manière plus acceptable que les technologies qu'elles ont remplacées, et qui sont compatibles avec des priorités socio-économiques, culturelles et environnementales définies au plan national. Dans le présent document, TER signifie des technologies d'atténuation et d'adaptation, des technologies dures et douces.

Technologies et pratiques figées
Technologies et pratiques dont les avantages économiques sont liés à des institutions, services et infrastructures en place, et à des ressources disponibles ; elles sont très difficiles à changer en raison de leur généralisation et de l'existence d'infrastructures et de modes socioculturels connexes.

Température mondiale à la surface
La température mondiale à la surface est la moyenne mondiale pondérée de l'aire de (i) la température à la surface des océans (c'est-à-dire, la température moyenne sous la surface dans les premiers mètres de l'océan), et (ii) la température de l'air à la surface au-dessus de la terre à 1,5 m au-dessus du sol.

Temps de réponse
Le temps de réponse ou le temps d'ajustement est le temps nécessaire à un *système climatique* ou à ses composants pour retrouver un nouvel équilibre dans un nouvel état, à la suite d'un forçage dû à des processus externes et internes ou à des *rétroactions*. Le temps de réponse est très variable selon les composants du système climatique. Dans le cas de la *troposphère* il est relativement court, de jours à des semaines, alors que la *stratosphère* parvient à l'équilibre sur une *échelle temporelle* généralement de l'ordre de plusieurs mois. En raison de leur capacité thermique élevée, les océans ont un temps de réponse beaucoup plus long, généralement de plusieurs décennies, mais pouvant atteindre des siècles ou des milliers d'années. Le temps de réponse du système étroitement couplé surface-troposphère est donc lent par rapport à celui de la stratosphère, et est déterminé principalement par les océans. La *biosphère* peut répondre rapidement (comme dans le cas des *sécheresses*) mais également très lentement à des changements imposés. Voir *Durée de vie* pour une autre définition du temps de réponse pertinente au rythme des processus qui influent sur la concentration des gaz à l'état de traces.

Thermokarst
Topographie irrégulière et bosselée dans un sol gelé causée par la fonte de la glace.

Tolérance
Quantité de changement qu'un système peut subir sans changer d'état.

Toundra
Plaine plate ou faiblement ondulée, dépourvue d'arbres, caractéristique des régions arctiques et subarctique.

Tourbière
Milieu marécageux riche en matières organiques (végétales) décomposées, entourant souvent un plan d'eau et ayant une flore caractéristique (laiches, intrinsèque et sphaignes).

Transfert de technologies
Ensemble de processus recouvrant l'échange de connaissances, de ressources financières et de biens entre des *intervenants* et

conduisant à la diffusion de *technologies* en vue de l'adaptation ou de l'atténuation des *changements climatiques*. En tant que concept générique, ce terme est utilisé pour désigner à la fois la diffusion des technologies et la coopération technologique dans les pays et entre eux.

Transformation de l'énergie
Transformation d'une forme d'énergie, telle que l'énergie intrinsèque des *combustibles fossiles*, en une autre forme telle que l'électricité.

Tropopause
Limite entre la *troposphère* et la *stratosphère*.

Troposphère
Partie inférieure de l'*atmosphère*, entre la surface de la Terre et environ 10 km d'altitude aux latitudes moyennes (entre 9 km aux hautes latitudes et 16 km dans les tropiques en moyenne), où se produisent les nuages et les phénomènes « météorologiques ». Dans la troposphère, en général, la température diminue avec l'altitude.

Trou de la couche d'ozone
Voir *Couche d'ozone*

Unité de quantité attribuée (UQA)
Correspond à une tonne (tonne métrique) d'*émissions en équivalent-CO_2*, calculée à l'aide du *Potentiel de réchauffement mondial.*

Unité de réduction certifiée des émissions (CER)
Correspond à une tonne (tonne métrique) d'*émissions en équivalent-CO_2* réduite ou piégée grâce à un projet du *Mécanisme pour un développement propre*, calculée à l'aide du *Potentiel de réchauffement mondial*. Voir également *Unité de réduction des émissions.*

Unité de réduction d'émissions (ERU)
Equivalent à une tonne (tonne métrique) d'*émissions de dioxyde de carbone* réduites ou piégées à la suite d'un projet de *Mise en œuvre conjointe* (défini dans l'article 6 du *Protocole de Kyoto*) calculée à l'aide du *Potentiel de réchauffement mondial*. Voir également *Unité de réduction certifiée d'émissions* et *Echanges des droits d'émissions.*

Urbanisation
Transformation des terres de leur état naturel ou de leur état naturel géré (agriculture, par exemple) en villes ; processus résultant de l'exode rural vers les villes, par lequel un pourcentage croissant de la population d'un pays ou d'une région vient vivre dans des établissements humains répondant à la définition de « centres urbains ».

Valeur ajoutée
Rendement net d'un secteur après totalisation de tous les rendements et soustraction de tous les intrants intermédiaires.

Valeurs
Mérite, désidérabilité ou utilité basée sur des préférences individuelles. La valeur totale de toute ressource est la somme des valeurs des différents individus concernés par l'utilisation de la ressource. Les valeurs, sur lesquelles est fondée l'estimation des coûts, sont mesurées en termes de disposition à payer par des personnes pour recevoir la ressource ou de disposition à accepter paiement par des personnes pour fournir la ressource.

Variabilité climatique
Désigne des variations de l'état moyen et d'autres statistiques (écarts standards, phénomènes extrêmes, etc.) du *climat* à toutes les *échelles temporelles et spatiales* au-delà des phénomènes climatiques individuels. La variabilité peut être due à des processus internes naturels au sein du *système climatique* (variabilité interne), ou à des variations des *forçages externes anthropiques* ou naturels (variabilité externe). Voir également *Changements climatiques.*

Variabilité interne
Voir *Variabilité climatique.*

Vecteur
Organisme, (insecte, par exemple), qui transmet un élément pathogène d'un hôte à un autre. Voir également *Maladie à transmission vectorielle.*

Vulnérabilité
Degré par lequel un système risque de subir ou d'être affecté négativement par les effets néfastes des *changements climatiques*, y compris la variabilité climatique et les phénomènes extrêmes. La vulnérabilité dépend du caractère, de l'ampleur, et du rythme des changements climatiques auxquels un système est exposé, ainsi que de sa *sensibilité*, et de sa *capacité d'adaptation.*

Zone alpine
Zone biogéographique comprenant les versants au-dessus de la limite supraforestière, caractérisée par la présence de plantes herbacées, en rosettes, et de plantes ligneuses frutescentes à croissance lente.

Zooplancton
Formes animales du *plancton*. Consomment du *phytoplancton* ou d'autres *zooplanctons*. Voir également *Phytoplancton*.

Sources

Charlson, R.J., et J. Heintzenberg (éds.), 1995 : *Aerosol Forcing of Climate*. John Wiley and Sons Limited, Chichester, Royaume-Uni, pp. 91–108 (reproduit avec autorisation).

Enting, I.G., T.M.L. Wigley, et M. Heimann, 1994 : Future emissions and concentrations of carbon dioxide : key ocean/atmosphere/land analyses. *CSIRO Division of Atmospheric Research Technical Paper 31*, Mordialloc, Australie, 120 pp.

GIEC, 1992 : *Climate Change 1992 : The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment* [Houghton, J.T., B.A. Callander, et S.K. Varney (éds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni, xi + 116 pp.

GIEC, 1994 : *Climate Change 1994 : Radiative Forcing of Climate Change and an Evaluation of the IPCC IS92 Emission Scenarios*, [Houghton, J.T., L.G. Meira Filho, J. Bruce, Hoesung Lee, B.A. Callander, E. Haites, N. Harris, et K. Maskell (éds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New York, NY, Etats-Unis, 339 pp.

GIEC, 1996 : *Climate Change 1995 : The Science of Climate Change. Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Houghton., J.T., L.G. Meira Filho, B.A. Callander, N. Harris, A. Kattenberg, et K. Maskell (éds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom et New York, NY, Etats-Unis, 572 pp.

GIEC, 1997a : *IPCC Technical Paper 2 : An Introduction to Simple Climate Models used in the IPCC Second Assessment Report* [Houghton, J.T., L.G. Meira Filho, D.J. Griggs, et K. Maskell (éds.)]. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, Organisation météorologique mondiale, Genève, Suisse, 51 pp.

GIEC, 1997b : *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* (3 volumes) [Houghton, J.T., L.G. Meira Filho, B. Lim, K. Tréanton, I. Mamaty, Y. Bonduki, D.J. Griggs, et B.A. Callander (éds.)]. Groupe d'experts intergouvernemntal sur l'évolution du climat, Organisation météorologique mondiale, Genève, Suisse.

GIEC, 1997c : *IPCC Technical Paper 4 : Implications of Proposed CO_2 Emissions Limitations* [Houghton, J.T., L.G. Meira Filho, D.J. Griggs, et M. Noguer (éds.)]. Groupe d'experts intergouvernemntal sur l'évolution du climat, Organisation météorologique mondiale, Genève, Suisse, 41 pp.

GIEC, 1998 : *Incidences de l'évolution du climat dans les régions : Evaluation de la vulnérabilité. Rapport spécial du Groupe de travail II du GIEC* [Watson, R.T., M.C. Zinyowera, et R.H. Moss (éds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni, et New York, NY, Etats-Unis, 517 pp.

GIEC, 2000a : *Questions méthodologiques et technologiques dans le transfert de technologie. Rapport spécial du Groupe de travail III du GIEC* [Metz, B., O.R. Davidson, J.-W. Martens, S.N.M. van Rooijen, et L. van Wie McGrory (éds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New York, NY, Etats-Unis, 466 pp.

GIEC, 2000b : *L'utilisation des terres, le changement d'affectation des terres et la foresterie. Rapport spécial du GIEC* [Watson, R.T., I.R. Noble, B. Bolin, N.H. Ravindranath, D.J. Verardo, et D.J. Dokken (éds.)] Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New York, NY, Etats-Unis, 377 pp.

GIEC, 2001a : *Climate Change 2001 : The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Houghton, J.T., Y. Ding, D.G. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell, et C.A. Johnson (éds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New York, NY, Etats-Unis, 881 pp.

GIEC, 2001b : *Climate Change 2001 : Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [McCarthy, J.J., O.F. Canziani, N.A. Leary, D.J. Dokken, et K.S. White (éds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New York, NY, Etats-Unis, 1031 pp.

GIEC, 2001c : *Climate Change 2001 : Mitigation. Contribution of Working Group III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Metz, B., O.R. Davidson, R. Swart, et J. Pan (éds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New York, NY, Etats-Unis, 752 pp.

Jackson, J. (éd.), 1997 : *Glossary of Geology*. American Geological Institute, Alexandria, Virginia. Etats-Unis.

Maunder, W.J., 1992 : *Dictionary of Global Climate Change*, UCL Press Ltd.

Moss, R. et S. Schneider, 2000 : Uncertainties in the IPCC TAR : recommendations to Lead Authors for more consistent assessment and reporting. Dans : *Guidance Papers on the Cross-Cutting Issues of the Third Assessment Report of the IPCC* [Pachauri, R., T. Taniguchi, et K. Tanaka (éds.)]. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, Organisation météorologique mondiale, Genève, Suisse, pp. 33–51. Disponible en ligne à http://www.gispri.or.jp.

Nakicenovic, N., J. Alcamo, G. Davis, B. de Vries, J. Fenhann, S. Gaffin, K. Gregory, A. Grübler, T.Y. Jung, T. Kram, E.L. La Rovere, L. Michaelis, S. Mori, T. Morita, W. Pepper, H. Pitcher, L. Price, K. Raihi, A. Roehrl, H.-H. Rogner, A. Sankovski, M. Schlesinger, P. Shukla, S. Smith, R. Swart, S. van Rooijen, N. Victor, et Z. Dadi (éds.), 2000 : *Emissions Scenarios. A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New York, NY, Etats-Unis, 599 pp.

Schwartz, S. E. et P. Warneck, 1995 : Units for use in atmospheric chemistry, *Pure & Appl. Chem*., **67**, 1377–1406.

UNEP, 1995 : *Global Biodiversity Assessment* [Heywood, V.H. et R.T. Watson (éds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New York, NY, Etats-Unis, 1140 pp.

Wigley, T.M.L., R. Richels, and J.A. Edmonds, 1996 : Economic and environmental choices in the stabilization of atmospheric CO_2 concentrations. Nature, **379**, 242–245.

Annexe C. Acronymes, Abréviations et Unités

Acronymes et abréviations

AC	Activités mises en œuvre conjointement
ACB	Analyse des coûts-bénéfices
AIE	Agence Internationale de l'Energie
A-O	Atmosphère-Océan
AP	Avant le présent
Apr. J.-C	Après Jésus-Christ
AR	Analyse de la rentabilité
AV	Accord volontaire
C_2F_6	Perfluoroéthane / Hexafluoroéthane
C_3	Composé tri-carbone
C_4	Composé quadri-carbone
CAD	Cadre d'analyse décisionnelle
CANZ	Canada, Australie et Nouvelle-Zélande
CAT	Changements d'affectation des terres
CC-Berne	Modèle du cycle de carbone de Berne
CCC (ma)	Centre climatologique canadien (modélisation et analyse)
CCCC	Convention-cadre sur les changements climatiques
CCE	Combinaison de chaleur et d'énergie
CCNUCC	Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques
CCT	Changement de la couverture terrestre
CD	Cadre décisionnel
CDP	Conférence des Parties
CEE	Commission économique pour l'Europe
CF_4	Perfluorométhane / Tetrafluorométhane
CFC	Chlorofluorocarbure
CH_4	Méthane
CIUS	Conseil international des unions scientifiques
CMR	Coûts marginaux de réduction
CO_2	Dioxyde de carbone
COV	Composés organiques volatiles
CT	Circulation thermohaline
DAAP	Disposition à accepter paiement
DAP	Disposition à payer
DED	Développement, équité et durabilité
DG	Document guide
DG DED	Document guide sur le développement, l'équité et la durabilité
DHF	Dengue hémorragique
DRE	Deuxième rapport d'évaluation
DT	Document technique
ECE	Equilibre général calculable
EET	Economies en transition
EIDE	Echanges internationaux des droits d'émissions
ENSO	Oscillation australe El Niño
EUE	Efficience d'utilisation de l'eau
EUS	Ex Union soviétique
GCRAI	Groupe consultatif pour la recherche agricole internationale
GES	Gaz à effet de serre
GICCS	Gazéification intégrée à cycle combiné ou supercritique
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
GIEC DT3	Document technique sur la stabilisation des gaz à effet de serre : Conséquences physiques, biologiques, et socio-économiques
GIEC DT4	Document technique sur les conséquences des limitations d'émissions de CO_2 proposées
GTI TRE	Contribution du Groupe de travail I au Troisième rapport d'évaluation
GTII DRE	Contribution du Groupe de travail II au Deuxième rapport d'évaluation
GTII TRE	Contribution du Groupe de travail II au Troisième rapport d'évaluation
GTIII TRE	Contribution du Groupe de travail III au Troisième rapport d'évaluation
H_2O	Vapeur d'eau
HFC	Hydrofluorocarbures

IAO	Inlandsis de l'Antarctique occidental
LGDF	Laboratoire de géophysique et dynamique des fluides
MC	Mise en œuvre conjointe
MCG	Modèle de circulation générale
MCGAO	Modèle de circulation générale atmosphère-océan
MCGC	MCG couplé du CCC(ma)
MCGIO	MCG isopycnal océanique
MCHC	Modèle couplé du Hadley Centre
MCR	Modèle climatique régional
MDP	Mécanisme pour un développement propre
MEI	Modèle d'évaluation intégrée
MESI	Modèle d'évaluation scientifique intégrée
MOGGE	Modèle océanique géotrophique à grande échelle
MPP	Méthode de processus et production
N_2O	Oxyde nitreux
NBP	Production nette du biome
NMM	Niveau moyen de la mer
NO_X	Oxydes d'azote
O_2	Oxygène moléculaire
O_3	Ozone
OA	Oscillation arctique
OAN	Oscillation de l'Atlantique Nord
OCDE	Organisation de coopération et de développement économiques
OMM	Organisation météorologique mondiale
ONG	Organisation non gouvernementale
OPEP	Organisation des pays exportateurs de pétrole
PCMC	Projet de comparaison des modèles couplés
PCMP	Projet de comparaison de modèles paléoclimatiques
PFC	Perfluorocarbures
PIB	Produit intérieur brut
PME	Petites et moyennes entreprises
PNB	Produit national brut
PNE	Production nette de l'écosystème
PNUE	Programme des Nations unies pour l'environnement
PPA	Parité du pouvoir d'achat
PPB	Production primaire brute
PPN	Production primaire nette
PRG	Potentiel de réchauffement global
QA	Quantités attribuées
RCE	Réduction Certifiée des Emissions
RCT	Réponse climatique transitoire
R&D	Recherche et développement
RDP	Réunion des Parties
RE	Résumé exécutif
RID	Résumé à l'intention des décideurs
RSAAP	Rapport spécial sur l'aviation et l'atmosphère planétaire
RSSE	Rapport spécial sur les scénarios d'émissions
RST	Rayonnement solaire total
RSTT	Rapport spécial sur les questions méthodologiques et technologiques dans le transfert de technologies
RSUTCATF	Rapport spécial sur l'utilisation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie
RT	Résumé technique
SAO	Substances qui appauvrissent la couche d'ozone
SCD	Syndrome de choc dengue
SF_6	Hexafluorure de soufre
SH	Sondeur à hyperfréquences
SIN	Systèmes d'innovation nationaux
SO_2	Dioxyde de soufre
SSEE	Société de services éco-énergétiques
TER	Technologies écologiquement rationnelles
TGCC	Turbine à gaz à cycle combiné

TRE	Troisième rapport d'évaluation
UNESCO	Organisation des Nations unies pour l'éducation, la science et la culture
UQA	Unité de quantité attribuée
URE	Unité de réduction des émissions
UV	Ultraviolet
VA	Valeur ajoutée
WRE	Wigley, Richels, et Edmonds

Unités

Unités SI (Système international)

Quantité physique	*Nom de l'unité*	*Symbole*
longueur	mètre	m
masse	kilogramme	kg
temps	seconde	s
température thermodynamique	kelvin	k
quantité de substance	mole	mol

Fraction	*Préfixe*	*Symbole*	*Multiple*	*Préfixe*	*Symbole*
10^{-1}	déci	d	10	déca	da
10^{-2}	centi	c	10^{2}	hecto	h
10^{-3}	milli	m	10^{3}	kilo	k
10^{-6}	micro	µ	10^{6}	méga	M
10^{-9}	nano	n	10^{9}	giga	G
10^{-12}	pico	p	10^{12}	tera	T
10^{-15}	femto	t	10^{15}	peta	P

Noms et symboles spéciaux pour certaines unités dérivées du SI

Quantité physique	*Nom de l'unité*	*Symbole*	*Définitiion*
Force	newton	N	kg m s^{-2}
Pression	pascal	Pa	kg m^{-1} s^{-2} (=N m^{-2})
Energie	joule	J	kg m^{2} s^{-2}
Puissance	watt	w	kg m^{2} s^{-3} (=J s^{-1})
Fréquence	hertz	Hz	s^{-1} (cycles par seconde)

Fractions décimales et multiples d'unités SI ayant des noms spéciaux

Quantité physique	*Nom de l'unité*	*Symbole*	*Définitiion*
Longueur	Ångstrom	Å	10^{-10} m = 10^{-8} cm
Longueur	micron	µm	10^{-6} m
Surface	hectare	ha	10^{4} m^{2}
Force	dyne	dyn	10^{-5} N
Pression	bar	bar	10^{5} N m^{-2} = 10^{5} Pa
Pression	millibar	mb	10^{2} N m^{-2} = 1 h Pa
Masse	tonne	t	10^{3} kg
Masse	gramme	g	10^{-3} kg
Densité de colonne	unités Dobson	DU	2,687x1016 molécules cm^{-2}
Fonction de courant	Sverdrup	Sv	106 m^{3} s^{-1}

Unités non SI

°C	degré Celsius (0°C = 273 K approximativement) — Les différences de températures sont également indiquées en °C (=K) plutôt que la forme plus correcte de « degrés Celsius ».
ppmv	parties par million (10^{6}) par volume
ppbv	parties par milliard (10^{9}) par volume
pptv	parties par billion (10^{12}) par volume
yr	année
ky	milliers d'années
bp	avant le présent

Annexe D. Questions scientifiques, techniques et socio-économiques choisies par le Groupe

Question 1

Comment les analyses scientifiques, techniques et socio-économiques peuvent-elles contribuer à déterminer ce qui constitue une perturbation anthropique dangereuse du système climatique, telle qu'elle est définie dans l'Article 2 de la Convention-cadre sur les changements climatiques ?

Question 2

Quelles sont les preuves, les causes et les conséquences des changements climatiques mondiaux depuis l'époque préindustrielle ?

(a) Le climat de la terre a-t-il évolué depuis l'époque préindustrielle à l'échelle régionale et/ou mondiale ? Auquel cas, quel est le pourcentage des changements observés attribuable aux activités humaines et quel est le pourcentage attribuable aux phénomènes naturels ? Sur quoi repose cette attribution ?

(b) Que sait-on des conséquences environnementales, sociales et économiques des changements climatiques depuis l'époque préindustrielle, et plus particulièrement au cours des cinquante dernières années ?

Question 3

Que sait-on des conséquences climatiques, environnementales et socio-économiques régionales et mondiales au cours des vingt-cinq, cinquante et cent prochaines années, en conjonction avec une fourchette d'émissions de gaz à effet de serre prévue par des scénarios utilisés dans le TRE (prévisions sans mesures d'intervention climatiques) ?

Dans la mesure du possible, évaluer :

- Les changements prévus des concentrations atmosphériques, du climat et du niveau de la mer ;
- Les incidences et les coûts et bénéfices économiques des changements climatiques et de la composition de l'atmosphère sur la santé, la diversité et la productivité des écosystèmes, et les secteurs socio-économiques (en particulier l'agriculture et l'eau) ;
- Les diverses options d'adaptation, y compris leurs coûts, bénéfices et problèmes ;
- Les questions de développement, durabilité et équité associées aux conséquences et à l'adaptation à l'échelle régionale et mondiale.

Question 4

Que sait-on de l'influence des concentrations atmosphériques croissantes de gaz à effet de serre et d'aérosols et des changements climatiques anthropiques prévus à l'échelle régionale et mondiale en ce qui concerne :

(a) La fréquence et l'ampleur des fluctuations climatiques, y compris la variabilité quotidienne, saisonnière, interannuelle et décennale, telles que les cycles d'oscillation australe El Niño et autres ?

(b) La durée, la situation géographique, la fréquence et l'intensité des phénomènes climatiques extrêmes, tels que les vagues de chaleur, sécheresses, inondations, fortes précipitations, avalanches, tempêtes, tornades et cyclones tropicaux ?

(c) Le risque de changements abrupts/non linéaires pour, notamment, les sources et puits de gaz à effet de serre, la circulation océanique, et l'étendue de la glace polaire et du pergélisol ? Le cas échéant, ce risque peut-il être quantifié ?

(d) Le risque de changements abrupts ou non linéaires au sein des écosystèmes ?

Question 5

Que sait-on au sujet de l'inertie et des échelles temporelles associées aux changements des systèmes climatiques, écologiques et des secteurs socio-économiques et de leurs interactions ?

Question 6

(a) Comment la portée et l'échelonnement dans le temps de mesures de réduction des émissions peuvent-ils déterminer et influencer le rythme, l'ampleur et les incidences des changements climatiques, et influer sur l'économie mondiale et régionale, compte tenu des émissions passées et actuelles ?

(b) A partir des études de sensibilité, que sait-on des conséquences climatiques, environnementales et socio-économiques régionales et mondiales de la stabilisation des concentrations atmosphériques de gaz à effet de serre (en équivalent-dioxyde de carbone), pour des niveaux allant des niveaux actuels au double de ces niveaux ou plus, compte tenu, si possible, des effets des aérosols ? Pour chaque scénario de stabilisation, y compris diverses voies vers une stabilisation, évaluer les coûts et bénéfices, par rapport à l'éventail de scénarios examinés à la Question 3, en ce qui concerne :

- Les changements prévus des concentrations atmosphériques, du climat et du niveau de la mer, y compris les changements au-delà de cent ans :
- Les incidences et les coûts et bénéfices économiques des changements climatiques et de la modification de la composition de l'atmosphère sur la santé humaine, et sur la diversité et la productivité des systèmes écologiques et des secteurs socio-économiques (agriculture et eau, en particulier)
- L'éventail d'options d'adaptation, y compris les coûts, bénéfices et difficultés
- Les technologies, politiques et méthodes susceptibles d'être utilisées pour atteindre chaque niveau de stabilisation, avec évaluation des coûts et bénéfices nationaux et mondiaux, et évaluation quantitative ou qualitative des coûts et bénéfices, par rapport aux nuisances environnementales prévenues grâce aux réductions d'émissions
- Les questions de développement, de durabilité et d'équité associées aux incidences, à l'adaptation et à l'atténuation à l'échelle régionale et mondiale.

Question 7

Que sait-on des possibilités, coûts et bénéfices et délais d'exécution en ce qui concerne la réduction des émissions de gaz à effet de serre ?

- Quels seraient les coûts et bénéfices socio-économiques et incidences sur l'équité d'options de politique et de mesures, et

des mécanismes du Protocole de Kyoto susceptibles de représenter une solution au problème des changements climatiques régionaux et mondiaux ?

- Quels éventails d'options de recherche et développement, investissements et autres mesures d'intervention pourraient être considérés comme étant les plus efficaces pour améliorer le développement et la mise en œuvre de technologies qui répondent au problème des changements climatiques ?
- Quelles options de politiques économiques et autres pourraient être jugées aptes à éliminer les obstacles actuels et potentiels et stimuler le transfert et la mise en œuvre des technologies des secteurs privés et publics entre les pays, et quels en seraient les effets sur les émissions prévues ?
- Comment l'échelonnement dans le temps de ces options influe-t-il sur les coûts et bénéfices économiques associés, et les concentrations atmosphériques de gaz à effet de serre au cours du siècle à venir et au-delà ?

Question 8

Que sait-on de l'interaction entre les changements climatiques anthropiques et les autres problèmes environnementaux (pollution atmosphérique urbaine, dépôts acides régionaux, diminution de la biodiversité, appauvrissement de l'ozone stratosphérique, et désertification et dégradation des terres, par exemple) ? Que sait-on des coûts et bénéfices environnementaux, sociaux et économiques et des implications de ces interactions pour l'intégration équitable de stratégies de réponse aux changements climatiques dans des stratégies de développement durable plus larges, à l'échelle locale, régionale et mondiale ?

Question 9

Quelles sont les conclusions les plus robustes et les incertitudes clés en ce qui concerne l'attribution des changements climatiques et les projections des modèles à propos :

- Des futures émissions de gaz à effet de serre et d'aérosols ?
- Des futures concentrations de gaz à effet de serre et d'aérosols ?
- Des futurs changements climatiques régionaux et mondiaux ?
- Des incidences régionales et mondiales des changements climatiques ?
- Des coûts et bénéfices des options d'atténuation et d'adaptation ?

Annexe E. Liste des documents principaux publiés par le GIEC

Premier rapport d'évaluation du GIEC
Rapport 1990 rédigé par le Groupe de travail I du GIEC (en anglais, chinois, espagnol, français et russe).

Incidences potentielles du changement climatique
Rapport 1990 rédigé par le Groupe de travail II du GIEC (en anglais, chinois, espagnol, français et russe).

Stratégies d'adaptation au changement climatique
Rapport 1990 rédigé par le Groupe de travail III du GIEC (en anglais, chinois, espagnol, français et russe)

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

Assessment of the Vulnerability of Coastal Areas to Sea Level Rise — A Common Methodology
1991 (en anglais, arabe et français)

Climate Change 1992 — The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment
Rapport 1992 rédigé par le Groupe de travail I du GIEC

Climate Change 1992 — The Supplementary Report to the IPCC Impacts Assessment
Rapport 1992 rédigé par le Groupe de travail II du GIEC

Climate Change : The IPCC 1990 and 1992 Assessments
Sommaire du Document de synthèse du Premier rapport d'évaluation du GIEC et Résumé à l'intention des décideurs avec Supplément 1992

Global Climate Change and the Rising Challenge of the Sea
Rapport 1992 du Groupe de travail sur les stratégies d'adaptation du GIEC en matière de gestion des zones côtières

Preliminary Guidelines for Assessing Impacts of Climate Change, 1992

Report of the IPCC Country Studies Workshop
1992

Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre
1994 (trois volumes) (en anglais, espagnol, français et russe)

Directives techniques du GIEC pour l'évaluation des incidences de l'évolution du climat et des stratégies d'adaptation
1995 (en anglais, arabe, chinois, espagnol, français et russe)

Climate Change 1994 : Radiative Forcing of Climate Change and an Evaluation of the IPCC IS92 Emission Scenarios
1995

Climate Change 1995 : The Science of Climate Change — Contribution of Working Group I to the IPCC Second Assessment Report
1996 (avec résumé en français à l'intention des décideurs)

Climate Change 1995 : Impacts, Adaptations, and Mitigation of Climate Change : Scientific-Technical Analyses — Contribution of Working Group II to the IPCC Second Assessment Report
1996 (avec résumé en français à l'intention des décideurs)

Climate Change 1995 : Economic and Social Dimensions of Climate Change — Contribution of Working Group III to the IPCC Second Assessment Report
1996 (avec résumé en français à l'intention des décideurs)

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 (en arabe, chinois, espagnol, français et russe)

Techniques, politiques et mesures d'atténuation des changements climatiques — Document technique I du GIEC, 1996 (en anglais, espagnol et français)

Introduction aux modèles climatiques simples employés dans le deuxième Rapport d'évaluation du GIEC — Document technique II du GIEC
1997 (en anglais, espagnol et français)

Stabilisation des gaz atmosphériques à effet de serre : conséquences physiques, biologiques et socio-économiques — Document technique III du GIEC
1997 (en anglais, espagnol et français)

Incidences des propositions de limitation des émissions de CO_2 — Document technique IV du GIEC
1997 (en anglais, espagnol et français)

Incidences de l'évolution du climat dans les régions : Évaluation de la vulnérabilité
1998

Aviation and the Global Atmosphere — Rapport spécial du GIEC
1999 (avec résumé à l'intention des décideurs en anglais, espagnol, français et russe)

Methodological and Technological Issues in Technology Transfer — Rapport spécial du GIEC
2000 (avec résumé à l'intention des décideurs en anglais, espagnol, français et russe)

Land Use, Land-Use Change, and Forestry — Rapport spécial du GIEC
2000 (avec résumé à l'intention des décideurs en anglais, espagnol, français et russe)

Emission Scenarios — Rapport spécial du GIEC
2000 (avec résumé à l'intention des décideurs en anglais, espagnol, français et russe)

Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories
2000

Climate Change 2001 : The Scientific Basis—Contribution of Working Group I to the IPCC Third Assessment Report
2001

Climate Change 2001 : Impacts, Adaptation, and Vulnerability — Contribution of Working Group II to the IPCC Third Assessment Report
2001

Climate Change 2001 : Mitigation — Contribution of Working Group III to the IPCC Third Assessment Report
2001

Informations : IPCC Secrétariat, c/o Organisation Météorologique Mondiale, 7 bis, Avenue de la Paix, Case Postale 2300, 1211 Genève 2, Suisse