

# CHANGEMENT CLIMATIQUE

## ENJEUX ET PERSPECTIVES AU MAGHREB



Organisation  
des Nations Unies  
pour l'éducation,  
la science et la culture

UNESCO Office in Rabat  
Cluster Office for the Maghreb



---

**CHANGEMENT CLIMATIQUE :  
ENJEUX ET PERSPECTIVES AU MAGHREB**

---



Les idées et opinions exprimées dans ce document sont celles des auteurs et ne reflètent pas nécessairement les vues de l'Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO).

Les appellations employées dans cette publication et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part de l'UNESCO aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones, ou de leurs autorités, ni quant à leurs frontières ou limites.

Les frontières qui figurent sur les cartes que nous publions n'impliquent pas reconnaissance officielle par l'UNESCO ou par les Nations Unies.

Edité par GEB-Environnement.com



Publié au Maroc en 2010

Num Dépôt Légal : 2010MO0615

ISBN : 978-9954-523-00-1





---

# PREFACE

---

**Dr. Youssef FILALI-MEKNASSI**

Bureau Multipays de l'UNESCO à Rabat

Spécialiste de programme pour les Sciences Exactes et Naturelles

Prenant conscience de la réalité des perturbations climatiques dans les années 1990, les chefs d'Etat ont décidé d'initier une politique de lutte contre le réchauffement planétaire. C'est en 1992, lors du Sommet de la Terre à Rio, qu'ils ont reconnu la nécessité d'agir dans le cadre d'un « partenariat mondial » avec l'adoption de la Convention Cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique (CCNUCC), puis avec le Protocole de Kyoto, entré en vigueur en février 2005 et la stratégie de réduction des gaz à effet de serre (GES). Cette stratégie remettant en cause les choix de développement du Nord et du Sud et posait en particulier la question cruciale de l'énergie. Mais, ces textes ont montré leurs limites ; en effet le Protocole de Kyoto n'a pas été ratifié par les Etats-Unis. Quant à la convention de l'ONU, elle n'a pas de caractère contraignant.

A la date du 19 décembre 2009, la Conférence des Parties à Copenhague (COP-15) s'est achevée avec un accord comportant douze points, dont le principal serait la promesse des pays industrialisés de verser 10 milliards de dollars par an entre 2010 et 2012 aux pays les plus pauvres afin de les aider à faire face aux conséquences du changement climatique, avec l'objectif de porter ce montant à 100 milliards de dollars par an en 2020\*. Cet accord, n'étant pas juridiquement contraignant, n'a pas atteint de consensus global, d'où les titres des médias, tels que « L'échec du sommet de Copenhague », « Le sommet sur le climat de Copenhague a débouché sur un accord final à minima », « Après l'échec du Sommet de Copenhague : faut-il supprimer l'ONU ? ».

Pour expliquer l'absence de consensus nous pouvons pointer du doigt, entre autre, le manque ou la médiocrité des données climatologiques, qui sont dus en partie au processus accéléré de négociations, à certains points de vue sur l'origine du réchauffement planétaire, au fait d'associer le réchauffement climatique uniquement aux activités anthropiques, etc.

L'un des points du désaccord entre les pays concerne le coût de la lutte contre le changement climatique, puisque les uns et les autres se rejettent la responsabilité. En effet, les pays développés considèrent que certains pays émergents de la « non annexe I » sont tout autant responsables de la dégradation de l'environnement mondial, et que par conséquent, ils sont dans l'obligation de mettre la main à la poche. Par ailleurs, les pays développés craignent de voir l'argent réservé à cet effet, notamment celui destiné aux pays pauvres, être utilisé à d'autres fins, voire même détourné en l'absence de mécanismes de contrôle et d'évaluation, ce qui les laisse réticents et sceptiques. Au contraire, les pays en développement brandissent la carte de la responsabilité historique des pays développés, et leur devoir de payer pour les dommages qu'ils ont causé à l'environnement durant un siècle, et qui devront se chiffrer à plus de 150 milliards de dollars par an.

Cependant, la COP15 ne doit pas faire oublier que des millions de citoyens se sont mobilisés en amont de cette conférence derrière un seul et même message « Sauver la planète » et nul n'ignore les dangers que représenterait le changement climatique pour la qualité de vie des populations. Ces problèmes préoccupants sont consécutifs à des actions ou facteurs parmi lesquels il y a l'utilisation abusive des ressources naturelles, la demande alimentaire, et le rythme de croissance démographique.

En fait, selon le rapport sur l'Etat de la Population 2009 (FNUAP), les accords internationaux sur le changement climatique (notamment celui de la COP15) auraient eu une meilleure chance de réussir à long terme s'ils prenaient en considération la dynamique de la population.

En réalité, le problème dit du climat est en permanence confondu avec celui de la pollution, deux secteurs interdépendants mais qui peuvent être traités séparément. De plus, la création d'un état d'urgence climatique

---

<http://www.vie-publique.fr/actualite/dossier/copenhague-2009-cop15/contexte-conference.html>  
<http://www.genreenaction.net/spip.php?article7410>

pourrait masquer la réalité des états d'urgence sanitaires, économiques ou environnementaux et ainsi bloquer les avancées dans ces différents domaines.

D'ailleurs, en septembre 2009, les experts scientifiques réunis lors de l'atelier Skukuza et du 12ème Symposium International sur les rivières ont conclu que le changement climatique sur les écosystèmes des rivières ne sont pas essentiellement différents en nature des autres pressions réelles et plus immédiates, telles que la pollution et les activités anthropiques, la mauvaise gestion de l'eau et la demande en eau toujours plus importante pour soutenir la population croissante. Ils ont noté que bien que le changement climatique devrait aggraver les menaces déjà existantes sur les écosystèmes aquatiques, il ne faut pas pour autant oublier l'interaction de tous les facteurs (les facteurs environnementaux, l'action anthropique et les variabilités climatiques) pour définir les actions à mener.

En effet, le changement climatique dépasse le cadre simple de rendement énergétique ou d'émission de GES. Ils soulèvent les épineux problèmes de démographie, de pauvreté, d'égalité et d'équité de genre dans la gestion des questions environnementales. Certains voient dans la question du changement climatique une nécessité pour la survie, d'autres un besoin pour le développement durable et enfin un troisième groupe une opportunité pour relancer l'économie.

Il existe effectivement des opportunités liées au développement de l'économie verte. Ainsi, le chiffre d'affaires de l'industrie éolienne double tous les trois ans et a représenté en 2008 un investissement mondial de plus de 35 milliards d'euros pour les nouvelles installations. De plus, avec un taux de croissance annuel supérieur à 25%, la filière éolienne a permis la création de plusieurs centaines de milliers d'emplois. Fin 2008, 400 000 emplois ont été recensés dans le monde dont plus de 100 000 en Europe. La production d'énergies éolienne et solaire est certes aujourd'hui aidée par un tarif subventionné, mais l'augmentation du prix du pétrole la rend de plus en plus compétitive. D'autres secteurs peuvent se transformer pour devenir à la fois plus respectueux de l'environnement et plus compétitifs. C'est tout l'enjeu de l'éco-conception qui consiste à intégrer l'environnement dans toutes les étapes du cycle de vie d'un produit : réduction des coûts, optimisation de l'emballage, amélioration de la qualité du produit et de sa longévité, notamment.

La croissance verte apparaît donc comme une solution pour générer la croissance économique de l'après-crise. Cependant la question que certains pays se posent est de savoir où se fera la croissance et où seront créés les emplois, parce que la mondialisation existe également dans l'économie verte. Dans un monde où les technologies cruciales de demain ne seraient pas forcément celles que nous pourrions imaginer (telles que les nanotechnologies, la biotechnologie) mais probablement plus celles qui permettraient d'affronter concrètement le défi du climat et de l'énergie, les pays les plus modernes et les plus réactifs ne seraient pas ceux que nous pourrions croire. Par exemple, la Chine est en train de gagner la bataille commerciale des technologies énergétiques alternatives au pétrole qui, si leur bilan écologique n'est pas forcément toujours décent, vont dans le sens de la diminution des GES et dans la prise en compte du pic pétrolier. En effet, la Chine investit autant ou plus dans les technologies vertes qu'elle ne le fait pour son armée, dépensant des centaines de milliards de dollars chaque année dans les énergies renouvelables et dans l'amélioration des infrastructures des réseaux de distribution.

Ainsi, le Sommet de Copenhague aurait été simplement une immense bataille industrielle, chacun des acteurs y menant une stratégie propre afin de pousser ses technologies, pour occuper les marchés et surtout pour fixer les règles du jeu.

Dans les pays du Maghreb, la vie des populations est très liée au climat et ses fluctuations. L'économie est très dépendante de l'eau, de l'agriculture, du tourisme et du littoral. Le changement climatique serait une véritable menace pour le développement socio-économique de cette région, alors qu'elle est très peu émettrice de GES.

Cependant, les pays maghrébins doivent, avant tout, pouvoir se fonder sur des données locales fiables et scientifiques concernant l'évolution climatologique, les effets probables du changement climatique, les aspects socio-économiques associés et les coûts et les avantages des différentes options d'adaptation, afin de mettre en place des stratégies politiques adaptées aux réalités nationales. Or, la région, manquent de données tangibles et

---

‡ Water 21, numéro de décembre 2009 - Bimensuel de l'International Water Association (IWA)

§Copenhague : chronique d'un accord inachevé - Réalisateur : Jean-Philippe Ama - Diffusé lundi 11/ 01/2010 sur Canal +

vérifiables, et n'a pas assez de recul. Par exemple, l'eau est l'une des ressources naturelles qui pourrait être la plus affectée par des effets irréversibles d'un changement climatique probable. Pourtant, de plus en plus d'experts (voir l'article intitulé « Le changement climatique, un déficit en données sur l'eau »\*\*) rappellent que les données manquent souvent, ou quand elles existent elles sont généralement de mauvaise qualité pour pouvoir obtenir une image correcte de la situation actuelle et de pouvoir prédire l'impact du changement climatique sur le l'environnement aquatique.

Ainsi, l'UNESCO a travaillé, par l'intermédiaire du Conseil des chefs de secrétariat des organismes des Nations Unies pour la coordination, sur l'élaboration d'un plan d'action sur le changement climatique intitulé « The UN System Delivering as One on Climate Change ». Les principaux objectifs stratégiques de l'UNESCO dans le cadre de ce plan en tant que co-chef de file des Nations Unies sont :

1. D'établir et de tenir à jour la base de connaissances sur le changement climatique : Analyses scientifiques, évaluations, surveillances et alertes précoces ;
2. De promouvoir l'adaptation au changement climatique et l'atténuation de ce phénomène, notamment grâce à une meilleure éducation et sensibilisation du public ;
3. Et de faire de l'UNESCO une organisation neutre sur le plan du climat.

En sa qualité d'agence spécialisée du Système des Nations Unies, l'UNESCO occupe une position privilégiée pour traiter de la problématique complexe liée au changement climatique dans la mesure où elle regroupe en son sein des compétences diversifiées, tant en sciences exactes et naturelles, en sciences sociales et humaines, qu'en culture, éducation, communication et information. Son expertise lui permet ainsi d'apporter des réponses pluridisciplinaires et transversales. Au sein de toutes ces disciplines, un seul objectif : cerner et anticiper le comportement des systèmes dans le cadre du changement climatique pour, *in fine*, mieux définir les stratégies d'action. L'UNESCO fournit donc un forum unique pour les pays membres, dont les pays maghrébins, afin de répondre au changement climatique autant qu'à ses impacts sur l'environnement et la société humaine.

Le présent ouvrage, publié par le Bureau Multipays de l'UNESCO à Rabat, dévoile l'état des lieux et les perspectives du changement climatique dans la région du Maghreb (Algérie, Maroc, Mauritanie et Tunisie), présenté par différents experts du domaine. Ce livre s'adresse à tous les acteurs gouvernementaux, mais aussi aux experts internationaux et régionaux du changement climatique, aux collectivités locales et régionales, aux ONG qui oeuvrent dans cette région et à la société civile. Il vise à informer sur les données climatologiques existantes dans la région et leur fiabilité, à présenter la situation du Maghreb face aux aléas climatiques, et à exposer les stratégies mises en oeuvre pour lutter contre le changement climatique et favoriser le développement durable socio-économique des pays de la Région. Ainsi, cet ouvrage, en proposant des éléments de réflexion, veut lancer et prolonger le débat sur la problématique du changement climatique *versus* le développement durable afin de conforter les plaidoyers des pays du Maghreb vis-à-vis de la problématique du changement climatique.



---

# REMERCIEMENTS

---

Un tel livre n'aurait pas été possible sans le soutien et le concours précieux des auteurs, qui ont volontairement donné de leur temps pour rapporter leurs expériences dans le domaine de l'environnement, la climatologie et le changement climatique au Maghreb et faire de ce livre une référence.

Le bureau Multipays de l'Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO) à Rabat tient donc à remercier tous les auteurs pour leurs contributions significatives.

Tous les auteurs ont joué un rôle crucial dans l'élaboration et la qualité de cet ouvrage.

<b>T. BALAFREJ</b>	<i>Expert en changement climatique, Maroc (Chap. 2)</i>
<b>F. DRIOUECH</b>	<i>Direction de la Météorologie Nationale, Maroc (Chap. 3)</i>
<b>M. EL MOCTAR OULD MOHAMED</b>	<i>Directeur de l'Hydraulique, Mauritanie (Chap. 4)</i>
<b>Y. LABBENE</b>	<i>Consultant libre en changement climatique / vulnérabilité, Tunisie (Chap. 5)</i>
<b>A. MOKSSIT</b>	<i>Direction de la Météorologie Nationale, Maroc (Chap. 3)</i>
<b>M. SENOUCI</b>	<i>Membre du Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat / Association de Recherche Climat Environnement, Algérie (Chap. 1)</i>



---

# TABLE DES MATIERES

---

Abréviations	xiii
Glossaire	xvii

## **PARTIE I : BILAN 2007 DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES : RAPPORT DE SYNTHÈSE**

*Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat  
GIEC*

### **PARTIE II : CHANGEMENT CLIMATIQUE: ENJEUX ET PERSPECTIVES AU MAGHREB**

Chapitre 1	Changement climatique en Algérie : évolution future du climat, enjeux et perspectives	II-3
Chapitre 2	Le changement climatique au Maroc : réalités et perspectives	II-17
Chapitre 3	Variabilité et changements climatiques au Maroc, tendances observées et projections futures	II-31
Chapitre 4	Changements climatiques et bouleversements sociaux économiques en Mauritanie	II-45
Chapitre 5	Le changement climatique en Tunisie	II-63

### **PARTIE III : APPENDICES**

Appendice A	Stratégie de l'UNESCO pour faire face au changement climatique	III-3
Appendice B	Données et contacts pour le changement climatique en Algérie, au Maroc, en Mauritanie et en Tunisie	III-5
Appendice C	Liens utiles	III-11
Appendice D	Communications nationales pour les pays du Maghreb dans le cadre de la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC)	III-15
Appendice E	Documents du Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC)	III-17



---

# ABREVIATIONS

---

ANCC	Agence Nationale des Changements Climatiques, Algérie
AND	Autorité Nationale Désignée
ANME	Agence Nationale pour la Maîtrise de l'Energie, Tunisie
ANRH	Agence Nationale des Ressources Hydrauliques, Algérie
APEFEL	Association des producteurs et producteurs-exportateurs des fruits et légumes, Maroc
APRUE	Agence de Promotion et de Rationalisation de l'Utilisation de l'Energie, Algérie
ATCATF	Affectation des terres et changement d'affectation des terres et de la foresterie
AVCI	Année de vie corrigée de l'incapacité
BAD	Banque Africaine de Développement
BTP	Bâtiments et Travaux Publics
CATF	Changement d'affectation des terres et de la foresterie
CCNUCC	Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques
CE	Commission Européenne
CIEDE	Centre d'Information sur l'Énergie Durable et l'Environnement, Tunisie
CIHEAM	Centre International de Hautes Etudes Agronomiques Méditerranéennes
CNADD	Conseil National d'Aménagement et de Développement Durable du territoire, Algérie
CNFE	Conservatoire National des Formations à l'Environnement, Algérie
CNL	Commissariat National du Littoral, Algérie
CNTPP	Centre national des technologies production plus propre, Algérie
CNUED	Conférence des Nations Unies pour l'Environnement et le Développement
COP15	Conférence de Copenhague
Creg	Commission de régulation de l'électricité et du gaz, Algérie
CSLP	Cadre Stratégique de Lutte contre la Pauvreté, Mauritanie
DEAR	Direction de l'Environnement et de l'Aménagement Rural, Mauritanie
DMN	Direction de la Météorologie Nationale, Maroc
DNRM	Délégation nationale aux risques majeurs, Algérie
Dt	Dinar tunisien
EANM	Élévation Accélérée des Niveaux de la Mer
ENR	Energie Renouvelable
ESCO	Entreprise de Services Energétiques
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations / Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture
FE	Facteur d'émission
FEM	Fonds pour l'Environnement Mondial
FODEP	Fonds de dépollution industrielle, Maroc

GES	Gaz à effet de serre
GIEC	Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat
GNC	Gaz naturel comprimé
GPL	Gaz de pétrole liquéfié
GTZ	Coopération Technique Allemande
IFPRI	International Food Policy Research Institute
IGES	Inventaire des gaz à effet de serre
IHFR	Institut Hydrométéorologique de Formation et de Recherche, Algérie
INM	Institut National de la Météorologie, Tunisie
INPV	Institut National pour la Protection des Végétaux, Algérie
INRA	Institut National de la Recherche Agronomique, Maroc
INS	Institut National de la Statistique, Tunisie
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IRES	Institut Royal des Etudes Stratégiques, Maroc
IWMI	International Water Management Institute
LBC	Lampe basse consommation
MAD	Dirham marocain
MADRPM	Ministère de l'Agriculture et de la Pêche Maritime, Maroc
MARH	Ministère de l'Agriculture et des Ressources en Hydrauliques, Tunisie
MATEE	Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Urbanisme, de l'Habitat et de l'Environnement, Maroc
MATET	Ministère de l'Environnement, de l'Aménagement du Territoire et du Tourisme, Algérie
MCG	Modèle de circulation générale
MDP	Mécanisme de Développement Propre
MEDD	Ministère de l'Environnement et du Développement Durable, Tunisie
MEM	Ministère de l'Energie et des Mines, Algérie
MEMEE	Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement, Maroc
MRC	Modèle régional du climat
NACMA	Engagement approprié au niveau national pour l'atténuation (pour les pays développés)
NAMA	Engagement pour des actions appropriées d'atténuation au niveau national (pour les pays en développement)
NEAL	New Energy Algeria, Algérie
OMM	Organisation Météorologique Mondiale
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
OMVS	Organisation de la Mise en Valeur du Fleuve Sénégal
ONA	Oscillation Nord Atlantique
ONE	Office National de l'Electricité, Maroc
ONEDD	Observatoire National de l'Environnement et du Développement Durable, Algérie
ONG	Organisation Non Gouvernementale
ONM	Office National de la Météorologie, Algérie
ONU	Organisation des Nations Unies
PANE	Plan d'Action Nationale pour l'Environnement, Mauritanie

PI	Procédé industriel
PIB	Produit Intérieur Brut
PNA-ACC	Plan National d'Action pour les Changements Climatiques, Algérie
PNUE	Programme des Nations Unies pour l'Environnement
Pr.ann	Cumul annuel des précipitations
Projet CCC	Projet « Appui de la Tunisie pour la mise en œuvre de la CCNUCC », Tunisie
RAMSA	Régie Autonome Multiservice Agadir, Maroc
SDSM	Statistical DownScaling Model
SNDD	Stratégie Nationale de Développement Durable, Mauritanie
TIC	Technologie de l'information et de la communication
URE	Utilisation Rationnelle de l'Energie
USD	United States Dollar
VAG	Veille de l'Atmosphère Globale
WHO	World Health Organization



---

# GLOSSAIRE

---

## **Accords de Bonn**

Les Accords de Bonn définissent un ensemble de décisions officielles prises par les Etats Parties à la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC) sur la base des principes politiques convenus entre les ministres et les hautes autorités réunies à Bonn, en juillet 2001.

## **Accords de Marrakech**

En 2001, à la septième Conférence des Parties de la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CDP-7) à Marrakech, au Maroc, les délégués sont parvenus à un accord consistant en un ensemble de décisions prises sur plusieurs domaines des mécanismes de souplesse du protocole de Kyoto, l'utilisation des terres, les changements survenus dans l'utilisation des terres et la foresterie (UTCATF) et le respect des dispositions du Protocole de Kyoto. Les Accords traitent aussi du soutien à apporter aux pays en développement, notamment le renforcement des capacités, le transfert des technologies, la réactivité aux effets défavorables des changements climatiques et l'établissement de trois fonds - le Fonds pour les Pays les Moins Avancés (PMA), le Fonds Spécial pour les Changements Climatiques (FSCC) et le Fonds pour l'Adaptation.

## **Acidification de l'océan**

L'augmentation du dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) dans l'atmosphère entraîne une augmentation du CO<sub>2</sub> dans les eaux océaniques suite à son absorption par ces eaux. Or, plus il y a du CO<sub>2</sub> dans l'eau, plus l'eau est acide.

## **Adaptation**

Initiatives et mesures prises pour réduire la vulnérabilité des systèmes naturels et humains face aux effets du changement climatique actuel ou prévu. On distingue plusieurs sortes d'adaptation, telle que l'adaptation anticipative et réactive, privée et publique, autonome et planifiée. Citons à titre d'exemples le rehaussement des berges ou les digues sur les rivières, ou le remplacement des plantes fragiles par des espèces résistant à la chaleur.

## **Additionnalité**

Dans le Protocole de Kyoto, les mécanismes de flexibilité mis en place doivent prendre en considération des réductions des émissions de Gaz à Effet de Serre GES, qui n'auraient pas eu lieu sans les projets. Il faut donc démontrer que les projets de Kyoto (Mécanisme pour un Développement Propre - MDP, Mise en Œuvre Conjointe - MOC, Echanges des Droits d'Emissions) entraînent une réduction supplémentaire des émissions. C'est ce qu'on appelle « additionnalité ».

## **Aérosols**

Ensemble de particules solides ou liquides en suspension dans l'air, dont la taille varie généralement de 0,01 à 10  $\mu\text{m}$ . Les aérosols peuvent être d'origine naturelle ou humaine. Ils peuvent influencer sur le climat directement par diffusion ou absorption du rayonnement, ou indirectement en agissant sur la formation de nuages et leur durée de vie.

## **Agenda 21**

Le programme Action 21, rédigé à Rio en 1992, vise à intégrer les préoccupations concernant l'environnement et le développement. C'est un texte non contraignant de recommandations [soft law] qui comporte 40 chapitres, répartis en quatre sections : I. Dimensions sociales et économiques (7 chapitres) ; II. Conservation et gestion des ressources aux fins du développement (14 chapitres) ; III. Renforcement du rôle des principaux groupes (10 chapitres) ; IV. Moyens d'exécution (8 chapitres). Les deux premières sections visent des problématiques spécifiques, les deux dernières les moyens pour y parvenir.

**Air chaud**

Aux termes du Protocole de Kyoto (1997), les objectifs nationaux d'émissions des pays visés à l'Annexe B sont exprimés par rapport aux émissions de 1990. Pour les pays de l'ex-Union Soviétique et de l'Europe de l'Est, ces objectifs ont été supérieurs à leurs émissions actuelles ou prévues pour des raisons indépendantes des mesures visant à atténuer le changement climatique. La Russie et l'Ukraine, en particulier, auront pour la période 2008-2012 des émissions largement inférieures à leurs engagements. La différence entre leurs engagements et leurs émissions est appelée « air chaud ». Elle n'est pas le résultat de mesures d'atténuation.

**Albédo**

Pourcentage du rayonnement solaire (dont le spectre s'étale de 0,2 à 3  $\mu\text{m}$ ) réfléchi par une surface. L'albédo de la Terre varie principalement en fonction de la nébulosité, de l'enneigement, de l'englacement et du couvert végétal. Ainsi, les surfaces enneigées ont un albédo élevé, les surfaces couvertes de végétation et les océans ont un albédo faible.

**Anthropique**

Résultant de l'action de l'homme ou produit par lui.

**Atmosphère**

L'atmosphère terrestre est l'enveloppe gazeuse entourant la Terre solide. L'atmosphère sèche est constituée de 78,11% d'azote, 20,953% d'oxygène ainsi que d'un certain nombre de gaz présents à l'état de trace (l'argon, l'hélium et les GES). Elle contient aussi de la vapeur d'eau et des aérosols. L'atmosphère est divisée en 5 couches ; leurs limites ont été fixées selon les discontinuités dans les variations de la température, en fonction de l'altitude. De bas en haut : la troposphère, la stratosphère, la mésosphère, la thermosphère et l'exosphère.

**Atténuation**

Intervention humaine visant à réduire les sources d'émissions des GES ou à renforcer les puits de ces gaz.

**Biocarburant**

Carburant obtenu à partir de matière organique sèche ou d'huiles combustibles d'origine végétale. L'alcool, la liqueur noire issue de la préparation de la pâte à papier, le bois et l'huile de soja sont des exemples de biocarburants.

**Biomasse**

Masse totale des organismes vivants dans un périmètre ou un volume donné. Les végétaux morts peuvent être inclus en tant que biomasse morte.

**Biosphère**

Partie du système terrestre comprenant tous les écosystèmes et organismes vivants présents dans l'atmosphère, sur terre (biosphère terrestre) ou dans les océans (biosphère marine).

**Calibration**

Comparaison de la valeur mesurée par un instrument à une valeur standard, connue.

**Capacité d'adaptation**

Ensemble de capacités, de ressources et d'institutions d'un pays ou d'une région lui permettant de mettre en œuvre des mesures d'adaptation efficaces.

**Capacité d'atténuation**

Capacité d'un pays à réduire les émissions de GES anthropiques ou d'accroître les puits. Cette capacité s'étend au savoir-faire, aux aptitudes et aux compétences dont dispose un pays, et dépend de la technologie, des institutions, de la richesse, de l'équité, des infrastructures et de l'information.

**Captage et Stockage du Carbone (CSC)**

Processus consistant à séparer le CO<sub>2</sub> des sources industrielles et énergétiques émettrices, le transporter vers un site de stockage et l'isoler de l'atmosphère pendant une longue période de temps.

## **Changements climatiques**

Variations statistiquement significatives de l'état moyen du climat ou de sa variabilité, persistant pendant une période prolongée (plusieurs décennies). Les changements climatiques peuvent être dus à des processus internes naturels, des forçages externes naturels ou encore à des forçages d'origine anthropique.

## **Chlorofluorocarbures (CFC)**

Famille de composés de chlore, de fluor et de carbone d'origine industrielle, n'existant pas à l'état naturel. Employés pour la réfrigération, la climatisation, l'emballage et l'isolation, ils sont aussi utilisés comme solvants et comme propulseurs dans les bombes aérosol. Constitués de molécules stables et n'entrant pas dans le cycle de l'eau, ils échappent à la destruction dans la troposphère, passent la barrière de la tropopause et atteignent la stratosphère. Là, les CFC sont progressivement détruits par les ultraviolets, libérant ainsi leurs atomes de chlore. Il est maintenant parfaitement établi que ces atomes de chlore participent à la destruction des molécules d'ozone dans la stratosphère et sont la principale cause de l'amincissement de la couche d'ozone qui a été observé depuis les années 1980. Le protocole de Montréal (1987) a imposé une réduction drastique de la production de CFC.

## **Climat**

Description statistique de l'état du système Terre à partir de la connaissance des moyennes et des variabilités spatiales et temporelles de grandeurs (telles que les températures, les précipitations, le vent et l'humidité) sur des périodes variant de quelques mois à plusieurs milliers ou millions d'années.

## **Climatologie**

Etude du climat. Contrairement à la météorologie, la climatologie s'intéresse à une représentation moyenne sur un nombre d'années suffisamment important (30 ans d'après l'Organisation Mondiale de la Météorologie) d'un état d'une période actuelle, passée ou future.

## **Coefficient d'émissions**

Le coefficient d'émission est le taux d'émission par unité d'activités, en entrée ou en sortie. Par exemple, une usine utilisant un combustible fossile particulier aura un facteur d'émission de CO<sub>2</sub> de 0,765 kg/kWh.

## **Cogénération**

Utilisation de la chaleur dissipée lors de la production d'électricité - par exemple, la condensation de la chaleur dans des turbines à vapeur ou la chaleur à l'échappement d'une turbine à gaz - à des fins industrielles ou pour le chauffage à distance.

## **Combustibles fossiles**

Combustibles carbonés extraits des dépôts de carbone fossile (tels que le charbon, la tourbe, le pétrole et le gaz naturel).

## **Combustion vive**

Combustion à l'air libre de gaz d'échappement et de liquides volatiles dans une cheminée, dans les puits ou les plates-formes pétrolières, dans des raffineries ou des usines chimiques, ainsi que dans des déchetteries.

## **Composé Organique Volatil (COV)**

Terme désignant les gaz et les vapeurs organiques présents dans l'air. Ces composés seraient en cause dans la formation de l'ozone de la basse troposphère, et certains d'entre eux seraient des polluants atmosphériques toxiques.

## **Conférence Des Parties (CDP)**

Organe suprême de la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC), composé des pays ayant droit de vote, qui ont ratifié la Convention ou y ont adhéré. Depuis 1995 et annuellement, cet organe veille à l'évaluation des résultats acquis dans le cadre de la CCNUCC et à la mise en place des programmes et des protocoles permettant à cette convention d'atteindre son objectif. Aujourd'hui, 13 CDP ont été organisées de part le monde.

### **Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC)**

Accord international adopté le 9 mai 1992 à New York et signé par plus de 150 pays et par la Communauté Européenne lors du Sommet de la Terre, qui s'est tenu à Rio de Janeiro en 1992. Son objectif ultime est de « stabiliser les concentrations en GES dans l'atmosphère à un niveau qui empêche toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique ».

### **Crédit carbone**

Terme générique qui s'impose dans les médias pour qualifier les allocations de gaz à effet de serre à des entités (pays, entreprise, projets) qui peuvent faire l'objet d'échange sur le marché. Unité générique équivalant à 1 tonne de CO<sub>2</sub> évitée ou séquestrée. Le crédit carbone est exprimé en tonne équivalent CO<sub>2</sub> (1 tonne de CO<sub>2</sub> équivaut à 0,2727 tonne de carbone).

### **Cycle du carbone**

Terme utilisé pour décrire l'évolution des principaux flux du carbone entre l'atmosphère, les organismes vivants, les sols et les océans. Ces flux sont drainés à travers différents phénomènes, tels que la photosynthèse, la respiration, la décomposition et les échanges entre l'air et la mer.

### **Désertification**

Dégradation des terres dans les zones arides, semi-arides et subhumides sèches, due à divers facteurs, dont les variations du climat et l'activité humaine.

### **Développement durable**

Développement qui répond aux besoins culturels, sociaux, politiques et économiques de la génération actuelle sans compromettre la capacité des générations futures à satisfaire leurs propres besoins.

### **Dilatation thermique**

Quand la température de l'eau des océans augmente suite au réchauffement planétaire, les océans connaissent une expansion, c'est ce qu'on appelle la dilatation thermique. C'est un phénomène qui contribue, avec d'autres facteurs, à l'élévation du niveau de la mer.

### **Dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>)**

Gaz d'origine naturelle ou résultant de la combustion des combustibles fossiles (tels que le pétrole, le gaz et le charbon) et de la biomasse, ainsi que des changements d'affectation des terres et d'autres procédés industriels. C'est le principal gaz à effet de serre anthropique, qui influe sur le bilan radiatif de la Terre.

### **Échange des droits d'émissions**

Approche qui aide les pays et les acteurs économiques qui ont des engagements de réduction des émissions de gaz à effet de serre à les tenir en utilisant en partie des droits d'émissions d'autres pays ou acteurs économiques. En général, les échanges peuvent s'effectuer au niveau intercompagnies, domestique et international. Le deuxième rapport d'évaluation du GIEC a convenu d'utiliser les termes « permis » pour les échanges domestiques, et « quotas » pour les systèmes d'échanges internationaux.

### **Échanges sur les « marchés primaires » et les « marchés secondaires »**

Dans les échanges commerciaux et financiers, les acheteurs et les vendeurs qui traitent directement entre eux représentent le « marché primaire » ; les transactions passant par des intermédiaires constituent le « marché secondaire ».

### **Économie en transition (EET)**

Pays dont l'économie passe d'un système d'économie planifiée à une économie de marché.

### **Ecosphère**

Désigne l'écosystème planétaire qui englobe l'atmosphère, la lithosphère, l'hydrosphère et la biosphère en tant qu'éléments indissociables.

**Ecosystème**

Association intégrée et stable de ressources vivantes et mortes fonctionnant à l'intérieur des limites d'un milieu physique défini. Ce terme peut s'appliquer à une unité aussi vaste que l'écosphère dans son ensemble. Il s'applique plus souvent à une division plus restreinte.

**Effet de serre**

Les gaz à effet de serre, présents dans l'atmosphère, absorbent efficacement le rayonnement infrarouge thermique émis par la surface de la Terre. Le rayonnement atmosphérique est émis dans toutes les directions, y compris vers la surface de la Terre. Par conséquent, les gaz à effet de serre retiennent la chaleur dans le système surface-troposphère : c'est ce qu'on appelle l'effet de serre.

**El Niño**

Phénomène climatique de nature exceptionnelle, se formant tous les trois à quatre ans, entre janvier et mars, de part et d'autre de l'équateur (Équateur et Pérou principalement) et dans l'océan Pacifique, caractérisé par une élévation anormale des températures océaniques de surface (+1 °C à +4 °C par rapport à la température habituelle) et affectant le climat terrestre de plusieurs régions du monde (pluies torrentielles en Colombie, dans le Nord du Pérou et en Equateur ; tempêtes et sécheresses en Australie et en Indonésie). Ce réchauffement des eaux entraîne la destruction du plancton et donc des poissons.

**Élévation du niveau de la mer**

Augmentation du niveau moyen de l'océan pouvant résulter de différents phénomènes, dont en particulier le réchauffement planétaire. Cette élévation est engendrée par la fonte des glaciers et la dilatation thermique des eaux océaniques réchauffées. Les phénomènes isostatiques peuvent aussi entraîner une telle élévation.

**Émission d'équivalent CO<sub>2</sub> (CO<sub>2</sub>-éq)**

Quantité émise de dioxyde de carbone qui provoquerait le même forçage radiatif, sur une période de temps donnée, qu'un groupe de gaz à effet de serre. L'émission d'équivalent dioxyde de carbone est obtenue en multipliant l'émission d'un gaz à effet de serre par son potentiel de réchauffement global pour la période de temps donnée. Dans le cas d'un mélange de gaz à effet de serre, l'émission d'équivalent dioxyde de carbone est obtenue en additionnant les émissions d'équivalent dioxyde de carbone de chacun des gaz.

**Émissions anthropiques**

Émissions de gaz à effet de serre et aérosols, associés aux activités humaines, telles que la combustion de combustibles fossiles, le déboisement, les changements dans l'affectation des terres, le cheptel, les engrais, qui entraînent une augmentation nette des émissions et donc une modification de la composition atmosphérique terrestre.

**Énergie verte**

Énergie dérivant de la biomasse.

**Energie renouvelable**

Mode de production d'énergie ne consommant pas de matières premières aux ressources limitées. La production d'électricité par l'énergie éolienne (le vent), l'énergie hydraulique (barrages) ou par le soleil sont des énergies renouvelables. Ce sont des énergies moins polluantes.

**Érosion**

Processus d'enlèvement et de transport des sols et des roches sous l'effet des phénomènes atmosphériques, des mouvements en masse et de l'action des cours d'eau, des glaciers, des vagues, du vent et des eaux souterraines.

**Évaporation**

Passage de l'état liquide à l'état gazeux.

**Evapotranspiration**

Processus combiné d'évaporation à la surface de la Terre et de transpiration de la végétation.

### **Fonds pour l'Environnement Mondial (FEM)-Global Environment Facility (GEF)**

Le FEM est un mécanisme financier destiné à promouvoir la coopération internationale et à encourager des initiatives pour la protection de l'environnement mondial. Les subventions et les financements fournis par le Fonds à des conditions concessionnelles viennent compléter les formes traditionnelles d'aide au développement en finançant les coûts supplémentaires (c'est-à-dire le « surcoût approuvé ») lorsqu'un projet de développement national, régional ou mondial vise en même temps à atteindre des objectifs écologiques à l'échelle planétaire.

### **Fonds Français pour l'Environnement Mondial (FFEM)**

Le FFEM a été créé en 1994 pour favoriser la protection de l'environnement mondial dans les pays en développement et en transition. C'est un mécanisme bilatéral français, qui s'ajoute au mécanisme multilatéral que constitue le Fonds pour l'Environnement Mondial (FEM). Il apporte pour cela des ressources sous forme de dons à des projets d'investissement qui ont un impact positif en termes d'environnement global.

### **Forçage radiatif**

Le forçage radiatif est une mesure de l'influence d'un facteur dans la modification de l'équilibre entre l'énergie qui entre dans l'atmosphère terrestre et celle qui en sort, et constitue un indice de l'importance de ce facteur en tant que mécanisme potentiel du changement climatique. Un forçage positif tend à réchauffer la surface et un forçage négatif à la refroidir. Il s'exprime en watt par mètre carré ( $W/m^2$ ).

### **Gaz à effet de serre (GES)**

Constituants gazeux de l'atmosphère, tant naturels qu'anthropiques, qui absorbent et émettent un rayonnement à des longueurs d'onde données du spectre du rayonnement infrarouge thermique émis par la surface de la Terre, l'atmosphère et les nuages. La vapeur d'eau ( $H_2O$ ), le dioxyde de carbone ( $CO_2$ ), l'oxyde nitreux ( $N_2O$ ), le méthane ( $CH_4$ ) et l'ozone ( $O_3$ ) sont les principaux GES présents dans l'atmosphère terrestre.

### **Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC ou IPCC en anglais)**

Le GIEC est un réseau mondial de scientifiques, qui a été créé en 1988 par le Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE) et l'OMM. Il est chargé d'évaluer l'état des connaissances concernant le système climatique et l'évolution du climat et leur incidence sur les systèmes économiques, écologiques et sociaux, et de trouver des solutions adaptées. Ses travaux les plus connus sont ses rapports d'évaluation, qui sont reconnus comme les documents les plus crédibles sur le changement climatique.

### **Groupe des 77 et la Chine (G77/Chine)**

A l'origine, 77 pays en voie de développement, plus de 130 de nos jours, qui participent comme un seul bloc aux délibérations de la CCNUCC. Dans le cadre de la CCNUCC, on y fait également référence sous le nom de pays ne figurant pas à l'Annexe I.

### **Hexafluorure de soufre (SF6)**

Un des six GES réglementé en vertu du Protocole de Kyoto. Principalement utilisé dans l'industrie lourde pour isoler les équipements à haute tension et pour la fabrication des systèmes de refroidissement des câbles et des semi-conducteurs. Il a un potentiel de réchauffement global de 23 900.

### **Hydrofluorocarbures (HFC)**

Parmi les six GES réglementés par le Protocole de Koto (voir CFC).

Intrusion (ou invasion) d'eau marine : Phénomène par lequel de l'eau salée, plus dense, repousse des eaux douces de surface ou souterraines, généralement dans des zones côtières ou des estuaires, soit en raison d'une diminution de l'influence continentale (par exemple du fait d'une réduction de l'écoulement et de l'alimentation de la nappe souterraine ou encore d'un prélèvement excessif d'eau dans les aquifères), soit en raison d'une influence maritime accrue (par exemple du fait de l'élévation relative du niveau de la mer).

### **Lithométéore**

Un lithométéore est un phénomène atmosphérique transportant des matériaux solides, glace exceptée, dans l'atmosphère. Les lithométéores les plus courants sont la poussière, le sel et le sable soulevés par le vent ainsi que les émissions solides des volcans.

### **Mécanisme de Développement Propre (MDP)**

Mécanisme permettant aux pays qui n'ont pas d'objectifs d'émissions fixés par le Protocole de Kyoto à la CCNUCC, mais qui sont signataires de ce protocole, d'élaborer des projets pour réduire les émissions de GES et en contre partie bénéficier de soutiens financiers et technologiques de la part des pays figurant dans l'annexe I.

### **Mécanismes de Kyoto (appelés également Mécanismes de flexibilité)**

Mécanismes économiques basés sur les principes de marché que les pays/Parties au Protocole de Kyoto peuvent utiliser afin de réduire les émissions de GES. Ils comprennent la MOC, le MDP et l'Echange des Droits d'Emissions.

### **Météorologie**

Etude de l'atmosphère (principalement de la troposphère) et de ses phénomènes (propriétés, processus physiques, structure) qui, contrairement à la climatologie, s'effectue sur des échelles de temps généralement courtes, allant de quelques heures à la saison. La météorologie s'intéresse aux variations de paramètres tels que la température, l'humidité ou le vent et a pour but la prévision du temps.

### **Méthane (CH<sub>4</sub>)**

Le méthane est l'un des six GES, dont les émissions doivent être réduites conformément au Protocole de Kyoto. Il est le composant essentiel du gaz naturel et est présent dans tous les carburants hydrocarbonés. On retrouve, en particulier, des émissions de méthane dans les activités d'élevage des animaux et d'agriculture.

### **Mise en Œuvre Conjointe (MOC)**

Mécanisme de mise en œuvre axé sur le marché, défini à l'article 6 du Protocole de Kyoto, qui permet aux pays/Parties visés à l'annexe I ou aux entreprises établies dans ces pays de mettre en œuvre des projets conjoints visant à limiter ou à réduire les émissions de GES ou à renforcer les absorptions par les puits et d'échanger des Unités de Réduction des Emissions (URE).

### **Modèle climatique**

Représentation numérique du système climatique fondée sur les propriétés physiques, chimiques et biologiques de ses composantes et leurs processus d'interaction et de rétroaction. Les modèles climatiques sont des outils de recherche pour l'étude et la simulation du climat, ainsi qu'à des fins opérationnelles, notamment pour les prévisions climatiques mensuelles, saisonnières et interannuelles. Toutes les projections climatiques faites pour les décennies à venir se sont basées sur des modèles climatiques.

### **Norme d'émission**

Niveau d'émission, fixé par la loi ou par accord volontaire, qui ne peut être dépassé.

### **Organisation Non Gouvernementale (ONG)**

Une organisation non gouvernementale est un groupement sans but lucratif composé de bénévoles, organisé sur une base locale, nationale ou internationale dans un but précis, et administré par des gens ayant des intérêts communs

### **Oxyde nitreux (N<sub>2</sub>O)**

Un des six GES, dont la réduction est prévue aux termes du Protocole de Kyoto.

### **Ozone (O<sub>3</sub>)**

L'ozone est un constituant gazeux de l'atmosphère. Dans la basse atmosphère (troposphère), il se forme à la fois naturellement et par suite de réactions photochimiques faisant intervenir des gaz résultant de l'activité humaine (smog). L'ozone agit alors comme un GES. Dans la haute atmosphère (stratosphère), il résulte de l'interaction du rayonnement solaire ultraviolet et de l'oxygène moléculaire (O<sub>2</sub>). L'ozone joue, ici, un rôle décisif dans l'équilibre radiatif. On y trouve la couche d'ozone avec une concentration particulièrement élevée d'ozone.

### **Paléoclimat**

Climat propre à des périodes antérieures à l'invention d'instruments de mesure, y compris pour les temps historiques et géologiques, pour lesquels nous ne disposons que de données climatiques indirectes.

### **Pays/Parties visés à l'Annexe B**

Pays inclus dans l'Annexe B au Protocole de Kyoto, qui se sont fixés une limite pour les émissions de GES, y compris tous les pays/Parties visés à l'Annexe I (telle qu'amendée en 1998), à l'exception de la Turquie et du Belarus.

### **Pays/Parties visés à l'Annexe I**

Groupe de pays inclus dans l'Annexe I de la CCNUCC (telle qu'amendée en 1998), comprenant tous les pays de l'Organisation de Coopération et de Développement Economiques (OCDE) et les pays en transition. Les pays/Parties visés à l'Annexe I s'engagent, selon la convention, à ramener individuellement ou conjointement à leurs niveaux de 1990 les émissions de GES d'ici à 2000. Les autres pays sont appelés par défaut les pays/Parties ne figurant à l'Annexe I.

### **Pays/Parties visés à l'Annexe II**

Groupe de pays inclus dans l'Annexe II de la CCNUCC, comprenant tous les pays de l'OCDE. Ces pays doivent, selon la convention, fournir aux pays en voie de développement une aide financière afin de leur permettre de faire face à leurs obligations, entre autres, à préparer des rapports nationaux. Les pays/Parties visés à l'Annexe II doivent également promouvoir le transfert de technologies aux pays en voie de développement.

### **Pays/Parties ne figurant pas à l'Annexe B**

Pays qui ne sont pas inclus dans l'Annexe B du Protocole de Kyoto.

### **Pays/Parties ne figurant pas à l'Annexe I**

Pays ayant ratifié ou adhéré à la CCNUCC, mais qui ne sont pas inclus dans l'Annexe I.

### **Perfluorocarbures (PFC)**

Figurent parmi les six GES, 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 global situé entre 6500 et 9200.

### **Période glaciaire**

Période qui se caractérise par une baisse à long terme de la température du climat de la Terre, entraînant un accroissement des nappes glaciaires continentales et des glaciers de montagne (glaciation).

### **Période interglaciaire**

Période chaude entre deux glaciations d'une période glaciaire. La période interglaciaire précédente, qui a duré approximativement de 129 000 à 116 000 ans, est appelée dernière période interglaciaire.

### **Petit Age Glaciaire (PAG)**

Période comprise approximativement entre les années 1400 et 1900 de notre ère, pendant laquelle les températures dans l'hémisphère Nord étaient généralement inférieures à celles d'aujourd'hui, plus particulièrement en Europe.

### **Piégeage du carbone**

Stockage du carbone dans des réservoirs terrestres ou marins. Le piégeage biologique participe à l'élimination directe du carbone de l'atmosphère par suite d'un changement de l'utilisation des terres, du boisement-reboisement, du stockage de carbone dans des sites d'enfouissement, ainsi que par des pratiques agricoles favorisant l'augmentation de la teneur en carbone des sols.

### **Plans d'action nationaux**

Plans soumis à la Conférence des Parties par les pays/Parties, dans lesquels sont exposées les mesures adoptées pour limiter leurs émissions de GES anthropiques. La soumission de ces plans est la condition préalable à la participation des pays à la CCNUCC, qui doivent ensuite rendre régulièrement compte à la Conférence des progrès réalisés. Les Plans d'action nationaux font partie des communications nationales, qui comprennent l'inventaire national des sources et puits de GES.

### **Potentiel de Réchauffement Global (PRG)**

Indice fondé sur les propriétés radiatives d'un mélange homogène de GES, qui sert à mesurer le forçage radiatif d'une unité de masse d'un tel mélange dans l'atmosphère actuelle, intégré pour un horizon temporel donné par rapport à celui du dioxyde de carbone (100 ans dans le cadre du Protocole de Kyoto).

### **Précipitations acides (pluies acides)**

Dépôt de substances acides fortes provenant de l'atmosphère sous forme de pluie, de neige, de brouillard ou de particules sèches. L'acide découle de la pollution provoquée principalement par le rejet dans l'atmosphère d'oxydes de soufre et d'oxydes d'azote. Ces gaz proviennent de la combustion du charbon et du pétrole. Dans l'atmosphère, ils sont combinés à la vapeur d'eau pour former des acides.

### **Principe de précaution**

Disposition de l'Article 3 de la CCNUCC, aux termes de laquelle il incombe aux Parties de prendre des mesures de précaution pour prévoir, prévenir ou atténuer les causes du changement climatique et en limiter les effets néfastes. Quand il y a risque de perturbations graves ou irréversibles, l'absence de certitude scientifique absolue ne doit pas servir de prétexte pour différer l'adoption de telles mesures.

### **Prix du carbone**

Somme qui doit être versée (à une autorité publique sous forme de taxe ou de permis d'échange d'émissions) pour l'émission d'une tonne de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère.

### **Projection climatique**

Projection de la réaction du système climatique à des scénarios d'émissions ou de concentration en GES et en aérosols ou à des scénarios de forçage radiatif, basée généralement sur des simulations par des modèles climatiques.

### **Protocole de Kyoto**

Il s'agit d'un protocole défini en 1997 dans le cadre de la CCNUCC. Il intègre un engagement des pays industrialisés à réduire leurs émissions entre 2008-2012 à un niveau inférieur d'au moins 5,2% par rapport à 1990. Il est entré en vigueur en février 2005.

### **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 Pékin (1999). Il régleme la consommation et la production des produits chimiques contenant du chlore et du brome, destructeurs de l'ozone stratosphérique, tels que les CFC, le méthylchloroforme, le tétrachlorure de carbone, et bien d'autres.

### **Puits, source**

Réservoir qui, en moyenne annuelle, absorbe (puits) ou émet (source) le constituant (corps, composé, élément) dont le cycle est étudié. Le cycle se déroule par transferts successifs entre les différents réservoirs. L'échange entre ce réservoir et les autres réservoirs est exprimé par le flux d'échange.

### **Quota d'émissions**

Portion de la totalité des émissions autorisées attribuée à un pays ou à un groupe de pays.

### **Réunion Des Parties (au Protocole de Kyoto) (RDP)**

La RDP correspond à l'organe suprême du Protocole de Kyoto depuis que ce dernier est entré en vigueur, le 16 février 2005. Seuls les Parties au Protocole de Kyoto peuvent participer aux délibérations et prendre des décisions. Ces réunions sont tenues, depuis 2005, annuellement lors des CDP.

### **Résilience**

Capacité d'un système social ou écologique de faire face à des perturbations tout en conservant sa structure de base et ses modes de fonctionnement.

**Ressources non renouvelables**

Ce sont les ressources naturelles qui ne se renouvellent pas naturellement une fois qu'elles ont été utilisées. Elles peuvent être épuisées en totalité ou à un degré tel qu'il sera économiquement impossible de les remplacer. Les combustibles fossiles en sont un exemple.

**Ressources renouvelables**

Ressources naturelles qui peuvent se renouveler naturellement, même après avoir été exploitées (par exemple, les forêts). En théorie, les réserves de ces ressources sont inépuisables, généralement en raison de leur production continue.

**Salinisation**

Accumulation de sels dans les sols.

**Salinité**

Quantité totale des résidus solides (en grammes) contenus dans 1 kg d'eau de mer, quand tous les carbonates ont été transformés en oxydes, le brome et l'iode remplacés par le chlore et que toute la matière organique a été oxydée. L'océan contient en moyenne 35 grammes de sel par kilogramme d'eau de mer. La présence de sels (chlore, sulfate, bicarbonate, brome, fluor, sodium, magnésium, calcium, potassium, strontium) modifie certaines propriétés de l'eau, telles que sa densité, sa compressibilité, son point de congélation, sa température à son maximum de densité.

**Scénario climatique**

Représentation vraisemblable et souvent simplifiée du climat futur, fondée sur un ensemble intrinsèquement cohérent de relations climatologiques et établie expressément pour déterminer les conséquences possibles du changement climatique anthropique pour différents écosystèmes et secteurs socio-économiques.

**Scénario d'émissions**

Représentation plausible de l'évolution future des émissions de substances susceptibles d'avoir des effets radiatifs (telles que les GES et les aérosols), fondée sur un ensemble cohérent et homogène d'hypothèses relatives aux éléments moteurs (évolution démographique et socioéconomique, progrès technologique, etc.) et à leurs interactions principales.

**Scénarios socio-économiques**

Scénarios concernant l'évolution future en ce qui concerne la population, le Produit Intérieur Brut (PIB) et d'autres facteurs socio-économiques permettant de mieux cerner les conséquences du changement climatique.

**Sécheresse**

Le terme « sécheresse » désigne le phénomène naturel qui se produit lorsque les précipitations ont été sensiblement inférieures aux niveaux normalement enregistrés et qui entraîne de graves déséquilibres hydrologiques préjudiciables aux systèmes de production des ressources en terres. Il est questions de sécheresse édaphique pour désigner un effet sur les sols et la végétation qui en dépend, de sécheresse météorologique pour un manque prolongé de précipitations, et de sécheresse hydrologique pour caractériser un abaissement significatif de l'écoulement des cours d'eau, des niveaux des lacs et/ou des nappes souterraines, les amenant à des valeurs inférieures à la normale et/ou à un assèchement anormal du sol.

**Sécurité alimentaire**

Situation dans laquelle les personnes ont un accès assuré à une nourriture saine et nutritive en quantités suffisantes pour leur garantir une croissance normale et une vie saine et active. L'insécurité alimentaire peut résulter d'un manque de nourriture, d'un pouvoir d'achat insuffisant, de problèmes de distribution ou d'une mauvaise utilisation des aliments dans les ménages.

**Situation de départ (ou de référence)**

Situation par rapport à laquelle un éventuel changement est mesuré. Il peut s'agir d'une « situation de départ actuelle », c'est-à-dire de conditions actuelles observables, ou d'une « situation de départ future » correspondant à un ensemble projeté de conditions futures.

## **Sommet de la Terre**

On appelle souvent la Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement de 1992 « Sommet de la Terre » ou « Sommet de Rio ».

## **Stratosphère**

Couche de l'atmosphère comprise entre 10 et 50 km environ au-dessus de la surface de la terre, où l'augmentation de la température est directement proportionnelle à l'altitude.

## **Stress hydrique**

Un pays est soumis à un stress hydrique lorsque la nécessité d'une alimentation en eau douce assurée par prélèvement d'eau est un frein au développement. Dans les évaluations à l'échelle du globe, les bassins soumis à un stress hydrique sont souvent définis comme des bassins où les disponibilités en eau par habitant sont inférieures à 1 000 m<sup>3</sup>/an (sur la base du ruissellement moyen à long terme). Des prélèvements d'eau représentant plus de 20% de l'alimentation en eau renouvelable sont considérés comme un indice de stress hydrique. Les cultures sont soumises à un stress hydrique si l'humidité du sol, donc l'évapotranspiration effective, est inférieure aux besoins potentiels en la matière.

## **Système climatique**

Système extrêmement complexe comprenant cinq grands éléments (l'atmosphère, l'hydrosphère, la cryosphère, les terres émergées et la biosphère) et qui résulte de leurs interactions. Ce système évolue avec le temps sous l'effet de sa propre dynamique interne et en raison de forçages externes tels que les éruptions volcaniques, les variations de l'activité solaire ou les forçages anthropiques (par exemple les variations de la composition de l'atmosphère ou les changements d'affectation des terres).

## **Système mondial d'observation pour le climat (SMOC)**

Le Système mondial d'observation du climat est un système coordonné et intégré de surveillance du climat, qui comprend : l'observation météorologique et atmosphérique (physico-chimie), océanique, terrestre (glaciers et flux de carbone), spatiale. Le Système SMOC traite du système climatique dans son ensemble, notamment : propriétés physiques, chimiques et biologiques, ainsi que processus atmosphériques, océaniques, hydrologiques, cryosphériques et terrestres. Il vise améliorer la compréhension des mécanismes fondamentaux du système climatique, notamment le rôle joué par les perturbations anthropiques, la capacité à anticiper son évolution en vue de consolider les modèles de prévision par des données scientifiques et améliorer la réussite des plans d'adaptation au changement climatique.

## **Troposphère**

Couche de l'atmosphère qui contient environ 95% de l'air de la Terre et qui va de la surface de la Terre jusqu'à 6 à 17 km environ selon la latitude et la saison.

## **Tsunami**

Onde océanique de grande amplitude provoqué par un tremblement de terre ou par une éruption volcanique. Au milieu de l'océan, l'onde peut mesurer 1 m de haut, mais peut dépasser 15 m dès qu'elle s'approche des côtes

## **Unité de Quantité Attribuée (UQA)**

Une UQA équivaut à une tonne d'émissions en équivalent-CO<sub>2</sub> (Teq CO<sub>2</sub>), calculées d'après le PRG.

## **Unité de Réduction Certifiée des Emissions (URCE)**

Correspond à une Teq CO<sub>2</sub> d'émissions réduite ou piégée grâce à un projet MDP.

## **Unité de Réduction des Emissions (URE)**

Correspond à une Teq CO<sub>2</sub> d'émissions réduites ou piégées à la suite d'un projet MOC.

## **Vulnérabilité**

Situation dans laquelle un système est sensible - ou incapable de faire face - aux effets défavorables du changement climatique, y compris la variabilité du climat et les phénomènes extrêmes. La vulnérabilité est fonction de la nature, de l'ampleur et du rythme de la variation du climat à laquelle le système considéré est exposé, de la sensibilité de ce système et de sa capacité d'adaptation.



---

**PARTIE I**  
**BILAN 2007 DES CHANGEMENTS**  
**CLIMATIQUES :**  
**RAPPORT DE SYNTHÈSE**

*Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat*  
*GIEC*

---



# CHANGEMENTS CLIMATIQUES 2007

## RAPPORT DE SYNTHÈSE



Un rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat





# Bilan 2007 des changements climatiques : Rapport de synthèse

*Publié sous la direction de*

---

**L'Équipe de rédaction principale Rajendra K. Pachauri**

Rapport de synthèse  
GIEC

Président du  
GIEC

**Andy Reisinger**

Chef de l'Unité d'appui technique pour le  
Rapport de synthèse, GIEC

## **Équipe de rédaction principale**

Lenny Bernstein, Peter Bosch, Osvaldo Canziani, Zhenlin Chen, Renate Christ, Ogunlade Davidson, William Hare, Saleemul Huq, David Karoly, Vladimir Kattsov, Zbigniew Kundzewicz, Jian Liu, Ulrike Lohmann, Martin Manning, Taroh Matsuno, Bettina Menne, Bert Metz, Monirul Mirza, Neville Nicholls, Leonard Nurse, Rajendra Pachauri, Jean Palutikof, Martin Parry, Dahe Qin, Nijavalli Ravindranath, Andy Reisinger, Jiawen Ren, Keywan Riahi, Cynthia Rosenzweig, Matilde Rusticucci, Stephen Schneider, Youba Sokona, Susan Solomon, Peter Stott, Ronald Stouffer, Taishi Sugiyama, Rob Swart, Dennis Tirpak, Coleen Vogel, Gary Yohe

---

## **Équipe d'appui technique pour le Rapport de synthèse :**

Andy Reisinger, Richard Nottage, Prima Madan

### **Référence du présent rapport**

GIEC, 2007 : *Bilan 2007 des changements climatiques. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [Équipe de rédaction principale, Pachauri, R.K. et Reisinger, A. (publié sous la direction de-)].* GIEC, Genève, Suisse, ..., 103 pages.



Publié par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat



PUBLIÉ PAR LE GROUPE D'EXPERTS INTERGOUVERNEMENTAL SUR L'ÉVOLUTION DU CLIMAT

© Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, 2008

Première parution 2008

ISBN 92-9169-222-0

Le GIEC se réserve le droit de publication en version imprimée ou électronique ou sous toute autre forme et dans n'importe quelle langue. De courts extraits de la présente publication peuvent être reproduits sans autorisation, pour autant que la source complète soit clairement indiquée. La correspondance relative au contenu rédactionnel et les demandes de publication, reproduction ou traduction partielle ou totale de la présente publication (ou des présents articles) doivent être adressées à :

GIEC

c/o Organisation météorologique mondiale (OMM)

7 bis, avenue de la Paix

Tél. : +41 22 730 82 08

Case postale 2300

Fax : +41 22 730 80 25

CH 1211 Genève 2, Suisse

Courriel : IPCC-Sec@wmo.int

Les appellations employées dans la présente publication et la présentation des données qui y figurent n'impliquent, de la part du GIEC, aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones, ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites.

La mention de certaines sociétés ou de certains produits ne signifie pas que le GIEC les cautionne ou les recommande de préférence à d'autres sociétés ou produits de nature similaire dont il n'est pas fait mention ou qui ne font l'objet d'aucune publicité.

Imprimé en Suède



Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat a été colauréat du prix Nobel de la paix 2007

© La Fondation Nobel. Prix Nobel® et l'empreinte de la médaille du prix Nobel® sont des marques déposées de la Fondation Nobel

Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) a été établi en 1988 par l'Organisation météorologique mondiale (OMM) et le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE), qui l'ont chargé d'évaluer les informations scientifiques relatives au changement climatique, de mesurer les conséquences environnementales et socioéconomiques de ce changement et de formuler des stratégies de parade réalistes. Depuis lors, le GIEC a publié plusieurs évaluations de fond qui ont grandement aidé les gouvernements à élaborer et à mettre en place des politiques pertinentes en la matière et qui ont en particulier permis à la Conférence des Parties à la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC), adoptée en 1992, et à son Protocole de Kyoto, adopté en 1997, de disposer des avis éclairés nécessaires.

Depuis sa création, le GIEC a fait paraître une série de rapports d'évaluation (en 1990, 1995, 2001 et le présent rapport en 2007), de rapports spéciaux, de documents techniques et de rapports méthodologiques qui sont devenus des ouvrages de référence pour les décideurs, les scientifiques, les experts et les étudiants. Parmi ses plus récentes publications figurent deux rapports spéciaux parus en 2005, intitulés *Piégeage et stockage du dioxyde de carbone* et *Préservation de la couche d'ozone et du système climatique planétaire*, ainsi que l'édition 2006 des *Lignes directrices pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre*. Un document technique sur les changements climatiques et l'eau est en cours de préparation.

Le présent Rapport de synthèse (RSY) a été adopté à Valence (Espagne) le 17 novembre 2007. Il constitue la dernière partie du quatrième Rapport d'évaluation, dont les trois volumes précédents sont parus successivement cette même année sous le titre *Bilan 2007 des changements climatiques*. On y trouve un résumé des conclusions exposées dans les rapports des trois Groupes de travail, où l'accent est mis sur les aspects qui intéressent particulièrement les décideurs : le rapport confirme que le climat est en train de changer, essentiellement en raison des activités humaines ; décrit les incidences du réchauffement planétaire déjà observables et anticipées ; présente les possibilités d'adaptation de nos sociétés soucieuses de réduire leur vulnérabilité ; et analyse les coûts des politiques et des technologies à mettre en œuvre pour limiter la portée des changements futurs.

Le quatrième Rapport d'évaluation est un ouvrage remarquable qui s'appuie sur les travaux d'une vaste communauté de chercheurs. Plus de 500 auteurs principaux et 2 000 examinateurs spécialistes de ces questions ont participé à la rédaction de ce document, qui a été soumis à l'examen minutieux des représentants d'une centaine de nations. C'est le

fruit de l'enthousiasme, de la mobilisation et de la coopération de spécialistes de nombreuses disciplines différentes quoique apparentées. Nous souhaitons exprimer notre gratitude à toutes ces personnes, aux membres du Bureau du GIEC, au personnel des unités d'appui technique – notamment celui de l'Unité d'appui technique pour le Rapport de synthèse hébergée par The Energy and Resources Institute (TERI) à New Delhi –, à M<sup>me</sup> Renate Christ, Secrétaire du GIEC, et à l'ensemble du personnel du Secrétariat.

Nous sommes reconnaissants aux gouvernements et aux organisations qui contribuent au fonds d'affectation spéciale du GIEC et qui apportent leur appui aux experts sous diverses formes. Le GIEC a toujours associé à ses travaux un large éventail de spécialistes issus de pays en développement et de pays à économie en transition ; le fonds d'affectation spéciale permet d'octroyer l'aide financière nécessaire pour assurer leur présence aux réunions. Nous tenons également à louer l'esprit de coopération dont tous les représentants gouvernementaux ont su faire preuve lors des réunions du GIEC pour parvenir à un consensus fort et riche de sens.

Nous tenons en outre à remercier le Président du GIEC, M. Rajendra K. Pachauri, de coordonner l'ensemble des activités avec un dévouement et une volonté sans faille. C'est d'ailleurs sous sa direction que le prix Nobel de la paix a été décerné au GIEC tout entier en 2007.

Enfin, nous voudrions saisir cette occasion pour rendre hommage à M. Bert Bolin, qui avait ouvert la voie il y a vingt ans en qualité de premier président du GIEC et dont nous avons appris avec une profonde tristesse la disparition le 30 décembre dernier, après une brillante carrière menée dans les domaines de la météorologie et de la climatologie.



Michel Jarraud  
Secrétaire général  
Organisation météorologique mondiale



Achim Steiner  
Directeur exécutif  
Programme des Nations Unies pour l'environnement



Le Rapport de synthèse constitue, avec le Résumé à l'intention des décideurs, la dernière et quatrième partie du quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) intitulé *Bilan 2007 des changements climatiques*. Il rassemble en un tout cohérent, au profit des décideurs et des autres parties intéressées, les toutes dernières informations pertinentes d'ordre scientifique, technique et socioéconomique sur les changements climatiques, afin d'aider les gouvernements et les autres acteurs du secteur public et du secteur privé à formuler et à mettre en place des stratégies efficaces pour parer la menace que font peser ces changements imputables aux activités humaines.

Le présent document fait la synthèse des informations figurant dans les contributions des trois Groupes de travail au quatrième Rapport d'évaluation, à savoir le rapport du Groupe de travail I sur les bases scientifiques physiques, le rapport du Groupe de travail II sur les conséquences, l'adaptation et la vulnérabilité et le rapport du Groupe de travail III sur l'atténuation des changements climatiques. Il s'inspire aussi d'autres publications du GIEC, en particulier des rapports spéciaux parus dernièrement. Le Rapport de synthèse a été rédigé par une équipe spécialement constituée à cette fin, formée des auteurs des rapports des trois Groupes de travail, sous la conduite du président du GIEC. Conformément aux instructions transmises, les auteurs ont rédigé le projet de texte dans un style courant, mais en veillant à rendre parfaitement compte des données scientifiques et techniques.

Le Rapport de synthèse aborde un certain nombre de questions d'importance relevant des six grands thèmes arrêtés par le Groupe d'experts, tout en s'attachant aux aspects qui recouvrent plusieurs domaines. Un Résumé à l'intention des décideurs (RiD) complète le Rapport de synthèse proprement dit. Le plan suivi dans les deux documents est sensiblement le même, si ce n'est que, par souci de concision et de clarté, certaines questions étudiées sous plusieurs points dans la version intégrale sont récapitulées dans une seule section du Résumé à l'intention des décideurs.

**Point 1** – Changements climatiques observés et effets constatés sur les systèmes naturels et les sociétés humaines, selon les informations provenant des Groupes de travail I et II.

**Point 2** – Causes naturelles et anthropiques de l'évolution du climat. On analyse les liens entre les émissions et la concentration des gaz à effet de serre, le forçage radiatif et les changements climatiques qui en résultent. On détermine également dans quelle mesure les changements climatiques observés et leurs effets sur les systèmes physiques et biologiques sont attribuables à des causes naturelles ou aux activités humaines. Les informations sont tirées des contributions des trois Groupes de travail au quatrième Rapport d'évaluation.

**Point 3** – Changements climatiques anticipés et incidences attendues, selon les rapports établis par les trois Groupes de travail. Cette partie contient des informations actualisées sur les scénarios d'émissions et les changements climatiques qui devraient intervenir au XXI<sup>e</sup> siècle et au-delà et sur les conséquences anticipées pour différents systèmes, secteurs et régions. Une attention particulière est accordée au développement et au bien-être des populations humaines.

**Point 4** – Possibilités et mesures d'adaptation et d'atténuation, telles qu'elles sont recensées dans les rapports des Groupes de travail II et III. Dans cette partie, on analyse aussi les corrélations des changements climatiques et des mesures prises pour y faire face avec le développement durable. L'accent est mis sur les mesures qui pourraient être mises en place d'ici 2030. On traite des technologies, des politiques, des décisions et des moyens à envisager, des obstacles à la mise en œuvre, des synergies à créer et des équilibres à trouver.

**Point 5** – Perspectives à long terme et aspects scientifiques, techniques et socioéconomiques de l'adaptation et de l'atténuation, conformément aux objectifs et aux dispositions de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC). Le processus décisionnel est analysé du point de vue de la gestion des risques, sans négliger les aspects plus vastes relatifs à l'environnement et à l'intégration. Il est question des taux d'émission à atteindre pour stabiliser la concentration des gaz à effet de serre à divers niveaux et limiter la hausse des températures, des coûts associés aux mesures d'atténuation, des technologies à mettre au point et à utiliser et des incidences qu'il serait possible d'éviter. On examine en détail cinq grands motifs de préoccupation qui, compte tenu des connaissances acquises depuis le troisième Rapport d'évaluation, se seraient aggravés.

**Point 6** – Conclusions robustes et incertitudes clés.

Si le Rapport de synthèse se suffit pour une bonne part à lui-même, il convient toutefois de le lire en sachant qu'il fait suite à d'autres volumes qu'il est recommandé de consulter pour une analyse plus poussée. À cet égard, chacun des rapports des trois Groupes de travail se compose d'une évaluation scientifique et technique détaillée, d'un résumé technique et d'un résumé à l'intention des décideurs qui a été approuvé ligne par ligne.

La version intégrale du Rapport de synthèse précise très souvent la source des informations présentées, qu'il s'agisse des contributions des Groupes de travail au quatrième Rapport d'évaluation ou d'autres rapports du GIEC. Pour faciliter la lecture, les mentions qui apparaissent dans le Résumé à l'intention des décideurs renvoient uniquement aux sections correspondantes de la version intégrale du Rapport de synthèse. Le CD-ROM ci-inclus contient le texte *in extenso* des rapports des trois Groupes de travail en anglais ainsi que les Résumés

à l'intention des décideurs, les Résumés techniques et le Rapport de synthèse dans toutes les langues officielles des Nations Unies. Dans la version électronique, les renvois se présentent sous la forme d'hyperliens qui permettront au lecteur d'accéder facilement à de plus amples informations de nature scientifique, technique et socioéconomique. Un guide de l'utilisateur, un glossaire, une liste d'acronymes ainsi que diverses listes des auteurs, des éditeurs-réviseurs et des examinateurs figurent en annexe du présent rapport.

Le Rapport de synthèse a été établi conformément aux procédures de préparation, d'examen, d'acceptation, d'adoption, d'approbation et de publication des rapports du GIEC. Il a été adopté et approuvé par le Groupe d'experts à sa vingt-septième session (Valence, Espagne, 12-17 novembre 2007).

Nous saisissons l'occasion pour remercier :

- l'Équipe de rédaction principale qui a établi la version préliminaire du présent rapport et a apporté un soin méticuleux aux détails pour en arrêter la version définitive ;
- les éditeurs-réviseurs qui ont veillé à ce que toutes les observations formulées soient prises en considération et à ce que le texte rende fidèlement compte des rapports dont il s'inspire ;
- les équipes d'auteurs coordonnateurs principaux et d'auteurs principaux relevant des Groupes de travail, qui ont apporté leur aide à l'équipe de rédaction ;
- le responsable et le personnel de l'Unité d'appui technique pour le Rapport de synthèse, en particulier M. Andy Reisinger, ainsi que les Unités d'appui technique des trois Groupes de travail, qui ont procuré un soutien logistique et rédactionnel ;
- le personnel du Secrétariat du GIEC, qui s'est acquitté de

tâches innombrables pour assurer l'élaboration, la diffusion et la publication du rapport ;

- l'OMM et le PNUE pour l'appui qu'ils ont accordé au Secrétariat du GIEC et pour leurs contributions financières au fonds d'affectation spéciale du GIEC ;
- l'ensemble des pays membres et la CCNUCC pour leurs contributions au fonds d'affectation spéciale du GIEC ;
- l'ensemble des pays membres et des organisations participantes pour leurs inestimables contributions en nature, et notamment pour l'appui accordé aux experts participant aux travaux du GIEC et pour l'accueil des réunions et sessions du Groupe d'experts.



M. R.K. Pachauri  
Président du GIEC



M<sup>me</sup> Renate Christ  
Secrétaire du GIEC

# Bilan 2007 des changements climatiques : Rapport de synthèse

---

## Table des matières

---

<b>Avant-propos</b>	<b>iii</b>
<b>Préface</b>	<b>v</b>
<b>Résumé à l'intention des décideurs</b>	<b>1</b>
<b>Rapport de synthèse</b>	<b>23</b>
Introduction	25
Point 1	29
Point 2	35
Point 3	43
Point 4	55
Point 5	63
Point 6	71
<b>Annexes</b>	
I. Guide de l'utilisateur et accès à des informations plus détaillées	75
II. Glossaire	76
III. Acronymes et symboles chimiques ; unités de mesure ; groupements de pays	90
IV. Liste des auteurs	92
V. Liste des examinateurs et des éditeurs-réviseurs	94
VI. Index	100
VII. Publications du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat	102



### Sources citées dans le présent Rapport de synthèse

Les références figurant dans le présent rapport sont placées entre accolades { } à la fin de chaque paragraphe.

Dans le **Résumé à l'intention des décideurs**, les références renvoient aux sections, figures, tableaux et encadrés figurant dans l'introduction et les différents points du Rapport de synthèse.

Dans **l'introduction et les six points** du Rapport de synthèse, les références renvoient aux contributions des Groupes de travail I, II et III (GT I, GT II et GT III) au quatrième Rapport d'évaluation et aux autres rapports du GIEC sur lesquels le Rapport de synthèse est fondé ou encore aux autres sections du Rapport de synthèse (RSY).

Les abréviations ci-après ont été utilisées :

RiD : Résumé à l'intention des décideurs

RT : Résumé technique

RE : Résumé exécutif d'un chapitre

Les chiffres désignent les chapitres et les sections d'un rapport.

Par exemple, {GT I RT.3 ; GT II 4.RE, figure 4.3 ; GT III tableau 11.3} fait référence à la section 3 du Résumé technique du rapport du Groupe de travail I, au Résumé exécutif et à la figure 4.3 du chapitre 4 du rapport du Groupe de travail II et au tableau 11.3 du chapitre 11 du rapport du Groupe de travail III.

Autres rapports cités dans le présent Rapport de synthèse :

TRE : Troisième Rapport d'évaluation

SROC : *Special Report on Safeguarding the Ozone Layer and the Global Climate System* (Rapport spécial sur la préservation de la couche d'ozone et du système climatique planétaire)



# Bilan 2007 des changements climatiques : Rapport de synthèse

---

## Résumé à l'intention des décideurs

### **Une évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat**

*Le présent résumé, dont le contenu détaillé a été approuvé lors de la XXVII<sup>e</sup> session plénière du GIEC (Valence, Espagne, 12-17 novembre 2007), constitue la déclaration officielle du GIEC sur les principales conclusions et incertitudes exposées dans les contributions des Groupes de travail au quatrième Rapport d'évaluation.*

---

Basé sur un projet de texte rédigé par :

Lenny Bernstein, Peter Bosch, Osvaldo Canziani, Zhenlin Chen, Renate Christ, Ogunlade Davidson, William Hare, Saleemul Huq, David Karoly, Vladimir Kattsov, Zbigniew Kundzewicz, Jian Liu, Ulrike Lohmann, Martin Manning, Taroh Matsuno, Bettina Menne, Bert Metz, Monirul Mirza, Neville Nicholls, Leonard Nurse, Rajendra Pachauri, Jean Palutikof, Martin Parry, Dahe Qin, Nijavalli Ravindranath, Andy Reisinger, Jiawen Ren, Keywan Riahi, Cynthia Rosenzweig, Matilde Rusticucci, Stephen Schneider, Youba Sokona, Susan Solomon, Peter Stott, Ronald Stouffer, Taishi Sugiyama, Rob Swart, Dennis Tirpak, Coleen Vogel, Gary Yohe

## Introduction

Le Rapport de synthèse constitue la dernière partie du quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). Il présente un bilan des changements climatiques fondé sur les conclusions des trois Groupes de travail du GIEC.

Les points exposés dans le présent Résumé à l'intention des décideurs sont analysés de manière approfondie dans la version intégrale du Rapport de synthèse et dans les rapports sous-jacents établis par chacun des trois Groupes de travail.

### 1. Les changements climatiques observés et les effets constatés

**Le réchauffement du système climatique est sans équivoque. On note déjà, à l'échelle du globe, une hausse des températures moyennes de l'atmosphère et de l'océan, une fonte massive de la neige et de la glace et une élévation du niveau moyen de la mer (figure RiD.1).** {1.1}

Onze des douze dernières années (1995–2006) figurent parmi les douze années les plus chaudes depuis 1850, date à laquelle ont débuté les relevés instrumentaux de la température à la surface du globe. Alors que, dans le troisième Rapport d'évaluation (TRE), on estimait à 0,6 [0,4-0,8] °C la tendance linéaire au réchauffement entre 1901 et 2000, la valeur établie pour 1906–2005 atteint 0,74 [0,56-0,92] °C<sup>1</sup> (figure RiD. 1). Les températures ont augmenté presque partout dans le monde, quoique de manière plus sensible aux latitudes élevées de l'hémisphère Nord. Par ailleurs, les terres émergées se sont réchauffées plus rapidement que les océans (figures RiD.2, RiD.4). {1.1, 1.2}

L'élévation du niveau de la mer concorde avec le réchauffement (figure RiD.1). Sur l'ensemble de la planète, le niveau moyen de la mer s'est élevé de 1,8 [1,3-2,3] mm/an depuis 1961 et de 3,1 [2,4-3,8] mm/an depuis 1993, sous l'effet de la dilatation thermique et de la fonte des glaciers, des calottes glaciaires et des nappes glaciaires polaires. On ne peut dire à l'heure actuelle si l'accélération du rythme qui a été constatée entre 1993 et 2003 traduit une variation décennale ou un renforcement de la tendance à long terme. {1.1}

La diminution observée de l'étendue des zones couvertes de neige et de glace concorde elle aussi avec le réchauffement (figure RiD.1). Les données-satellite dont on dispose depuis 1978 montrent que l'étendue annuelle moyenne des glaces a diminué de 2,7 [2,1-3,3] % par décennie dans l'océan Arctique, avec un recul plus marqué en été (7,4 [5,0-9,8] %). Les glaciers et la couverture neigeuse occupent une moins grande superficie dans les deux hémisphères. {1.1}

Entre 1900 et 2005, les précipitations ont fortement augmenté dans l'est de l'Amérique du Nord et du Sud, dans le nord de l'Europe et dans le nord et le centre de l'Asie, tandis qu'elles diminuaient au Sahel, en Méditerranée, en Afrique australe et dans une partie de l'Asie du Sud. Il est *probable*<sup>2</sup> que la sécheresse a progressé à l'échelle du globe depuis les années 1970. {1.1}

Il est *très probable* que les journées froides, les nuits froides et le gel ont été moins fréquents sur la plus grande partie des terres émergées depuis cinquante ans et que le nombre de journées chaudes et de nuits chaudes a au contraire augmenté. De plus, la fréquence des phénomènes ci-après s'est *probablement* accrue : vagues de chaleur sur la majeure partie des terres émergées, fortes précipitations dans la plupart des régions et, depuis 1975, élévations extrêmes du niveau de la mer<sup>3</sup> dans le monde entier. {1.1}

Les observations révèlent une augmentation de l'activité cyclonique intense dans l'Atlantique Nord depuis 1970 environ, cette évolution étant moins nette ailleurs. Aucune tendance claire ne se dégage quant au nombre de cyclones tropicaux qui se forment chaque année, et il est difficile de retracer avec certitude une évolution à long terme, surtout avant 1970. {1.1}

Il est *très probable* que les températures moyennes dans l'hémisphère Nord ont été plus élevées pendant la seconde moitié du XX<sup>e</sup> siècle que durant n'importe quelle autre période de cinquante ans au cours des cinq derniers siècles, et il est *probable* qu'elles ont été les plus élevées depuis 1 300 ans au moins. {1.1}

**Les observations<sup>4</sup> effectuées sur tous les continents et dans la plupart des océans montrent qu'une multitude de systèmes naturels sont touchés par les changements climatiques régionaux, en particulier par la hausse des températures.** {1.2}

On peut affirmer avec un *degré de confiance élevé* que les changements intervenus dans le manteau neigeux, les glaces et le gélisol se sont traduits par une multiplication et une extension des lacs glaciaires, une instabilité accrue des sols dans les régions montagneuses et d'autres zones à pergélisol et des modifications de certains écosystèmes en Arctique et en Antarctique. {1.2}

De même, certains systèmes hydrologiques ont été perturbés par l'intensification du ruissellement et la précocité des crues de printemps dans de nombreux cours d'eau alimentés par la fonte des glaciers et de la neige ainsi que par la modification de la structure thermique et de la qualité de l'eau due au réchauffement des lacs et des rivières (*degré de confiance élevé*). {1.2}

Dans les écosystèmes terrestres, le caractère hâtif des phénomènes printaniers et la migration d'espèces animales et végétales vers les pôles et vers les hauteurs sont associés au réchauffement récent avec un *degré de confiance très élevé*. Dans certains écosystèmes marins et d'eau douce, le déplacement des aires de répartition et les variations du degré d'abondance des algues, du plancton et

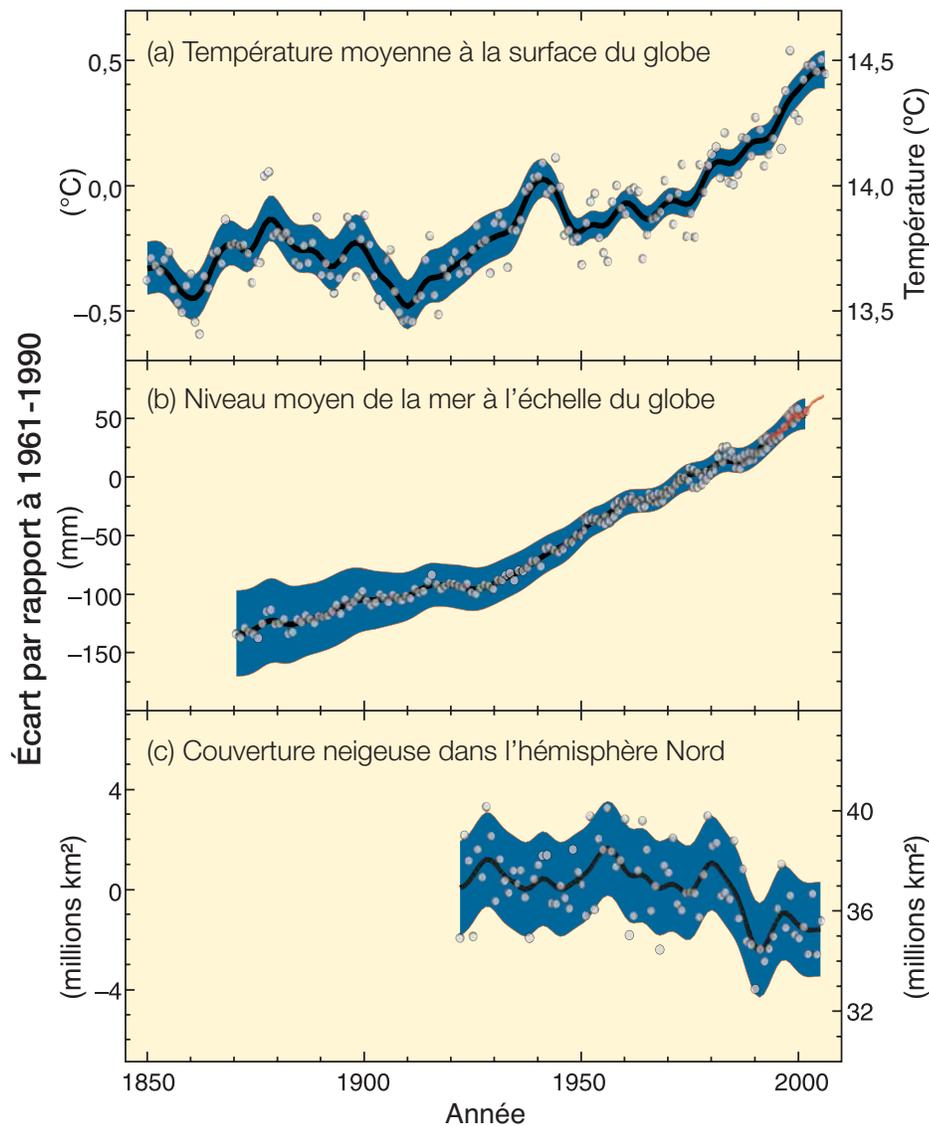
<sup>1</sup> Les chiffres placés entre crochets correspondent à un intervalle d'incertitude à 90 % de part et d'autre de la valeur la plus probable, c'est-à-dire qu'il y a une probabilité estimée de 5 % que la valeur recherchée soit au-delà de cet intervalle et une probabilité de 5 % qu'elle soit en-deça. Les intervalles d'incertitude ne sont pas toujours répartis de façon symétrique de part et d'autre de la valeur la plus probable.

<sup>2</sup> Les mots en italique expriment le degré de confiance ou d'incertitude au moyen d'une terminologie type décrite dans l'introduction du Rapport de synthèse (voir l'encadré intitulé « Traitement de l'incertitude »).

<sup>3</sup> À l'exclusion des tsunamis, qui sont des phénomènes indépendants des changements climatiques. L'élévation extrême du niveau de la mer dépend du niveau moyen de la mer et des systèmes météorologiques régionaux. Elle correspond à la tranche supérieure (1 %) des valeurs horaires relevées dans une station pendant une période de référence donnée.

<sup>4</sup> Jeux de données débutant en 1970 essentiellement.

### Variations de la température et du niveau de la mer à l'échelle du globe et de la couverture neigeuse dans l'hémisphère Nord



**Figure RiD.1.** Variations observées a) de la température moyenne à la surface du globe, b) du niveau moyen de la mer à l'échelle du globe, selon les données recueillies par les marégraphes (en bleu) et les satellites (en rouge), et c) de la couverture neigeuse dans l'hémisphère Nord en mars-avril. Tous les écarts sont calculés par rapport aux moyennes pour la période 1961-1990. Les courbes lissées représentent les moyennes décennales, et les cercles correspondent aux valeurs annuelles. Les zones ombrées représentent les intervalles d'incertitude qui ont été estimés à partir d'une analyse poussée des incertitudes connues (a et b) et à partir des séries chronologiques (c). {Figure 1.1}

des poissons sont liés à la hausse de la température de l'eau ainsi qu'aux modifications connexes de la couche de glace, de la salinité, de la teneur en oxygène et de la circulation de l'eau (*degré de confiance élevé*). {1.2}

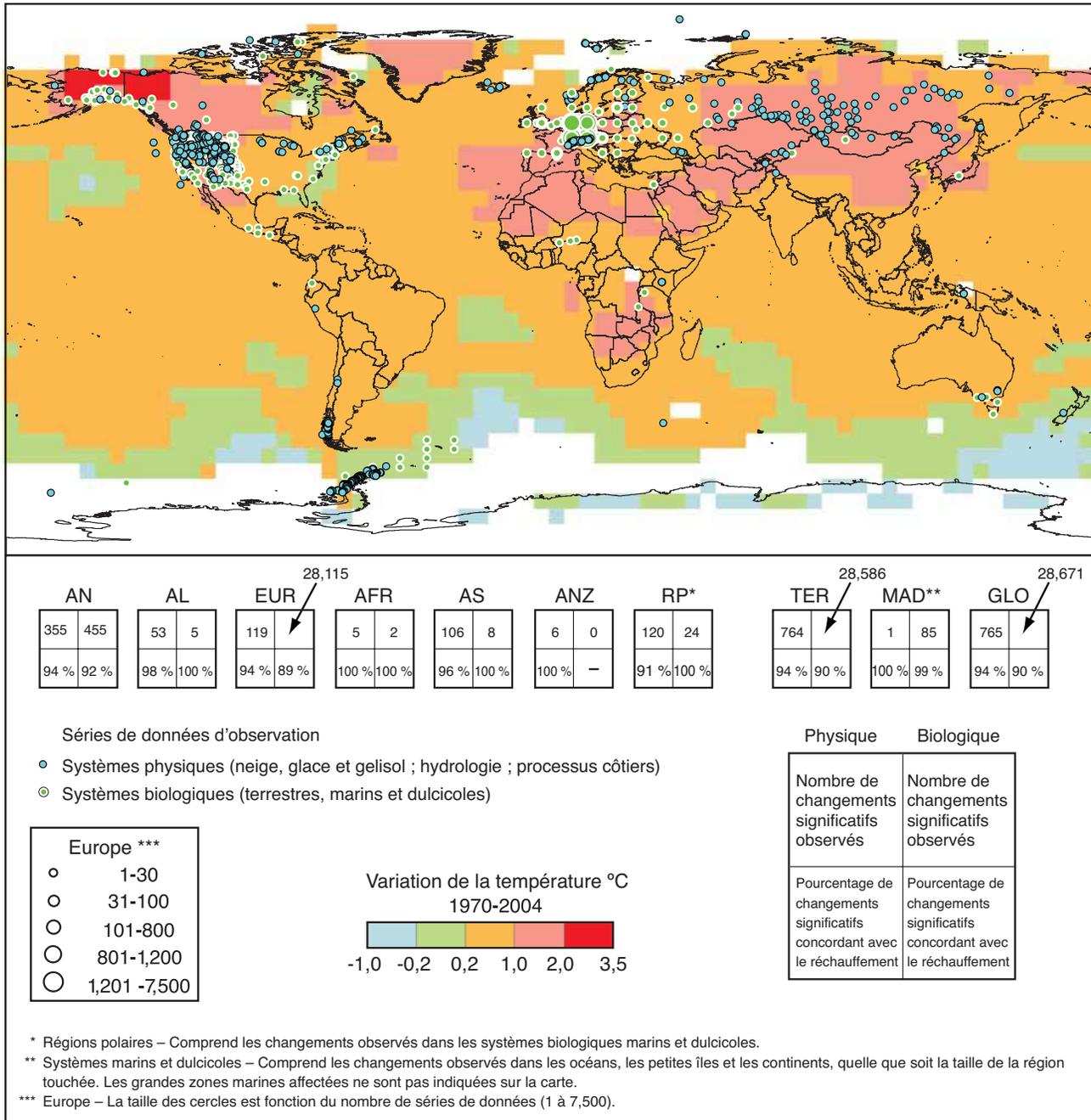
Plus de 29 000 séries de données d'observation tirées de 75 études révèlent qu'un grand nombre de systèmes physiques et biologiques souffrent de profondes perturbations. Les tendances relevées dans plus de 89 % de ces séries de données vont dans le sens attendu en réaction à un réchauffement du climat (figure RiD.2). Il faut savoir toutefois que le volume de données et de textes publiés sur les changements observés est très inégal d'une région à l'autre et est particulièrement peu abondant dans les pays en développement. {1.2, 1.3}

**Les changements climatiques régionaux commencent à avoir d'autres effets sur le milieu naturel et l'environnement humain (*degré de confiance moyen*), bien que nombre de ces effets soient difficiles à cerner en raison de l'adaptation et des facteurs non climatiques.** {1.2}

Il s'agit notamment des effets de l'élévation des températures sur : {1.2}

- les pratiques agricoles et sylvicoles aux latitudes élevées de l'hémisphère Nord (plantation plus précoce au printemps, par exemple) et les régimes de perturbation des forêts (incendies, parasites, etc.) ;
- plusieurs aspects de la santé, dont la mortalité associée à la chaleur en Europe, les vecteurs de maladies infectieuses dans

**Modifications des systèmes physiques et biologiques et variations de la température en surface pendant la période 1970-2004**



**Figure RiD.2.** Emplacement des changements significatifs relevés dans les séries de données sur les systèmes physiques (neige, glace et sol gelé ; hydrologie ; processus côtiers) et les systèmes biologiques (terrestres, marins et dulcicoles) et variations de la température de l'air en surface pendant la période 1970-2004. Quelque 29 000 séries de données ont été retenues sur les 80 000 publiées dans 577 études, sur la base des critères suivants : 1) se terminer en 1990 ou plus tard ; 2) s'étendre sur une période d'au moins 20 ans ; 3) présenter un changement significatif, dans un sens ou dans l'autre, ayant fait l'objet d'une évaluation dans certaines études. Les séries retenues proviennent de quelque 75 études, dont 70 environ ont été réalisées après la parution du TRE. Sur ces 29 000 séries de données, 28 000 environ sont tirées d'études européennes. Les zones laissées en blanc sont des zones où les données d'observation sont insuffisantes pour qu'il soit possible d'y définir une tendance de la température. Les cases 2 x 2 indiquent le nombre total de séries de données présentant des changements significatifs (rangée supérieure) et la proportion de celles qui concordent avec le réchauffement (rangée inférieure) pour i) les régions continentales : Amérique du Nord (NAM), Amérique latine (LA), Europe (EUR), Afrique (AFR), Asie (AS), Australie et Nouvelle-Zélande (ANZ), régions polaires (PR) ; ii) la planète entière : terres émergées (TER), zones marines et dulcicoles (MFW), globe dans son ensemble (GLO). La somme des différents nombres d'études figurant dans les sept cases des régions continentales (NAM, LA, EUR, AFR, AS, ANZ, PR) ne correspond pas au total de la case du globe dans son ensemble (GLO), parce que ces nombres (à l'exception de celui qui concerne les régions polaires) n'incluent pas les études sur les systèmes marins et dulcicoles (MFW). Les grandes zones marines affectées n'apparaissent pas sur la carte. {Figure 1.2}

diverses régions et les allergies aux pollens aux latitudes moyennes et élevées de l'hémisphère Nord ;

- certaines activités conduites dans l'Arctique (chasse et déplacement sur la neige et la glace, par exemple) et dans les régions alpines de faible altitude (sports d'hiver, notamment).

## 2. Les causes de l'évolution du climat

Les variations de la concentration de gaz à effet de serre (GES) et d'aérosols dans l'atmosphère, de la couverture végétale et du rayonnement solaire modifient le bilan énergétique du système climatique. {2.2}

**Les émissions mondiales de GES imputables aux activités humaines ont augmenté depuis l'époque préindustrielle ; la hausse a été de 70 % entre 1970 et 2004 (figure RiD.3).<sup>5</sup> {2.1}**

Les rejets annuels de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) – le plus important gaz à effet de serre anthropique – ont progressé de 80 % environ entre 1970 et 2004. À compter de l'an 2000, on a observé une inversion de la tendance au fléchissement des émissions de CO<sub>2</sub> par unité d'énergie produite qui se dessinait à long terme. {2.1}

**Depuis 1750, sous l'effet des activités humaines, les concentrations atmosphériques de CO<sub>2</sub>, de méthane (CH<sub>4</sub>)**

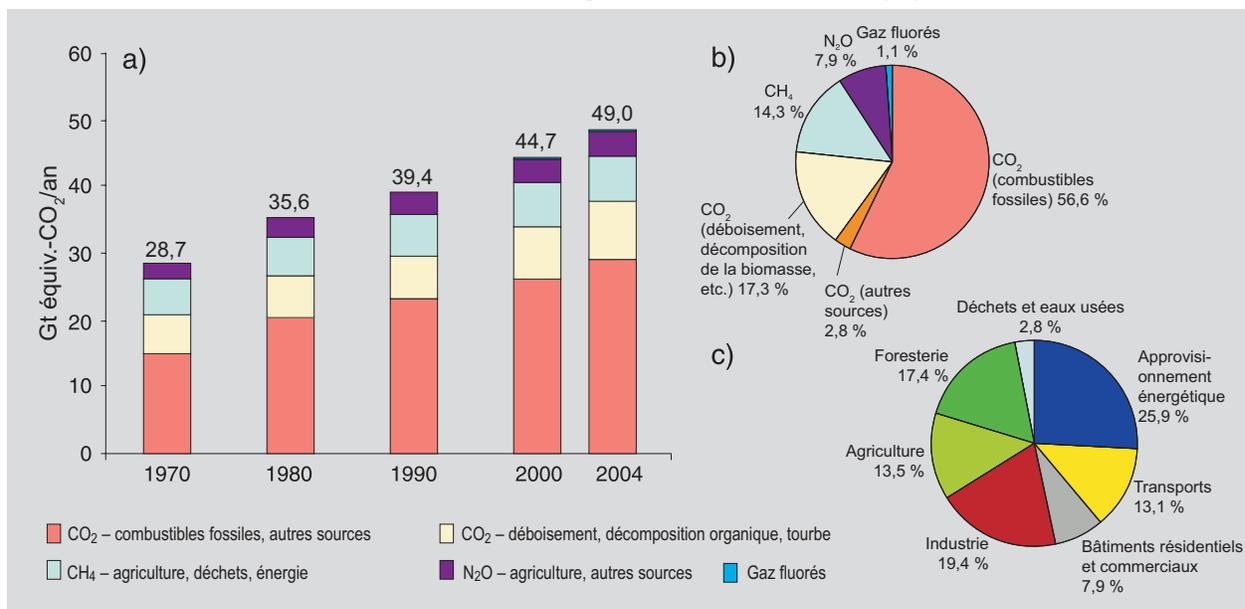
**et d'oxyde nitreux (N<sub>2</sub>O) se sont fortement accrues ; elles sont aujourd'hui bien supérieures aux valeurs historiques déterminées par l'analyse de carottes de glace portant sur de nombreux millénaires. {2.2}**

En 2005, les concentrations atmosphériques de CO<sub>2</sub> (379 ppm) et de CH<sub>4</sub> (1 774 ppb) ont largement excédé l'intervalle de variation naturelle des 650 000 dernières années. La cause première de la hausse de la concentration de CO<sub>2</sub> est l'utilisation de combustibles fossiles ; le changement d'affectation des terres y contribue aussi, mais dans une moindre mesure. Il est *très probable* que l'augmentation observée de la concentration de CH<sub>4</sub> provient surtout de l'agriculture et de l'utilisation de combustibles fossiles ; cette progression s'est toutefois ralentie depuis le début des années 1990, ce qui concorde avec le fait que les émissions totales (anthropiques et d'origine naturelle) ont été quasi constantes durant cette période. Quant à la hausse de la concentration de N<sub>2</sub>O, elle est essentiellement due à l'agriculture. {2.2}

On peut avancer avec un *degré de confiance très élevé* que les activités humaines menées depuis 1750 ont eu pour effet net de réchauffer le climat.<sup>6</sup> {2.2}

**L'essentiel de l'élévation de la température moyenne du globe observée depuis le milieu du XX<sup>e</sup> siècle est très probablement attribuable à la hausse des concentrations de GES anthropiques<sup>7</sup>. Il est probable que tous les continents,**

### Émissions mondiales de gaz à effet de serre anthropiques



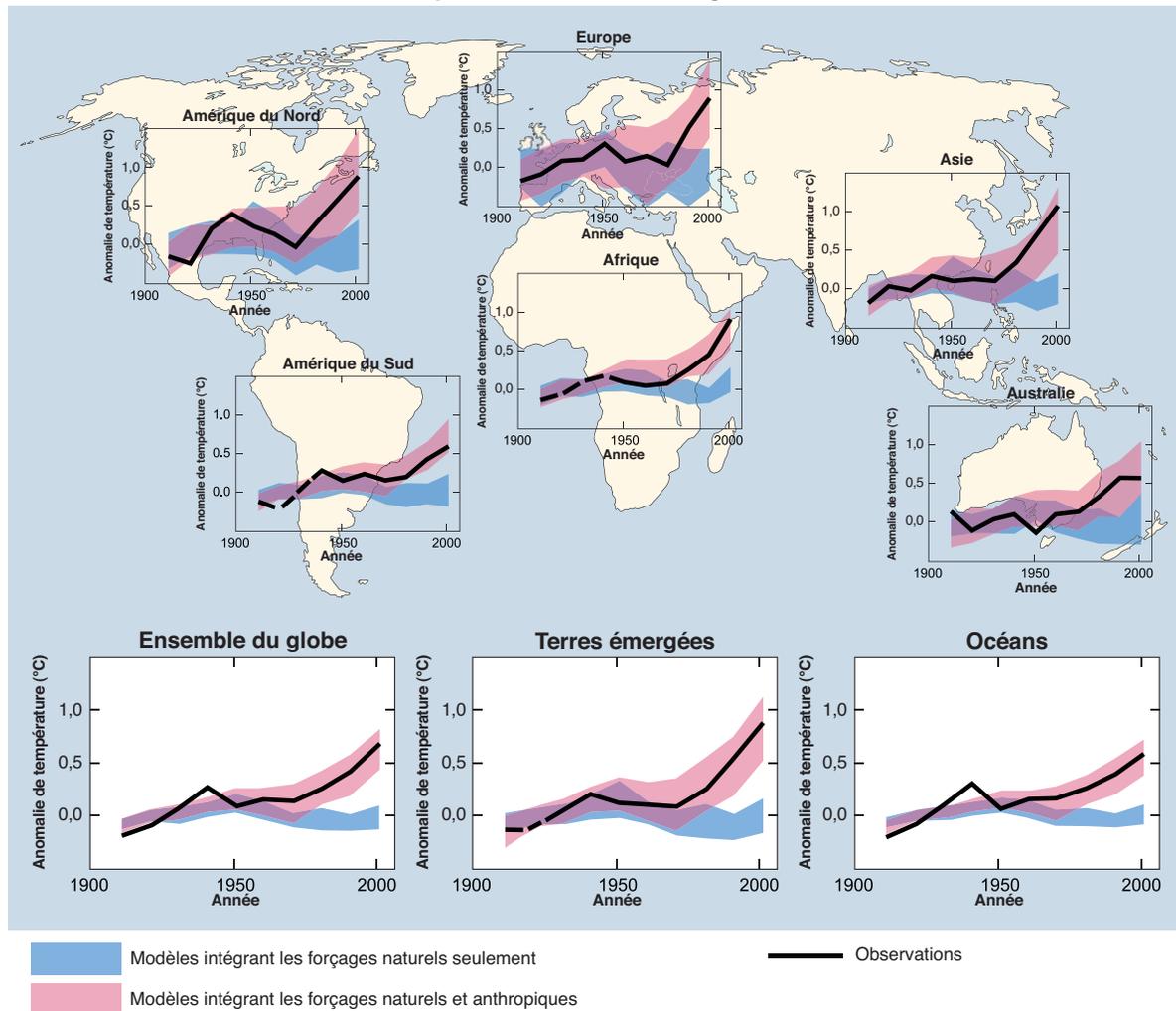
**Figure RiD.3.** a) Émissions annuelles de GES anthropiques dans le monde, 1970–2004<sup>5</sup>. b) Parts respectives des différents GES anthropiques dans les émissions totales de 2004, en équivalent-CO<sub>2</sub>. c) Contribution des différents secteurs aux émissions totales de GES anthropiques en 2004, en équivalent-CO<sub>2</sub>. (La foresterie inclut le déboisement). {Figure 2.1}

<sup>5</sup> Comprend uniquement les émissions de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), de méthane (CH<sub>4</sub>), d'oxyde nitreux (N<sub>2</sub>O), d'hydrofluorocarbones (HFC), d'hydrocarbures perfluorés (PFC) et d'hexafluorure de soufre (SF<sub>6</sub>) prises en compte par la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC). Une pondération est appliquée à ces GES en fonction de leur potentiel de réchauffement mondial sur 100 ans, selon les données utilisées dans le cadre de la CCNUCC.

<sup>6</sup> L'augmentation de la concentration des GES tend à réchauffer la surface, tandis que l'effet net de la hausse de concentration des aérosols tend à la refroidir. Les activités humaines menées depuis l'époque préindustrielle se sont soldées par un réchauffement de la planète (+ 1,6 [+ 0,6 à + 2,4] W/m<sup>2</sup>). À titre de comparaison, on estime que la variation de l'éclairement énergétique du Soleil a eu un effet de réchauffement de (+ 0,12 [+ 0,06 à + 0,30] W/m<sup>2</sup>) seulement.

<sup>7</sup> Le degré d'incertitude restant est évalué selon les méthodes actuelles.

Variation des températures à l'échelle du globe et des continents



**Figure RiD.4.** Comparaison des variations de la température en surface observées à l'échelle du globe et des continents avec les résultats simulés par des modèles climatiques intégrant les forçages naturels seulement ou les forçages naturels et anthropiques. Les moyennes décennales des observations effectuées de 1906 à 2005 (ligne en noir) sont reportées au milieu de chaque décennie en comparaison de la moyenne correspondante pour la période 1901-1950. Les lignes en pointillé signalent une couverture spatiale inférieure à 50 %. Les bandes ombrées en bleu indiquent la fourchette comprise entre 5 et 95 % de 19 simulations issues de 5 modèles climatiques qui ne considèrent que les forçages naturels produits par l'activité solaire et volcanique. Les bandes ombrées en rouge représentent la fourchette comprise entre 5 et 95 % de 58 simulations obtenues avec 14 modèles climatiques tenant compte des forçages naturels et anthropiques. {Figure 2.5}

à l'exception de l'Antarctique, ont généralement subi un réchauffement anthropique marqué depuis cinquante ans (figure RiD.4). {2.4}

À lui seul, le forçage total produit par l'activité volcanique et les fluctuations du rayonnement solaire depuis cinquante ans aurait *probablement* dû refroidir le climat. Seuls les modèles qui tiennent compte des forçages anthropiques parviennent à simuler les configurations du réchauffement observées et leurs variations. Il reste difficile de simuler et d'imputer l'évolution des températures aux échelles sous-continentales. {2.4}

Grâce aux progrès accomplis depuis le troisième Rapport d'évaluation, il est possible de déceler l'incidence des activités humaines sur différents aspects du climat, outre la température moyenne. {2.4}

Les activités humaines ont : {2.4}

- *très probablement* contribué à l'élévation du niveau de la mer au cours de la deuxième moitié du XX<sup>e</sup> siècle ;
- *probablement* concouru au changement de la configuration des vents, qui a modifié la trajectoire des tempêtes extratropicales et le régime des températures ;
- *probablement* entraîné une élévation de la température des nuits extrêmement chaudes et froides et des journées extrêmement froides ;
- *sans doute* accru les risques de vagues de chaleur, la progression de la sécheresse depuis les années 1970 et la fréquence des épisodes de fortes précipitations.

Il est *probable* que le réchauffement anthropique survenu depuis trente ans a joué un rôle notable à l'échelle du globe dans l'évolution observée de nombreux systèmes physiques et biologiques. {2.4}

Il est *très improbable* que la variabilité naturelle puisse expliquer à elle seule l'adéquation spatiale entre les régions du globe qui se réchauffent sensiblement et celles où les perturbations importantes de nombreux systèmes concordent avec une hausse des températures. Plusieurs études de modélisation ont établi des liens entre la réponse de certains systèmes physiques et biologiques et le réchauffement anthropique. {2.4}

Il est impossible d'imputer totalement la réaction observée des systèmes naturels au réchauffement anthropique en raison de la durée insuffisante de la plupart des études d'impact, de la variabilité naturelle accrue du climat à l'échelle régionale, de l'intervention de facteurs non climatiques et de la couverture spatiale limitée des études réalisées. {2.4}

### 3. Les changements climatiques projetés et les effets attendus

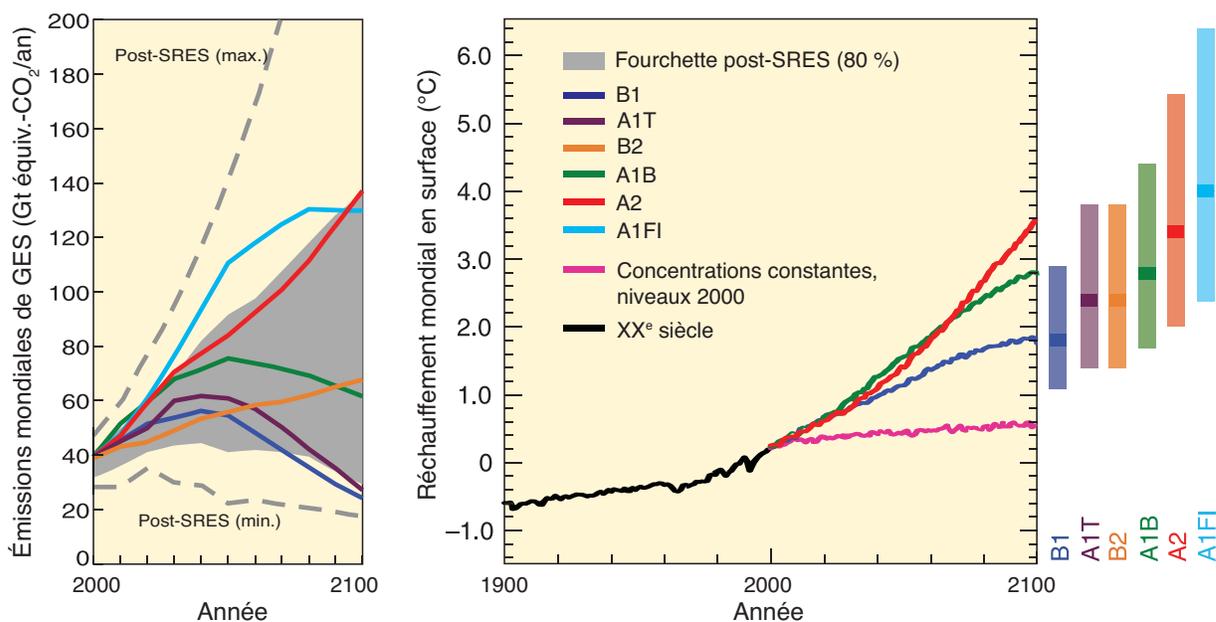
**Vu les politiques d'atténuation et les pratiques de développement durable déjà en place, les émissions mondiales de GES continueront d'augmenter au cours des prochaines décennies (large concordance, degré élevé d'évidence).** {3.1}

Selon le Rapport spécial du GIEC sur les scénarios d'émissions (SRES, 2000), les émissions mondiales de GES (en équivalent- $\text{CO}_2$ ) augmenteront de 25 à 90 % entre 2000 et 2030 (figure RiD.5), les combustibles fossiles gardant une place prépondérante parmi les sources d'énergie jusqu'en 2030 et au-delà. On obtient des fourchettes comparables avec les scénarios plus récents qui ne prévoient pas de mesures additionnelles de réduction des émissions.<sup>8,9</sup> {3.1}

**La poursuite des émissions de GES au rythme actuel ou à un rythme plus élevé devrait accentuer le réchauffement et modifier profondément le système climatique au XXI<sup>e</sup> siècle. Il est très probable que ces changements seront plus importants que ceux observés pendant le XX<sup>e</sup> siècle (tableau RiD.1, figure RiD.5).** {3.2.1}

Un réchauffement d'environ 0,2 °C par décennie au cours des vingt prochaines années est anticipé dans plusieurs scénarios d'émissions SRES. Même si les concentrations de l'ensemble des GES et des aérosols avaient été maintenues aux niveaux de 2000, l'élévation des températures se poursuivrait à raison de 0,1 °C environ par décennie. Les projections à plus longue échéance divergent de plus en plus selon le scénario utilisé. {3.2}

#### Scénarios d'émissions de GES pour la période 2000–2100 (en l'absence de politiques climatiques additionnelles) et projections relatives aux températures en surface



**Figure RiD.5.** À gauche : Émissions mondiales de GES (en Gt équiv.- $\text{CO}_2$ ) en l'absence de politiques climatiques : six scénarios illustratifs de référence (SRES, lignes colorées) et intervalle au 80<sup>e</sup> percentile des scénarios publiés depuis le SRES (post-SRES, partie ombrée). Les lignes en pointillé délimitent la plage complète des scénarios post-SRES. Les GES sont le  $\text{CO}_2$ , le  $\text{CH}_4$ , le  $\text{N}_2\text{O}$  et les gaz fluorés. À droite : Les courbes en trait plein correspondent aux moyennes mondiales multimodèles du réchauffement en surface pour les scénarios A2, A1B et B1, en prolongement des simulations relatives au XX<sup>e</sup> siècle. Ces projections intègrent les émissions de GES et d'aérosols de courte durée de vie. La courbe en rose ne correspond pas à un scénario mais aux simulations effectuées à l'aide de modèles de la circulation générale couplés atmosphère-océan (MCGAO) en maintenant les concentrations atmosphériques aux niveaux de 2000. Les barres sur la droite précisent la valeur la plus probable (zone foncée) et la fourchette probable correspondant aux six scénarios de référence du SRES pour la période 2090-2099. Tous les écarts de température sont calculés par rapport à 1980-1999. {Figures 3.1, 3.2}

<sup>8</sup> Les scénarios SRES sont décrits dans le point 3 du Rapport de synthèse (voir l'encadré intitulé « Scénarios SRES »). Seules les politiques climatiques déjà en place sont prises en considération dans ces scénarios ; des études plus récentes intègrent l'action menée au titre de la CCNUCC et du Protocole de Kyoto.

<sup>9</sup> La section 5 analyse les modes de réduction des émissions envisagés dans les scénarios d'atténuation.

**Tableau RiD.1** Projections des valeurs moyennes du réchauffement en surface et de l'élévation du niveau de la mer à la fin du XXI<sup>e</sup> siècle, à l'échelle du globe. {Tableau 3.1}

Cas	Variation de température (°C, pour 2090–2099 par rapport à 1980–1999) <sup>a, d</sup>		Élévation du niveau de la mer (m, pour 2090–2099 par rapport à 1980–1999)
	Valeur la plus probable	Intervalle probable	Intervalle basé sur les modèles sauf évolution dynamique rapide de l'écoulement glaciaire
Concentrations constantes, niveaux 2000 <sup>b</sup>	0,6	0,3 – 0,9	Non disponible
Scénario B1	1,8	1,1 – 2,9	0,18 – 0,38
Scénario A1T	2,4	1,4 – 3,8	0,20 – 0,45
Scénario B2	2,4	1,4 – 3,8	0,20 – 0,43
Scénario A1B	2,8	1,7 – 4,4	0,21 – 0,48
Scénario A2	3,4	2,0 – 5,4	0,23 – 0,51
Scénario A1FI	4,0	2,4 – 6,4	0,26 – 0,59

Notes :

- a) Les valeurs les plus probables et les intervalles d'incertitude *probables* sont établis à partir d'une hiérarchie de modèles de complexité variable et compte tenu des contraintes d'observation.
- b) La composition constante en 2000 est déduite uniquement des modèles de la circulation générale couplés atmosphère-océan.
- c) Ces scénarios sont les six scénarios SRES de référence. Les concentrations approximatives (en équivalent-CO<sub>2</sub>) correspondant au forçage radiatif calculé pour les GES et les aérosols anthropiques en 2100 (voir p. 823 de la contribution du Groupe de travail I au TRE) selon les scénarios SRES illustratifs de référence B1, A1T, B2, A1B, A2 et A1FI s'établissent respectivement à 600, 700, 800, 850, 1 250 et 1 550 ppm environ.
- d) La variation de température est calculée par rapport à 1980–1999. Il suffit d'ajouter 0,5 °C pour obtenir l'écart relativement à 1850–1899.

Les projections (tableau RiD.1) concordent globalement avec celles données dans le troisième Rapport d'évaluation. Toutefois, les incertitudes et les fourchettes supérieures de température sont plus grandes. Cela s'explique essentiellement par le fait que, selon l'éventail élargi des modèles maintenant disponibles, les rétroactions entre le climat et le cycle du carbone seraient plus fortes qu'on ne l'anticipait. Le réchauffement nuit à la fixation du CO<sub>2</sub> atmosphérique dans les terres et les océans, augmentant ainsi la partie des émissions anthropiques qui reste dans l'atmosphère. L'ampleur de cet effet de rétroaction varie considérablement d'un modèle à l'autre. {2.3, 3.2.1}

On ne comprend pas assez bien certains effets importants régissant l'élévation du niveau de la mer pour que, dans le présent rapport, on ait pu estimer la probabilité de ce phénomène ou en donner la valeur la plus probable ou la limite supérieure. Le tableau RiD.1 présente les projections de l'élévation moyenne du niveau de la mer pour la période 2090–2099.<sup>10</sup> Les projections ne tenant compte ni des incertitudes liées aux rétroactions entre le climat et le cycle du carbone, ni des effets complets de l'évolution de l'écoulement dans les nappes glaciaires, les valeurs supérieures des fourchettes ne doivent pas être considérées comme les limites supérieures de l'élévation du niveau de la mer. Si l'on a tenu compte de l'accroissement de l'écoulement glaciaire au Groenland et en Antarctique aux rythmes observés entre 1993 et 2003, le phénomène pourrait cependant s'accélérer ou ralentir.<sup>11</sup> {3.2.1}

**Un degré de confiance plus élevé que dans le troisième Rapport d'évaluation est associé aux projections concernant les configurations du réchauffement et d'autres particularités de portée régionale, dont la modification des régimes du**

### vent, des précipitations et de certains aspects des phénomènes extrêmes et des glaces de mer. {3.2.2}

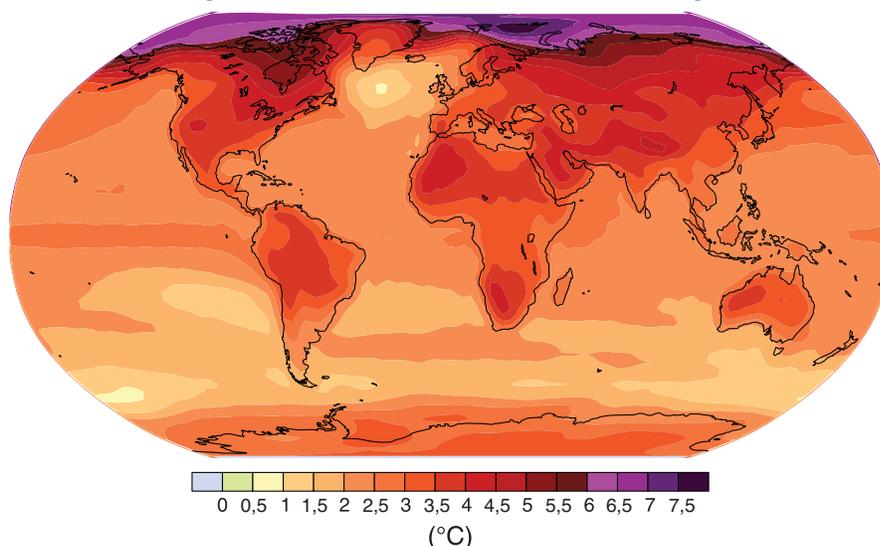
Parmi les changements anticipés à l'échelle régionale figurent : {3.2.2}

- un réchauffement maximal sur les terres émergées et dans la plupart des régions des hautes latitudes de l'hémisphère Nord et un réchauffement minimal au-dessus de l'océan Austral et d'une partie de l'Atlantique Nord (figure RiD.6), dans la droite ligne des tendances relevées dernièrement ;
- une contraction de la couverture neigeuse, une augmentation d'épaisseur de la couche de dégel dans la plupart des régions à pergélisol et une diminution de l'étendue des glaces de mer ; selon certaines projections obtenues avec les scénarios SRES, les eaux de l'Arctique seraient pratiquement libres de glace à la fin de l'été d'ici la deuxième moitié du XXI<sup>e</sup> siècle ;
- une hausse *très probable* de la fréquence des températures extrêmement élevées, des vagues de chaleur et des épisodes de fortes précipitations ;
- une augmentation *probable* d'intensité des cyclones tropicaux et, avec un degré de confiance moindre, une baisse du nombre de cyclones tropicaux sur l'ensemble de la planète ;
- le déplacement vers les pôles de la trajectoire des tempêtes extratropicales, accompagné de changements dans la configuration des vents, des précipitations et des températures ;
- une augmentation *très probable* des précipitations aux latitudes élevées et, au contraire, une diminution *probable* sur la plupart des terres émergées subtropicales, conformément aux tendances relevées récemment.

<sup>10</sup> Les projections données dans le TRE allaient jusqu'en 2100, tandis que celles du présent rapport portent sur la période 2090–2099. Les fourchettes du TRE auraient été les mêmes que celles du tableau RiD.1 si les incertitudes avaient été traitées de la même manière.

<sup>11</sup> Les tendances à long terme sont analysées plus loin.

### Configuration du réchauffement à la surface du globe



**Figure RiD.6** Évolution projetée de la température en surface pour la fin du XXI<sup>e</sup> siècle (2090-2099) par rapport à la période 1980-1999, selon les projections moyennes obtenues avec plusieurs modèles de la circulation générale couplés atmosphère-océan pour le scénario A1B du SRES. {Figure 3.2}

On estime avec un *degré de confiance élevé* que, d'ici le milieu du siècle, le débit annuel moyen des cours d'eau et la disponibilité des ressources en eau augmenteront aux hautes latitudes (et dans certaines régions tropicales humides) et diminueront dans certaines régions sèches des latitudes moyennes et des tropiques. Bon nombre de zones semi-arides (bassin méditerranéen, ouest des États-Unis, Afrique australe, nord-est du Brésil, etc.) souffriront d'une baisse des ressources en eau imputable aux changements climatiques (*degré de confiance élevé*). {3.3.1, figure 3.5}

#### Les études postérieures au TRE permettent de mieux comprendre la chronologie et l'étendue des incidences selon l'ampleur et le rythme des changements climatiques. {3.3.1, 3.3.2}

La figure RiD.7 présente des exemples de cette évolution pour un certain nombre de systèmes et de secteurs. Dans la partie supérieure sont indiquées des incidences qui s'accroissent parallèlement à la hausse des températures. Leur chronologie et leur ampleur estimées dépendent aussi des modes de développement (partie inférieure). {3.3.1}

Le tableau RiD.2 présente quelques incidences anticipées pour différentes régions.

Il est *probable* que certains systèmes, secteurs et régions seront plus durement touchés que d'autres par l'évolution du climat.<sup>12</sup> {3.3.3}

Systèmes et secteurs : {3.3.3}

- Écosystèmes :
  - terrestres : toundra, forêt boréale et régions montagneuses, en raison de leur sensibilité au réchauffement ; écosystèmes de type méditerranéen, à cause de la diminution des

- précipitations ; forêts pluviales tropicales, dans les zones où la pluviosité diminue ;
- côtiers : mangroves et marais salants soumis à de multiples contraintes ;
- marins : récifs coralliens soumis à de multiples contraintes ; biome des glaces de mer, en raison de sa sensibilité au réchauffement ;
- Ressources en eau dans certaines régions sèches des latitudes moyennes<sup>13</sup> et dans les zones tropicales sèches, à cause de la modification de la pluviosité et de l'évapotranspiration, ainsi que dans les zones tributaires de la fonte de la neige et de la glace ;
- Agriculture aux basses latitudes, sous l'effet de la raréfaction des ressources en eau ;
- Basses terres littorales, par suite de la menace d'une élévation du niveau de la mer et du risque accru de phénomènes météorologiques extrêmes ;
- État sanitaire des populations disposant d'une faible capacité d'adaptation.

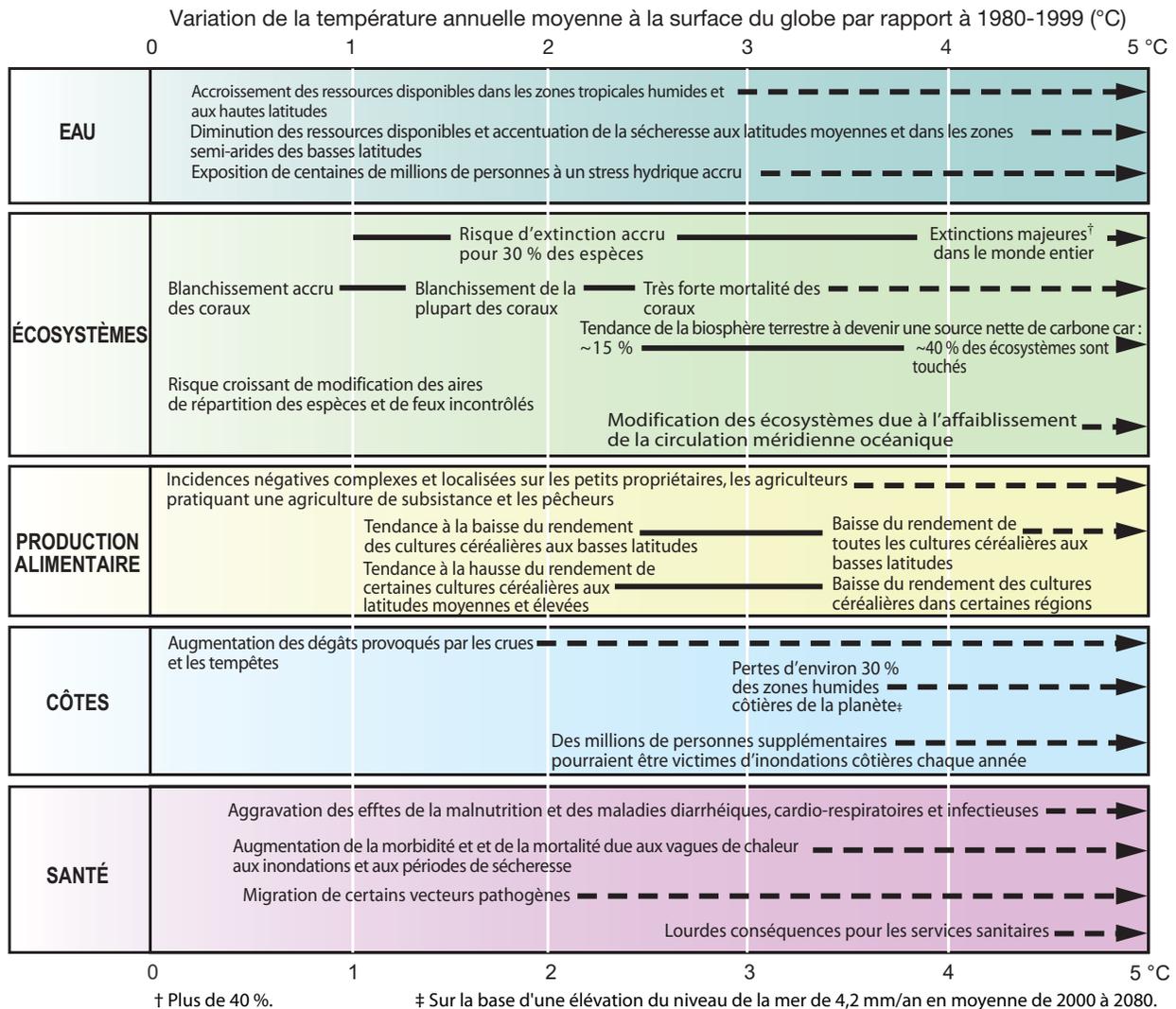
Régions : {3.3.3}

- Arctique, à cause de la vitesse du réchauffement et de ses incidences sur les systèmes naturels et les collectivités humaines ;
- Afrique, vu la faible capacité d'adaptation et les effets projetés ;
- Petites îles, en raison de la forte exposition de la population et de l'infrastructure aux effets projetés ;
- Grands deltas asiatiques et africains, étant donné la densité de population et la forte exposition à l'élévation du niveau de la mer, aux ondes de tempête et aux inondations fluviales.

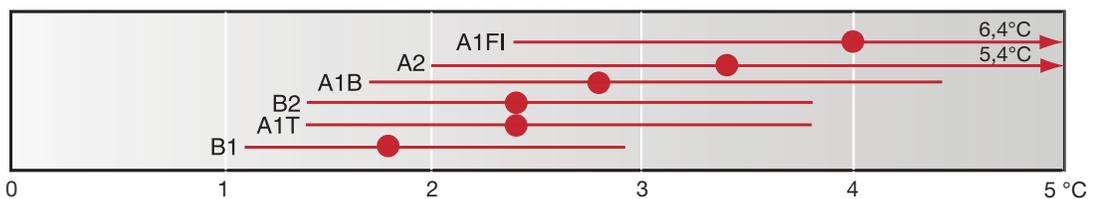
<sup>12</sup>Selon les avis qualifiés formulés relativement aux textes consultés et compte dûment tenu de l'ampleur, du moment et du rythme des changements climatiques, de la sensibilité du climat et de la capacité d'adaptation.

<sup>13</sup>Zones arides et semi-arides comprises.

**Exemples d'incidences associées à la variation de la température moyenne à la surface du globe (ces incidences varieront selon le degré d'adaptation, le rythme du réchauffement et le mode de développement socio-économique)**



**Réchauffement en 2090–2099 par rapport à 1980–1999 pour des scénarios sans mesures d'atténuation**



**Figure RiD.7.** Exemples d'incidences associées à l'élévation de la température moyenne à la surface du globe. **En haut :** Exemples d'incidences planétaires anticipées des changements climatiques (et, le cas échéant, de l'élévation du niveau de la mer et de l'augmentation de la concentration de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère) selon l'ampleur de la hausse de la température moyenne à la surface du globe au XXI<sup>e</sup> siècle. Les traits noirs relient les diverses incidences entre elles, les flèches en pointillé indiquent que ces incidences se poursuivent avec le réchauffement. La disposition du texte permet de voir approximativement à quel niveau de réchauffement s'amorce l'effet mentionné. Les chiffres relatifs à la pénurie d'eau et aux inondations représentent les répercussions supplémentaires des changements climatiques relativement aux conditions projetées selon les scénarios A1FI, A2, B1 et B2 du SRES. Ces estimations ne tiennent pas compte de l'adaptation aux changements climatiques. Toutes ces incidences sont affectées d'un degré de confiance élevé. **En bas :** Les points et les traits représentent les valeurs les plus probables et les fourchettes probables du réchauffement en 2090–2099 par rapport à 1980–1999, pour les six scénarios SRES de référence. {Figure 3.6}

Tableau RiD.2. Exemples d'incidences régionales anticipées. {3.3.2}

<b>Afrique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● D'ici 2020, 75 à 250 millions de personnes devraient souffrir d'un stress hydrique accentué par les changements climatiques.</li> <li>● Dans certains pays, le rendement de l'agriculture pluviale pourrait chuter de 50 % d'ici 2020. On anticipe que la production agricole et l'accès à la nourriture seront durement touchés dans de nombreux pays, avec de lourdes conséquences en matière de sécurité alimentaire et de malnutrition.</li> <li>● Vers la fin du XXI<sup>e</sup> siècle, l'élévation anticipée du niveau de la mer affectera les basses terres littorales fortement peuplées. Le coût de l'adaptation pourrait représenter 5 à 10 % du produit intérieur brut, voire plus.</li> <li>● Selon plusieurs scénarios climatiques, la superficie des terres arides et semi-arides pourrait augmenter de 5 à 8 % d'ici à 2080 (RT).</li> </ul>
<b>Asie</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Les quantités d'eau douce disponibles devraient diminuer d'ici les années 2050 dans le centre, le sud, l'est et le sud-est de l'Asie, en particulier dans les grands bassins fluviaux.</li> <li>● Les zones côtières, surtout les régions très peuplées des grands deltas de l'Asie du Sud, de l'Est et du Sud-Est, seront exposées à des risques accrus d'inondation marine et, dans certains grands deltas, d'inondation fluviale.</li> <li>● Les changements climatiques devraient amplifier les pressions que l'urbanisation rapide, l'industrialisation et le développement économique exercent sur les ressources naturelles et l'environnement.</li> <li>● Les modifications du cycle hydrologique devraient entraîner, dans l'est, le sud et le sud-est de l'Asie, une hausse de la morbidité et de la mortalité endémiques dues aux maladies diarrhéiques qui accompagnent les crues et la sécheresse.</li> </ul>
<b>Australie et Nouvelle-Zélande</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Certains sites d'une grande richesse écologique, dont la Grande Barrière de corail et les « Wet Tropics » (tropiques humides) du Queensland, devraient subir une perte importante de biodiversité d'ici 2020.</li> <li>● D'ici 2030, les problèmes d'approvisionnement en eau devraient s'intensifier dans l'est et le sud de l'Australie ainsi que dans le Northland et certaines régions orientales de la Nouvelle-Zélande.</li> <li>● D'ici 2030, la production agricole et forestière devrait décroître dans une bonne partie du sud et de l'est de l'Australie ainsi que dans plusieurs régions orientales de la Nouvelle-Zélande, en raison de l'accentuation de la sécheresse et de la fréquence accrue des incendies. Au début toutefois, les changements climatiques devraient se révéler bénéfiques dans d'autres secteurs de la Nouvelle-Zélande.</li> <li>● D'ici 2050, dans certaines régions de l'Australie et de la Nouvelle-Zélande, l'aménagement progressif du littoral et la croissance démographique devraient accroître les risques liés à l'élévation du niveau de la mer et à l'augmentation de l'intensité et de la fréquence des tempêtes et des inondations côtières.</li> </ul>
<b>Europe</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● On s'attend que les changements climatiques amplifient les disparités régionales en matière de ressources naturelles et de moyens économiques. Au nombre des incidences négatives figurent un risque croissant d'inondations éclair à l'intérieur des terres, une plus grande fréquence des inondations côtières et une érosion accrue (attribuable aux tempêtes et à l'élévation du niveau de la mer).</li> <li>● Les régions montagneuses devront faire face au recul des glaciers, à la réduction de la couverture neigeuse et du tourisme hivernal ainsi qu'à la disparition de nombreuses espèces (jusqu'à 60 % d'ici 2080 dans certaines régions, selon les scénarios de fortes émissions).</li> <li>● Dans le sud de l'Europe, région déjà vulnérable à la variabilité du climat, les changements climatiques devraient aggraver la situation (températures élevées et sécheresse) et nuire à l'approvisionnement en eau, au potentiel hydroélectrique, au tourisme estival et, en général, aux rendements agricoles.</li> <li>● Les risques sanitaires liés aux vagues de chaleur et à la fréquence accrue des incendies devraient être amplifiés par les changements climatiques.</li> </ul>
<b>Amérique latine</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● D'ici le milieu du siècle, les forêts tropicales devraient être progressivement remplacées par la savane dans l'est de l'Amazonie sous l'effet de la hausse des températures et du dessèchement des sols. La végétation de type semi-aride aura tendance à laisser place à une végétation de type aride.</li> <li>● La disparition de certaines espèces risque d'appauvrir énormément la diversité biologique dans de nombreuses régions tropicales de l'Amérique latine.</li> <li>● Le rendement de certaines cultures importantes et de l'élevage du bétail devrait diminuer, au détriment de la sécurité alimentaire. On anticipe en revanche une augmentation du rendement des cultures de soja dans les zones tempérées. D'un point de vue général, on anticipe une augmentation du nombre de personnes exposées à la famine (RT ; degré de confiance moyen).</li> <li>● La modification des régimes de précipitations et la disparition des glaciers devraient réduire considérablement les ressources en eau disponibles pour la consommation humaine, l'agriculture et la production d'énergie.</li> </ul>
<b>Amérique du Nord</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Selon les projections, le réchauffement du climat dans les régions montagneuses de l'ouest du continent diminuera l'enneigement, augmentera la fréquence des inondations hivernales et réduira les débits estivaux, avivant la concurrence pour des ressources en eau déjà surexploitées.</li> <li>● L'évolution modérée du climat au cours des premières décennies du siècle devrait accroître de 5 à 20 % le rendement des cultures pluviales, mais avec de nets écarts d'une région à l'autre. De graves difficultés risquent de surgir dans le cas des cultures déjà exposées à des températures proches de la limite supérieure de leur plage de tolérance ou qui dépendent de ressources en eau déjà fortement utilisées.</li> <li>● Au cours du siècle, les villes qui subissent actuellement des vagues de chaleur devraient faire face à une hausse du nombre, de l'intensité et de la durée de ces phénomènes, ce qui pourrait avoir des incidences défavorables pour la santé.</li> <li>● Dans les régions côtières, les établissements humains et les habitats naturels subiront des pressions accrues découlant de l'interaction des effets du changement climatique avec le développement et la pollution.</li> </ul>

Table SPM.2. suite...

<b>Régions polaires</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les principales répercussions biophysiques attendues sont la réduction de l'épaisseur et de l'étendue des glaciers, des nappes glaciaires et des glaces de mer ainsi que la modification des écosystèmes naturels au détriment de nombreux organismes, dont les oiseaux migrateurs, les mammifères et les grands prédateurs.</li> <li>• Pour les communautés de l'Arctique, les effets devraient être mitigés, notamment ceux qui résulteront de l'évolution de l'état de la neige et de la glace.</li> <li>• Les éléments d'infrastructure et les modes de vie traditionnels des populations autochtones seront touchés.</li> <li>• On estime que les écosystèmes et les habitats propres aux régions polaires de l'Arctique et de l'Antarctique seront fragilisés, du fait de l'atténuation des obstacles climatiques à l'invasion de nouvelles espèces.</li> </ul>
<b>Petites îles</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Selon les prévisions, l'élévation du niveau de la mer devrait intensifier les inondations, les ondes de tempête, l'érosion et d'autres phénomènes côtiers dangereux, menaçant l'infrastructure, les établissements humains et les installations vitales pour les populations insulaires.</li> <li>• La détérioration de l'état des zones côtières, par exemple l'érosion des plages et le blanchissement des coraux, devrait porter atteinte aux ressources locales.</li> <li>• D'ici le milieu du siècle, les changements climatiques devraient réduire les ressources en eau dans de nombreuses petites îles, par exemple dans les Caraïbes et le Pacifique, à tel point que la demande ne pourra plus être satisfaite pendant les périodes de faible pluviosité.</li> <li>• La hausse des températures devrait favoriser l'invasion d'espèces exotiques, notamment aux moyennes et hautes latitudes.</li> </ul>

Note :

Sauf indication contraire, ces projections sont extraites du Résumé à l'intention des décideurs préparé par le Groupe de travail II. Elles bénéficient d'un *degré de confiance élevé* ou *très élevé* et concernent les secteurs susceptibles d'être touchés, soit l'agriculture, les écosystèmes, les ressources en eau, les côtes, la santé, l'industrie et les établissements humains. Le Résumé à l'intention des décideurs du Groupe de travail II précise la source des énoncés, les calendriers estimés et les températures escomptées. La gravité des impacts et le moment où ils surviendront dépendent de l'ampleur et du rythme de l'évolution du climat, des scénarios d'émissions, des modes de développement et des stratégies d'adaptation.

Dans les autres régions du globe, même prospères, des segments particuliers de la population (par exemple les pauvres, les jeunes enfants ou les personnes âgées), tout comme certaines zones et activités, risquent d'être gravement menacés. {3.3.3}

### Acidification des océans

La fixation du carbone anthropique émis depuis 1750 a abaissé le pH des océans de 0,1 unité en moyenne. La hausse de la concentration atmosphérique de CO<sub>2</sub> a accentué encore l'acidité du milieu marin. Selon les projections fondées sur les scénarios SRES, le pH moyen des océans en surface devrait baisser de 0,14 à 0,35 unité au cours du XXI<sup>e</sup> siècle. Les effets sur la biosphère marine ne sont pas connus à ce jour, mais on pense que le phénomène aura une incidence néfaste sur les testacés et crustacés marins (les coraux, par exemple) et sur les espèces qui en sont tributaires. {3.3.4}

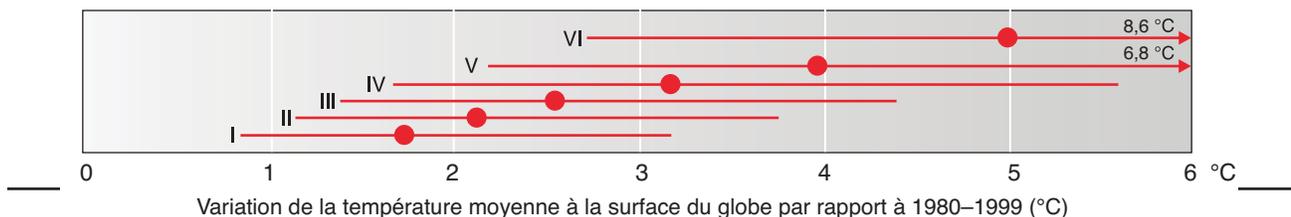
### Le changement de fréquence et d'intensité des phénomènes météorologiques extrêmes, conjugué à l'élévation du niveau de la mer, devrait avoir surtout des effets néfastes sur les systèmes naturels et humains. {3.3.5}

Un certain nombre de phénomènes extrêmes et leurs incidences sur différents secteurs sont décrits dans le tableau RiD.3.

### Même si les concentrations de gaz à effet de serre étaient stabilisées, le réchauffement anthropique et l'élévation du niveau de la mer se poursuivraient pendant des siècles en raison des échelles de temps propres aux processus et aux rétroactions climatiques. {3.2.3}

La figure RiD.8 présente les valeurs estimées du réchauffement à long terme (sur plusieurs siècles) correspondant aux six catégories de scénarios de stabilisation élaborés par le Groupe de travail III pour le quatrième Rapport d'évaluation.

**Estimation du réchauffement sur plusieurs siècles, par rapport à 1980–1999, selon les catégories de scénarios de stabilisation du quatrième Rapport d'évaluation**



**Figure RiD.8.** Valeurs estimées du réchauffement à long terme (sur plusieurs siècles) correspondant aux six catégories de scénarios de stabilisation élaborés par le Groupe de travail III pour le quatrième Rapport d'évaluation (tableau RiD.6). L'échelle des températures a été décalée de - 0,5 °C par rapport au tableau RiD.6, afin de tenir compte du réchauffement intervenu entre l'époque préindustrielle et 1980-1999. La température moyenne à la surface du globe approche de l'équilibre au bout de quelques siècles pour la plupart des niveaux de stabilisation. Selon les scénarios d'émissions de GES qui entraînent, d'ici à 2100, une stabilisation à des niveaux comparables à ceux des scénarios B1 et A1B du SRES (600 et 850 ppm équiv.-CO<sub>2</sub>, catégories IV et V), les modèles indiquent que la hausse de la température mondiale à l'équilibre serait réalisée dans une proportion de 65 à 70 % environ au moment de la stabilisation, en fixant la sensibilité du climat à 3 °C. La température à l'équilibre pourrait être atteinte plus tôt avec les scénarios de stabilisation à des niveaux nettement inférieurs (catégories I et II, figure RiD.11). (Figure 3.4)

**Tableau RiD.3.** Exemples d'incidences possibles des phénomènes météorologiques et climatiques extrêmes associés aux changements climatiques, selon les projections visant la deuxième moitié du XXI<sup>e</sup> siècle. L'évolution de la capacité d'adaptation n'est pas prise en compte. Les probabilités indiquées dans la deuxième colonne concernent les phénomènes recensés dans la première colonne. {Tableau 3.2}

Phénomène <sup>a</sup> et évolution anticipée	Probabilité de l'évolution future selon les projections établies pour le XXI <sup>e</sup> siècle sur la base des scénarios SRES	Principales incidences anticipées par secteur			
		Agriculture, foresterie et écosystèmes	Ressources en eau	Santé	Industrie, établissements humains et société
Journées et nuits froides moins nombreuses et moins froides, journées et nuits chaudes plus nombreuses et plus chaudes, sur la plupart des terres émergées	Pratiquement certain <sup>b</sup>	Hausse des rendements dans les régions froides ; baisse dans les régions chaudes ; invasions d'insectes plus fréquentes	Effets sur les ressources en eau tributaires de la fonte des neiges ; effets sur certaines sources d'approvisionnement	Baisse de la mortalité humaine due au froid	Baisse de la demande énergétique pour le chauffage, hausse pour la climatisation ; détérioration de la qualité de l'air urbain ; perturbations moins fréquentes des transports (pour cause de neige, verglas) ; effets sur le tourisme hivernal
Périodes ou vagues de chaleur plus fréquentes sur la plupart des terres émergées	Très probable	Baisse des rendements dans les régions chaudes en raison du stress thermique ; risque accru d'incendies	Hausse de la demande ; problèmes liés à la qualité de l'eau (prolifération d'algues, p. ex.)	Risque accru de mortalité due à la chaleur, surtout chez les personnes âgées, les malades chroniques, les très jeunes enfants et les personnes isolées	Baisse de la qualité de vie des personnes mal logées dans les régions chaudes ; effets sur les personnes âgées, les très jeunes enfants et les pauvres
Fortes précipitations plus fréquentes dans la plupart des régions	Très probable	Perte de récoltes ; érosion des sols ; impossibilité de cultiver les terres détrempées	Effets néfastes sur la qualité de l'eau de surface et souterraine ; contamination des sources d'approvisionnement ; atténuation possible de la pénurie d'eau	Risque accru de décès, de blessures, de maladies infectieuses, d'affections des voies respiratoires et de maladies de la peau	Perturbation des établissements humains, du commerce, des transports et de l'organisation sociale lors des inondations ; pressions sur l'infrastructure urbaine et rurale ; pertes matérielles
Progression de la sécheresse	Probable	Dégradation des sols ; baisse des rendements ou perte de récoltes ; mortalité plus fréquente du bétail ; risque accru d'incendies	Intensification du stress hydrique	Risque accru de pénurie d'aliments et d'eau, de malnutrition, de maladies d'origine hydrique et alimentaire	Pénurie d'eau pour les établissements humains, l'industrie et les sociétés ; baisse du potentiel hydroélectrique ; possibilité de migration des populations
Augmentation de l'activité cyclonique intense	Probable	Perte de récoltes ; déracinage d'arbres par le vent ; dégâts causés aux récifs coralliens	Perturbation de l'approvisionnement en eau lors des pannes de courant	Risque accru de décès, de blessures et de maladies d'origine hydrique et alimentaire ; états de stress post-traumatique	Perturbations causées par les inondations et les vents violents ; impossibilité de s'assurer auprès du secteur privé dans les zones vulnérables ; possibilité de migration des populations ; pertes matérielles
Incidence accrue des épisodes d'élévation extrême du niveau de la mer (à l'exception des tsunamis) <sup>c</sup>	Probable <sup>d</sup>	Salinisation des eaux d'irrigation, des estuaires et des systèmes d'eau douce	Diminution de la quantité d'eau douce disponible en raison de l'intrusion d'eau salée	Risque accru de décès et de blessures lors des inondations ; effets sanitaires liés à la migration	Coût de la protection du littoral par rapport au coût de la réaffectation des terres ; possibilité de déplacement des populations et de l'infrastructure ; voir aussi l'activité cyclonique (ci-dessus)

## Notes :

- a) Les définitions exactes sont données dans le tableau 3.7 du Groupe de travail I.  
 b) Élévation des valeurs extrêmes des températures diurnes et nocturnes relevées chaque année.  
 c) L'élévation extrême du niveau de la mer dépend du niveau moyen de la mer et des systèmes météorologiques régionaux. Elle correspond à la tranche supérieure (1 %) des valeurs horaires relevées à une station donnée pendant une période de référence.  
 d) Dans tous les scénarios, le niveau moyen de la mer en 2100 est supérieur à celui de la période de référence. Les effets de l'évolution des systèmes météorologiques régionaux sur les épisodes d'élévation extrême du niveau de la mer ne sont pas pris en compte.

L'inlandsis groenlandais devrait continuer de se rétracter et de contribuer à l'élévation du niveau de la mer après 2100. Selon les modèles actuels, si le réchauffement moyen à l'échelle du globe se maintenait pendant des millénaires au-delà de 1,9 à 4,6 °C par rapport à l'époque préindustrielle, la nappe glaciaire pourrait disparaître presque complètement et élever le niveau de la mer de quelque 7 mètres. Les températures projetées pour le Groenland sont comparables à celles de la dernière période interglaciaire, il y a 125 000 ans ; à cette époque, selon les données paléoclimatiques

disponibles, l'étendue des glaces polaires terrestres avait diminué et le niveau de la mer s'était élevé de 4 à 6 mètres. {3.2.3}

Les études actuelles réalisées avec des modèles globaux prévoient que la nappe glaciaire antarctique restera trop froide pour fondre de manière importante en surface et que sa masse augmentera en raison de chutes de neige plus abondantes. Cependant, une perte nette pourrait se produire si le déversement de glace dynamique l'emportait dans le bilan de masse. {3.2.3}

### Le réchauffement anthropique pourrait avoir des conséquences brusques ou irréversibles selon l'ampleur et le rythme de l'évolution du climat. {3.4}

L'ablation d'une partie des nappes glaciaires qui recouvrent les zones polaires pourrait faire monter de plusieurs mètres le niveau de la mer, modifier profondément la topographie des côtes et provoquer l'inondation des basses terres. Les effets seraient particulièrement marqués dans les deltas et sur les îles de faible altitude. De tels bouleversements devraient s'échelonner sur plusieurs millénaires, mais on ne peut écarter la possibilité que le niveau de la mer s'élève plus rapidement que prévu en quelques siècles. {3.4}

Il est *probable* que les changements climatiques auront un certain nombre d'incidences irréversibles. Si le réchauffement moyen de la planète excédait 1,5 à 2,5 °C par rapport à 1980-1999, le risque d'extinction de 20 à 30 % des espèces recensées à ce jour serait *probablement* accru (*degré de confiance moyen*). Si la température s'élevait de plus de 3,5 °C environ, les modèles prévoient que 40 à 70 % des espèces recensées pourraient disparaître de la surface du globe. {3.4}

D'après les simulations actuelles, il est *très probable* que la circulation méridienne océanique accusera un ralentissement dans l'Atlantique au cours du XXI<sup>e</sup> siècle, sans pour autant que les températures cessent d'augmenter au-dessus de l'Atlantique et en Europe. Il est *très improbable* que la circulation méridienne océanique change brusquement pendant cette période. On ne peut prévoir avec un degré suffisant de confiance l'évolution à plus long terme. Les changements importants et persistants de la circulation méridienne océanique auront *probablement* des effets sur la productivité des écosystèmes marins, la pêche, la fixation du CO<sub>2</sub> dans les océans, la teneur en oxygène des océans et la végétation terrestre. Il est possible que la modification de l'absorption du CO<sub>2</sub> par les terres et les océans ait un effet de rétroaction sur le système climatique. {3.4}

## 4. Les possibilités d'adaptation et d'atténuation<sup>14</sup>

**Les possibilités d'adaptation sont multiples, mais il est impératif d'intensifier l'action engagée si l'on veut réduire la vulnérabilité à l'égard des changements climatiques. Il existe des obstacles, des limites et des coûts que l'on ne cerne pas toujours parfaitement. {4.2}**

Les sociétés se sont de tout temps adaptées aux conditions météorologiques et climatiques. Toutefois, davantage de mesures devront être prises pour réduire les répercussions de l'évolution et de la variabilité du climat et ce, indépendamment de l'ampleur des stratégies d'atténuation qui seront mises en œuvre dans les vingt à trente prochaines années. Plusieurs facteurs sont susceptibles d'amplifier la vulnérabilité à l'égard des changements climatiques, notamment la pauvreté, l'accès inégal aux ressources, l'insécurité alimentaire, la tendance à la mondialisation de l'économie, les conflits en cours et l'incidence de maladies telles que le VIH/SIDA, sans oublier les dangers climatiques déjà présents. {4.2}

On commence à prendre certaines mesures d'adaptation à une échelle limitée. L'adaptation peut atténuer la vulnérabilité, surtout si elle s'inscrit dans des initiatives sectorielles plus larges (tableau RiD.4). Certaines solutions intéressantes pourraient être mises en pratique à faible coût et/ou avec de grands avantages par rapport au coût dans divers secteurs (*degré de confiance élevé*). Toutefois, trop peu d'études ont tenté d'estimer l'ensemble des coûts et avantages des mesures d'adaptation. {4.2, tableau 4.1}

### La capacité d'adaptation, intimement liée au développement socioéconomique, est inégalement répartie entre les sociétés et au sein de ces dernières. {4.2}

Plusieurs obstacles freinent la mise en œuvre des mesures d'adaptation ou nuisent à leur efficacité. La capacité de s'adapter est un processus dynamique qui est en partie fonction de la base de production dont dispose une société donnée : ressources naturelles et moyens économiques, réseaux et programmes sociaux, capital humain et institutions, mode de gouvernement, revenu national, santé et technologie. Même les sociétés dotées d'une grande capacité d'adaptation restent vulnérables à l'évolution et à la variabilité du climat ainsi qu'aux extrêmes climatiques. {4.2}

**Selon les études ascendantes et descendantes réalisées à ce jour, il existerait un potentiel économique appréciable d'atténuation des émissions mondiales de GES pour les prochaines décennies, qui pourrait neutraliser la hausse prévue de ces émissions ou les ramener sous les niveaux actuels (*large concordance, degré élevé d'évidence*) (figures RiD.9, RiD.10).<sup>15</sup> Les résultats des deux types d'études concordent à l'échelle du globe (figure SRiD.9), mais des écarts considérables existent entre les secteurs. {4.3}**

<sup>14</sup> L'adaptation et l'atténuation sont étudiées séparément ici, bien que ces mesures puissent être complémentaires. La question est analysée dans la section 5.

<sup>15</sup> La notion de **potentiel d'atténuation** a été forgée dans le but d'évaluer l'ampleur des réductions de GES qu'il serait possible d'atteindre, par rapport à des niveaux de référence, pour un prix donné du carbone (exprimé en coût par unité d'émissions d'équivalent-CO<sub>2</sub> évitée ou réduite). On distingue le potentiel d'atténuation « de marché » et le potentiel d'atténuation « économique ».

Le **potentiel de marché** représente le potentiel d'atténuation fondé sur les coûts et les taux d'actualisation privés (reflétant le point de vue des consommateurs et des entreprises) qui peut être réalisé dans les conditions prévues du marché, y compris les politiques et mesures en place, en tenant compte des obstacles à la réalisation effective.

Le **potentiel économique** représente le potentiel d'atténuation qui prend en compte les coûts et avantages et les taux d'actualisation sociaux (reflétant le point de vue de la société, les taux d'actualisation sociaux étant inférieurs à ceux utilisés par les investisseurs privés), en supposant que l'efficacité du marché est améliorée par les politiques et mesures adoptées et que les obstacles sont levés.

Il existe plusieurs façons d'estimer le potentiel d'atténuation. Les **études ascendantes** évaluent les options d'atténuation en s'attachant à des technologies et des règlements spécifiques. Ce sont des études essentiellement sectorielles dans lesquelles la macroéconomie est jugée invariable. Les **études descendantes** évaluent le potentiel que présentent les options d'atténuation pour l'ensemble de l'économie. Elles utilisent des cadres cohérents et des informations globales sur les possibilités qui s'offrent et intègrent les rétroactions des systèmes macroéconomiques et des marchés.

Tableau RiD.4. Exemples de mesures d'adaptation prévues par secteur. {Tableau 4.1}

Secteur	Possibilité/stratégie d'adaptation	Cadre d'action sous-jacent	Principaux facteurs pouvant limiter ou favoriser la mise en œuvre
Eau	Extension de la collecte des eaux de pluie ; techniques de stockage et de conservation ; réutilisation ; dessalement ; méthodes efficaces d'utilisation et d'irrigation	Politiques nationales de l'eau et gestion intégrée des ressources ; gestion des risques	Obstacles financiers, humains et physiques ; <i>gestion intégrée des ressources ; synergies avec d'autres secteurs</i>
Agriculture	Modification des dates de plantation et des variétés cultivées ; déplacement des cultures ; meilleure gestion des terres (lutte contre l'érosion et protection des sols par le boisement, etc.)	Politiques de R.-D. ; réforme institutionnelle ; régime foncier et réforme agraire ; formation ; renforcement des capacités ; assurance-récolte ; incitations financières (subventions, crédits d'impôt, etc.)	Contraintes technologiques et financières ; accès aux nouvelles variétés ; marchés ; <i>allongement de la période de végétation aux hautes latitudes ; recettes tirées des « nouveaux » produits</i>
Infrastructure/établissements humains (y compris dans les zones côtières)	Changement de lieu d'implantation ; digues et ouvrages de protection contre les ondes de tempête ; consolidation des dunes ; acquisition de terres et création de terrains marécageux/zones humides contre l'élévation du niveau de la mer et les inondations ; protection des obstacles naturels	Normes et règlements intégrant dans la conception les effets des changements climatiques ; politiques d'utilisation des terres ; codes du bâtiment ; assurance	Obstacles financiers et technologiques ; difficultés de réimplantation ; <i>politiques et gestion intégrées ; synergies avec les objectifs du développement durable</i>
Santé	Plans de veille sanitaire pour les vagues de chaleur ; services médicaux d'urgence ; surveillance et contrôle accrus des maladies sensibles au climat ; salubrité de l'eau et assainissement	Politiques de santé publique tenant compte des risques climatiques ; renforcement des services de santé ; coopération régionale et internationale	Seuils de tolérance humaine (groupes vulnérables) ; connaissances insuffisantes ; moyens financiers ; <i>amélioration des services de santé ; meilleure qualité de vie</i>
Tourisme	Diversification des attractions et des recettes touristiques ; déplacement des pentes de ski à plus haute altitude et vers les glaciers ; production de neige artificielle	Planification intégrée (capacité d'accueil ; liens avec d'autres secteurs, etc.) ; incitations financières (subventions, crédits d'impôt, etc.)	Demande et mise en marché de nouvelles attractions ; problèmes financiers et logistiques ; effets potentiellement négatifs sur d'autres secteurs (p. ex. consommation accrue d'énergie pour la production de neige artificielle) ; <i>recettes tirées des « nouvelles » attractions ; élargissement du groupe des parties prenantes</i>
Transports	Harmonisation/réimplantation ; normes de conception et planification des routes, voies ferrées et autres éléments d'infrastructure en fonction du réchauffement et des impératifs de drainage	Politiques nationales des transports intégrant les effets des changements climatiques ; investissement dans la R.-D. sur des conditions particulières (zones à pergélisol, etc.)	Obstacles financiers et technologiques ; absence de trajets moins exposés ; <i>amélioration des technologies et intégration avec des secteurs essentiels (p. ex. l'énergie)</i>
Énergie	Renforcement des réseaux aériens de transport et de distribution ; enfouissement des câbles ; efficacité énergétique ; recours aux sources d'énergie renouvelables ; réduction de la dépendance à l'égard d'une seule source d'énergie	Politiques énergétiques nationales, règlements, incitations fiscales et financières au profit d'autres formes d'énergie ; normes de conception intégrant les effets des changements climatiques	Difficultés d'accès à des solutions de rechange viables ; obstacles financiers et technologiques ; degré d'acceptation des nouvelles technologies ; <i>stimulation des nouvelles technologies ; utilisation des ressources locales</i>

Note :

Les systèmes d'alerte précoce font partie des options envisagées dans de nombreux secteurs.

Aucune technologie ne permettra, à elle seule, de réaliser tout le potentiel d'atténuation dans quelque secteur que ce soit. Le potentiel économique, qui est généralement supérieur au potentiel de marché, ne pourra se concrétiser que si les politiques voulues sont en place et les obstacles levés (tableau RiD.5). {4.3}

Selon les études ascendantes, les possibilités d'atténuation dont le coût net est négatif pourraient réduire les émissions de quelque

6 Gt équiv.-CO<sub>2</sub>/an en 2030, à condition d'analyser et d'éliminer les obstacles à la mise en œuvre. {4.3}

Les décisions concernant les investissements dans l'infrastructure énergétique, qui devraient excéder 20 billions<sup>16</sup> de dollars É.-U. entre 2005 et 2030, auront une incidence à long terme sur les émissions de GES en raison de la durée de vie des centrales et autres immobilisations. De nombreuses décennies pourraient

<sup>16</sup>20 billions = 20 000 milliards = 20 x 10<sup>12</sup>.

Comparaison du potentiel économique mondial d'atténuation et de l'augmentation prévue des émissions en 2030

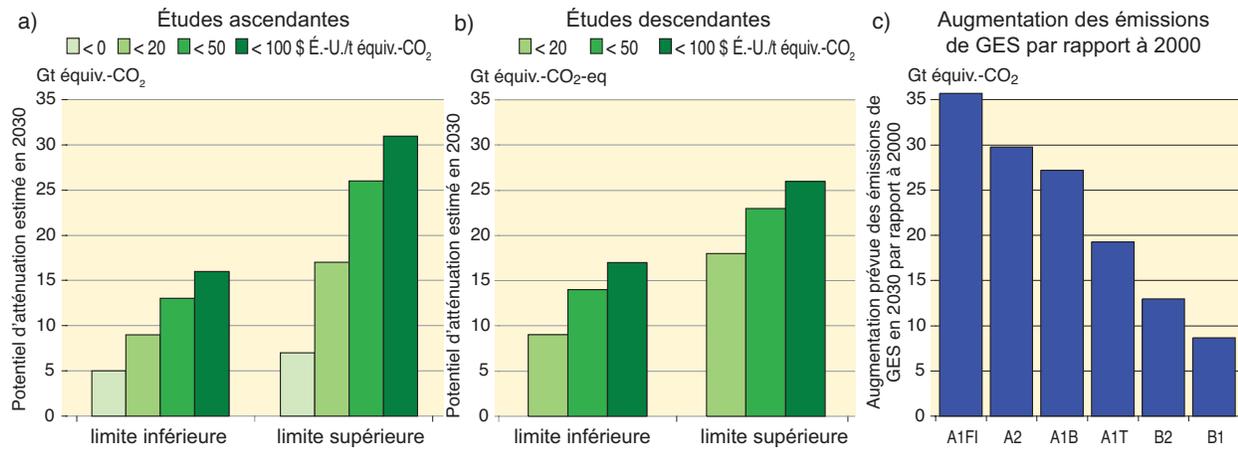


Figure RiD.9. Potentiel économique mondial d'atténuation estimé en 2030 à partir d'études ascendantes (diagramme a) et descendantes (diagramme b), en comparaison de l'augmentation anticipée des émissions selon différents scénarios SRES par rapport aux niveaux de 2000, soit 40,8 Gt équiv.-CO<sub>2</sub> (diagramme c). Note : Par souci de cohérence avec les résultats des scénarios SRES, les émissions de GES en 2000 ne comprennent pas les rejets issus de la décomposition de la biomasse aérienne qui subsiste après une coupe forestière ou un déboisement, ni ceux issus de la combustion de tourbe et des sols tourbeux asséchés. {Figure 4.1}

Potentiel économique d'atténuation par secteur en 2030 selon des études ascendantes

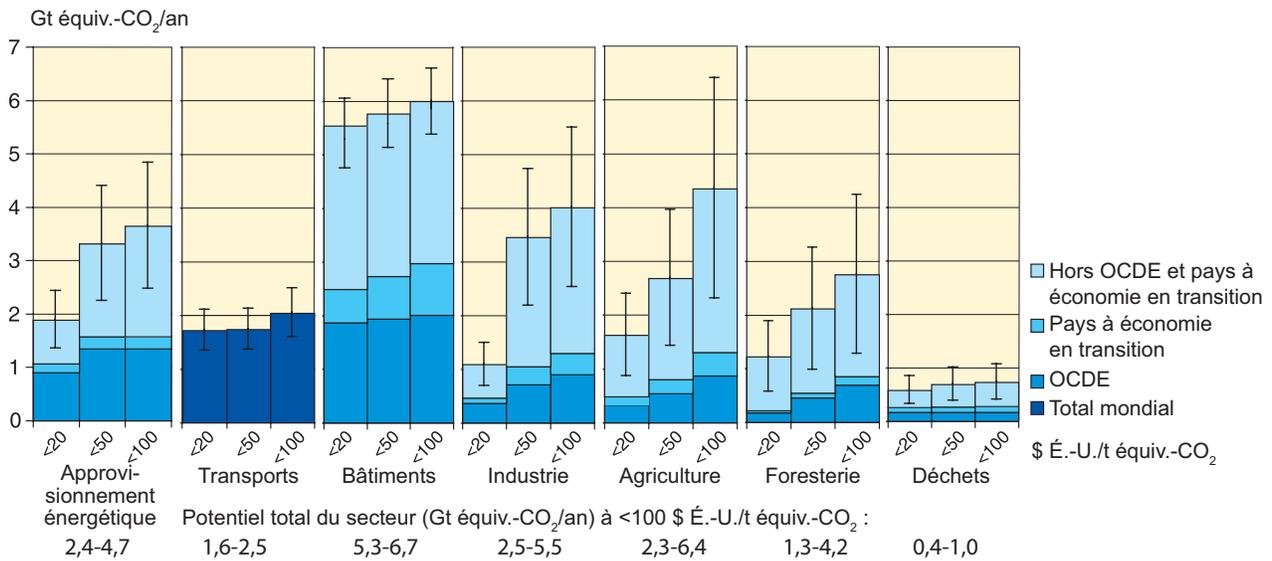


Figure RiD.10. Potentiel économique d'atténuation estimé par secteur en 2030 selon des études ascendantes, relativement aux bases de référence utilisées pour l'évaluation des divers secteurs. Le potentiel indiqué ne comprend pas les options non techniques, telle la modification des modes de vie. {Figure 4.2}

Notes :

- Les lignes verticales représentent la fourchette du potentiel économique mondial estimé pour chaque secteur. Les émissions sont attribuées selon l'usage final ; ainsi, les rejets produits par la consommation d'électricité sont imputés aux secteurs utilisateurs et non au secteur de l'approvisionnement énergétique.
- L'estimation des potentiels a été rendue difficile par le nombre limité d'études, notamment pour des prix élevés du carbone.
- Les bases de référence diffèrent selon le secteur. Pour l'industrie, on a utilisé celle du scénario B2 du SRES et, pour l'approvisionnement énergétique et les transports, celle du scénario WEO 2004. Dans le cas des bâtiments, la base de référence se situait entre celles des scénarios B2 et A1B du SRES. Pour le secteur des déchets, on a établi la base de référence à partir des forces motrices du scénario A1B du SRES. Enfin, dans le cas de l'agriculture et de la foresterie, les bases de référence reposaient essentiellement sur les forces motrices associées au scénario B2.
- Les chiffres de l'aviation internationale étant inclus, seuls figurent les totaux mondiaux pour le secteur des transports.
- Les catégories exclues sont : les émissions de gaz autres que le CO<sub>2</sub> (bâtiments et transports), une partie des options visant le rendement des matériaux, la production de chaleur et la cogénération (approvisionnement énergétique), les véhicules utilitaires lourds, le trafic maritime et les transports de passagers à fort taux d'occupation, la plupart des options coûteuses (bâtiments), le traitement des eaux usées, la réduction des rejets des mines de charbon et des gazoducs, les gaz fluorés (approvisionnement énergétique et transports). La sous-estimation du potentiel économique total qui en résulte est de l'ordre de 10 à 15 %.

**Tableau RID-5. Exemples des principales technologies d'atténuation, des politiques et mesures connexes et des conditions favorables ou défavorables à leur application, par secteur.** {Tableau 4.2}

Secteur	Principales technologies et méthodes d'atténuation déjà sur le marché. <i>Principales technologies et méthodes d'atténuation qui devraient être commercialisées d'ici 2030 (italique)</i>	Politiques, mesures et instruments ayant fait la preuve de leur efficacité sur le plan de l'environnement	Principales conditions favorables (italique) ou défavorables
Approvisionnement énergétique	Amélioration de la production et de la distribution ; passage du charbon au gaz ; énergie nucléaire ; sources d'énergie renouvelables (hydroélectricité, énergie solaire et éolienne, géothermie, bioénergie) ; cogénération ; premières applications de la technique de piégeage et de stockage du dioxyde de carbone (PSC) (p. ex. stockage du CO <sub>2</sub> extrait du gaz naturel) ; PSC dans les centrales électriques fonctionnant au gaz, à la biomasse et au charbon ; <i>énergie nucléaire de pointe ; énergies renouvelables de pointe, y compris l'énergie maremotrice et houlomotrice, l'énergie solaire concentrée et photovoltaïque</i>	Réduction des subventions visant les combustibles fossiles ; taxes sur les combustibles fossiles ou redevances sur le carbone Droits préférentiels pour les technologies basées sur les énergies renouvelables ; obligation d'utiliser les énergies renouvelables ; subventions aux producteurs	La résistance des intérêts en place peut rendre l'application difficile <i>Peut aider à créer un marché pour les technologies moins polluantes</i>
Transports	Véhicules offrant un meilleur rendement énergétique ; véhicules hybrides ; véhicules diesel moins polluants ; biocarburants ; passage du transport routier au transport ferroviaire et au transport en commun ; modes de déplacement non motorisés (bicyclette, marche) ; aménagement du territoire et planification des transports ; <i>biocarburants de deuxième génération ; aéronefs plus performants ; véhicules électriques et hybrides de pointe dotés de batteries plus puissantes et plus fiables</i>	Économie obligatoire de carburant ; mélange de biocarburants ; normes de CO <sub>2</sub> pour le transport routier Taxes à l'achat, l'enregistrement et l'utilisation de véhicules ; taxes sur les carburants ; tarification du réseau routier et du stationnement Réduction des déplacements par l'aménagement du territoire et la planification de l'infrastructure ; investissement dans des installations de transport en commun pratiques et dans les modes de déplacement non motorisés	L'efficacité peut être limitée si tout le parc automobile n'est pas visé L'efficacité peut être moindre si les revenus sont élevés <i>Convient particulièrement aux pays qui commencent à mettre en place leurs systèmes de transport</i>
Bâtiments	Efficacité de l'éclairage et utilisation de la lumière naturelle ; meilleur rendement des appareils électriques et des systèmes de chauffage et de climatisation ; amélioration des cuisinières et de l'isolation ; utilisation active et passive de l'énergie solaire pour le chauffage et la climatisation ; fluides réfrigérants de substitution, récupération et recyclage des gaz fluorés ; <i>conception intégrée des bâtiments commerciaux comprenant des techniques de contrôle et de rétroaction, tels les complexes intelligents ; énergie solaire photovoltaïque intégrée aux bâtiments</i>	Normes et étiquetage des appareils Codes du bâtiment et certification Programmes de gestion de la demande Initiatives du secteur public, y compris par les achats Aide aux sociétés de services énergétiques	Nécessité de revoir régulièrement les normes <i>Intéressant pour les bâtiments neufs. L'application peut se révéler difficile</i> Réglementation requise pour que les entreprises de services publics puissent en bénéficier <i>Les achats du secteur public peuvent accroître la demande de produits à haut rendement énergétique</i> <i>Facteur de succès : accès au financement par des tiers</i>
Industrie	Équipement électrique (utilisation finale) plus efficace ; récupération de la chaleur et de l'énergie ; recyclage et remplacement des matériaux ; maîtrise des émissions de gaz autres que le CO <sub>2</sub> ; multitude de technologies adaptées aux différents procédés ; <i>efficacité énergétique améliorée ; PSC dans les usines de production de ciment, d'ammoniac et de fer ; électrodes inertes pour la fabrication d'aluminium</i>	Établissement de données de référence ; normes de rendement ; subventions, crédits d'impôt Permis échangeables Accords volontaires	<i>Peut stimuler l'adoption de nouvelles technologies. La politique nationale doit être stable pour préserver la compétitivité à l'échelle internationale</i> Mécanismes d'attribution prévisibles et signaux de stabilité des prix pour les investissements Facteurs de succès : objectifs précis, scénario de référence, contribution de tiers à la conception et à l'examen, règles formelles de suivi, coopération étroite entre le secteur public et privé <i>Peut favoriser les synergies avec le développement durable et la réduction de la vulnérabilité à l'égard des changements climatiques, surmontant ainsi les obstacles à la mise en œuvre</i>
Agriculture	Meilleure gestion des terres arables et des pâturages afin de favoriser la fixation du carbone dans les sols ; remise en état des sols tourbeux cultivés et des terres dégradées ; amélioration de la riziculture et gestion du bétail et du foin de manière à réduire les rejets de CH <sub>4</sub> ; amélioration de l'épandage d'engrais azotés afin d'abaisser les émissions de N <sub>2</sub> O ; culture de variétés destinées à remplacer les combustibles fossiles ; meilleure efficacité énergétique ; <i>hausse du rendement des cultures</i>	Incitations financières et règlements visant à améliorer la gestion des terres ; maintien de la teneur en carbone des sols ; utilisation efficace des engrais et de l'irrigation	Incitations financières et règlements visant à améliorer la gestion des terres <i>Peut favoriser les synergies avec le développement durable et la réduction de la vulnérabilité à l'égard des changements climatiques, surmontant ainsi les obstacles à la mise en œuvre</i>
Foresterie/forêts	Boisement ; gestion forestière ; recul du déboisement ; gestion des produits forestiers et utilisation à la place des combustibles fossiles ; <i>amélioration des essences afin d'accroître la productivité de la biomasse et la fixation du carbone ; affinement des techniques de télédétection servant à analyser le potentiel de fixation du carbone dans la végétation ou les sols et à cartographier les changements d'affectation des terres</i>	Incitations financières visant à améliorer la gestion des déchets et des eaux usées Incitations financières ou obligation d'utiliser les énergies renouvelables Réglementation de la gestion des déchets	Manque de capitaux d'investissement et questions relatives aux régimes fonciers. <i>Peut contribuer à réduire la pauvreté</i>
Déchets	Récupération du CH <sub>4</sub> sur les sites d'enfouissement ; incinération des déchets avec récupération d'énergie ; compostage des matières organiques ; traitement contrôlé des eaux usées ; recyclage et minimisation des déchets ; <i>couvertures et filtres biologiques destinés à optimiser l'oxydation du CH<sub>4</sub></i>	Incitations financières visant à améliorer la gestion des déchets et des eaux usées Incitations financières ou obligation d'utiliser les énergies renouvelables Réglementation de la gestion des déchets	<i>Peut stimuler la diffusion des technologies</i> Possibilité de se procurer localement des combustibles bon marché Application très efficace au niveau national par le biais de stratégies coercitives

s'écouler avant que les technologies faisant peu appel au carbone soient largement exploitées, même dans l'éventualité où des mesures rendraient les investissements initiaux plus intéressants. Selon les premières estimations, il faudrait remettre profondément en question les choix effectués en matière d'investissement pour que, d'ici 2030, les émissions globales de CO<sub>2</sub> dues au secteur énergétique soient ramenées aux niveaux de 2005, alors même que le surcoût net ne devrait guère excéder 5 à 10 % du total des investissements. {4.3}

**Les gouvernements peuvent mettre en œuvre un large éventail de politiques et d'instruments destinés à stimuler l'atténuation, mais les possibilités d'application dépendent des circonstances nationales et du secteur visé (tableau RID.5). {4.3}**

Parmi ces moyens figurent les politiques climatiques qui doivent être intégrées dans les politiques de développement, les règlements et normes, les taxes et redevances, les permis négociables, les incitations financières, les accords volontaires, les outils d'information et les travaux de recherche, développement et démonstration. {4.3}

Un signal fort concernant le prix du carbone pourrait concrétiser une part appréciable du potentiel d'atténuation dans tous les secteurs. Selon les études de modélisation, si la tonne d'équivalent-CO<sub>2</sub> valait 20 à 80 \$ É.-U. en 2030, la stabilisation interviendrait aux alentours de 550 ppm d'équiv.-CO<sub>2</sub> en 2100. Il est possible, au même niveau de stabilisation, que les changements technologiques induits ramènent cette fourchette à 5–65 \$ É.-U. en 2030<sup>17</sup>. {4.3}

Des avantages connexes peuvent découler rapidement des mesures d'atténuation (par exemple l'amélioration de la santé grâce à la réduction de la pollution de l'air) et compenser une bonne partie des coûts encourus (*large concordance, degré élevé d'évidence*). {4.3}

L'action engagée par les Parties visées à l'annexe I de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) est capable d'infléchir l'économie mondiale et les émissions globales, mais l'ampleur des transferts d'émissions de carbone demeure incertaine (*large concordance, degré moyen d'évidence*).<sup>18</sup> {4.3}

Comme le mentionnait le troisième Rapport d'évaluation, les pays exportateurs de combustibles fossiles (qu'ils soient ou non visés à l'annexe I de la CCNUCC) doivent s'attendre à un recul de la demande et des prix et à un ralentissement de la croissance du produit intérieur brut (PIB) sous l'effet des mesures d'atténuation. L'étendue de ces répercussions dépend largement des hypothèses

retenues quant aux politiques adoptées et à la conjoncture du marché du pétrole. {4.3}

La modification des modes de vie, des comportements et des pratiques de gestion peut concourir à atténuer les effets de l'évolution du climat dans l'ensemble des secteurs (*large concordance, degré moyen d'évidence*). {4.3}

**La coopération internationale peut contribuer de bien des manières à réduire les émissions mondiales de GES. Parmi les résultats les plus remarquables de l'action menée au titre de la CCNUCC et du Protocole de Kyoto figurent l'élaboration d'une réponse mondiale face aux changements climatiques, l'adoption d'une panoplie de politiques nationales et la création d'un marché international du carbone et de mécanismes institutionnels sur lesquels pourront s'appuyer les efforts futurs (*large concordance, degré élevé d'évidence*). Les questions d'adaptation sont en outre mieux prises en compte dans le cadre de la CCNUCC, et l'on envisage de prendre d'autres initiatives internationales. {4.5}**

L'intensification de la coopération et l'expansion des mécanismes axés sur le marché abaisseront les coûts à engager pour atteindre un niveau d'atténuation donné ou augmenteront les effets bénéfiques pour l'environnement. On peut envisager, par exemple, la fixation d'objectifs d'émissions, l'exécution d'actions sectorielles, locales, infranationales et régionales, la mise en œuvre de programmes de recherche, développement et démonstration, l'adoption de politiques communes, la mise en place de stratégies de développement et l'élargissement des mécanismes de financement. {4.5}

**Dans plusieurs secteurs, il est possible de créer des synergies sans nuire à d'autres dimensions du développement durable. De fait, les décisions concernant les politiques d'ordre macroéconomique et d'autres politiques non climatiques peuvent avoir une incidence notable sur les taux d'émission, la capacité d'adaptation et la vulnérabilité à l'égard des changements climatiques. {4.4, 5.8}**

Les mesures prises aux fins d'un développement plus durable peuvent accroître les capacités d'atténuation et d'adaptation, faire reculer les émissions et réduire la vulnérabilité, mais des obstacles peuvent s'opposer à leur mise en œuvre. Pourtant, il est *très probable* que les changements climatiques risquent de ralentir les progrès accomplis sur la voie du développement durable. Ils pourraient d'ailleurs empêcher la réalisation des objectifs du Millénaire pour le développement au cours du prochain demi-siècle. {5.8}

<sup>17</sup> Dans les études évaluées dans le présent rapport, les mesures d'atténuation et les coûts macroéconomiques sont analysés au moyen de modèles descendants. La plupart de ces modèles examinent l'éventail des possibilités en fonction du moindre coût global, sur la base d'un échange universel des droits d'émission et en supposant une transparence des marchés, la gratuité des transactions et, par conséquent, une application optimale des options d'atténuation tout au long du XXI<sup>e</sup> siècle. Les coûts sont donnés pour une date précise. Si des régions, des secteurs (par exemple, l'utilisation des terres), des options ou des gaz sont exclus, les coûts globaux modélisés augmentent. Ils baissent au contraire si l'on prend des bases de référence plus basses, si l'on affecte les recettes provenant des taxes sur le carbone et de l'échange des permis et si l'on intègre l'apprentissage technologique induit. Ces modèles ne tiennent compte ni des effets bénéfiques des changements climatiques ni, en général, des avantages connexes découlant des mesures d'atténuation, ni des questions d'équité. On parvient beaucoup mieux aujourd'hui à inclure dans les études de stabilisation les approches basées sur les changements technologiques induits, mais plusieurs difficultés conceptuelles demeurent. Lorsque ces changements sont pris en considération, les coûts projetés pour atteindre un niveau de stabilisation donné sont moindres ; la réduction est encore plus importante aux niveaux de stabilisation inférieurs.

<sup>18</sup> Le point 4 du Rapport de synthèse donne davantage d'explications à ce sujet.

## 5. Les perspectives à long terme

**La détermination de ce qui constitue une « perturbation anthropique dangereuse du système climatique » au sens de l'article 2 de la CCNUCC fait intervenir des jugements de valeur. Les connaissances scientifiques sont en mesure d'éclairer cette analyse, par exemple en précisant les critères à retenir pour apprécier le caractère critique d'une vulnérabilité. {Encadré « Vulnérabilités critiques et article 2 de la CCNUCC », Point 5}.**

De nombreux systèmes sensibles aux conditions climatiques peuvent présenter des vulnérabilités critiques<sup>19</sup>, dont l'approvisionnement alimentaire, l'infrastructure, la santé, les ressources en eau, les systèmes côtiers, les écosystèmes, les cycles biogéochimiques à l'échelle planétaire, les nappes glaciaires et les configurations de la circulation atmosphérique et océanique. {Encadré « Vulnérabilités critiques et article 2 de la CCNUCC », Point 5}

**Les cinq « motifs de préoccupation » exposés dans le troisième Rapport d'évaluation sont encore valables pour examiner les vulnérabilités critiques. Ils se seraient aggravés selon les analyses présentées ici. Un degré de confiance supérieur est attaché à de nombreux risques, dont certains seraient plus grands ou surviendraient à un niveau de réchauffement moindre que prévu. On saisit mieux aujourd'hui les liens qui unissent les incidences (à l'origine des « motifs de préoccupation ») à la vulnérabilité (y compris la capacité de s'adapter à ces incidences). {5.2}**

On est à même de cerner plus précisément les facteurs qui rendent les systèmes, secteurs et régions particulièrement vulnérables et on a de plus en plus de raisons de craindre que le globe ne subisse de très vastes impacts à l'échelle de plusieurs siècles. {5.2}

- **Risques encourus par les systèmes uniques et menacés.** De nouvelles observations viennent confirmer l'incidence des changements climatiques sur les systèmes uniques en leur genre et vulnérables (notamment les populations et les écosystèmes des régions polaires et de haute montagne), pour lesquels les effets défavorables s'intensifient avec la hausse des températures. Les projections actuelles font apparaître, avec un degré de confiance plus élevé que dans le TRE, que le risque d'extinction d'espèces et de détérioration des récifs coralliens augmente avec le réchauffement. Si la température moyenne de la planète dépassait de plus de 1,5 à 2,5 °C les niveaux de 1980 à 1999, le risque d'extinction de 20 à 30 % des espèces végétales et animales recensées à ce jour serait *probablement* accru (*degré de confiance moyen*). On est davantage assuré qu'une élévation de la température moyenne à la surface du globe de 1 à 2 °C par rapport aux niveaux de 1990 (soit 1,5 à 2,5 °C de plus qu'à l'époque préindustrielle) menacerait gravement nombre de systèmes uniques et fragiles, et notamment beaucoup de zones dotées d'une grande diversité biologique. Les coraux sont sensibles au

stress thermique et disposent d'une faible capacité d'adaptation. Selon les projections, les épisodes de blanchissement seraient plus fréquents et la mortalité serait massive si la température de la mer en surface augmentait de 1 à 3 °C, à moins d'une adaptation thermique ou d'une acclimatation des coraux. Par ailleurs, les projections font état d'une vulnérabilité accrue des populations autochtones de l'Arctique et des petites îles en cas de réchauffement. {5.2}

- **Risques de phénomènes météorologiques extrêmes.** Comme l'ont révélé les réactions à plusieurs phénomènes climatiques extrêmes survenus récemment, la vulnérabilité est plus grande qu'on ne l'envisageait dans le troisième Rapport d'évaluation, tant dans les pays développés que dans les pays en développement. On anticipe aujourd'hui avec un degré de confiance plus élevé une augmentation des sécheresses, des vagues de chaleur et des inondations ainsi qu'un accroissement de leurs effets défavorables. {5.2}
- **Répartition des effets et des vulnérabilités.** Il existe des écarts considérables entre les régions, et celles dont la situation économique est la plus défavorable sont souvent les plus vulnérables aux changements climatiques et aux dommages qui s'y associent, en particulier en présence de stress multiples. On a davantage de raisons de penser que certains segments de la population deviennent plus vulnérables, notamment les pauvres et les personnes âgées, dans les pays en développement comme dans les pays développés. Par ailleurs, de plus en plus d'éléments semblent indiquer que les zones peu développées ou situées aux basses latitudes, notamment les régions sèches et les grands deltas, seront davantage exposées. {5.2}
- **Effets cumulés.** Selon les projections, les avantages nets liés au marché qu'offrira dans un premier temps le changement climatique culmineront à un niveau de réchauffement moindre, et donc plus tôt qu'il n'était indiqué dans le TRE. Il est *probable* que la hausse plus marquée de la température à la surface du globe provoquera des dommages plus importants qu'estimé dans le TRE. De plus, le coût net des effets d'un réchauffement accru devrait augmenter au fil du temps. {5.2}
- **Risques de singularités à grande échelle.** On estime avec *un degré de confiance élevé* que, si la planète continuait de se réchauffer pendant plusieurs siècles, l'élévation du niveau de la mer due à la seule dilatation thermique serait beaucoup plus importante qu'elle ne l'a été au XX<sup>e</sup> siècle, engloutissant des zones côtières entières, avec toutes les incidences connexes. Par rapport au troisième Rapport d'évaluation, on comprend mieux que le risque de voir le Groenland et, éventuellement, l'Antarctique contribuer eux aussi à l'élévation du niveau de la mer puisse être supérieur à celui projeté par les modèles de nappes glaciaires et que le phénomène puisse durer plusieurs siècles. En effet, la dynamique des glaces qui a été observée récemment, mais dont les modèles évalués dans le quatrième Rapport d'évaluation n'ont pas parfaitement tenu compte, risque d'accélérer la disparition des glaces. {5.2}

<sup>19</sup>Parmi les critères utilisés dans les textes pour juger du caractère « critique » des vulnérabilités figurent l'ampleur, le moment d'apparition, le caractère persistant ou réversible, les effets de répartition, la probabilité et l'« importance » des incidences ainsi que la possibilité de s'adapter à ces dernières.

**Ni l'adaptation ni l'atténuation ne permettront, à elles seules, de prévenir totalement les effets des changements climatiques (degré de confiance élevé). Les deux démarches peuvent toutefois se compléter et réduire sensiblement les risques encourus. {5.3}**

L'adaptation est nécessaire à court et à plus long terme pour faire face aux conséquences du réchauffement qui sont inévitables, même selon les scénarios de stabilisation aux niveaux les plus bas qui ont été évalués. Il existe des obstacles, des limites et des coûts que l'on ne cerne pas toujours parfaitement. Il est probable que, si l'évolution du climat se poursuivait sans intervention, la capacité d'adaptation des systèmes naturels, aménagés et humains serait dépassée à longue échéance. Ces seuils ne seront pas franchis au même moment dans tous les secteurs, ni dans toutes les régions. La mise en œuvre précoce de mesures d'atténuation permettrait de ne pas rester tributaire d'une infrastructure à forte intensité de carbone et d'atténuer les effets des changements climatiques et les besoins d'adaptation connexes. {5.2, 5.3}

**Il est possible de diminuer, de différer ou d'éviter de nombreux effets grâce aux mesures d'atténuation. Les efforts et les investissements qui seront réalisés dans les vingt à trente prochaines années auront une incidence notable sur la possibilité de stabiliser les concentrations à un niveau relativement bas. Tout retard pris dans la réduction des émissions amenuiserait sensiblement cette possibilité et accentuerait les risques d'aggravation des effets. {5.3, 5.4, 5.7}**

Les émissions de GES doivent culminer puis décroître pour que les concentrations atmosphériques de ces gaz se stabilisent. Plus le niveau de stabilisation visé est bas, plus le pic doit être atteint rapidement.<sup>20</sup> {5.4}

Le tableau RiD.6 et la figure RiD.11 présentent les taux d'émissions associés à différentes concentrations de stabilisation ainsi que l'élévation résultante, à l'équilibre et à long terme, de la température du globe et du niveau de la mer due à la seule dilatation thermique.<sup>21</sup> Pour atteindre un niveau donné de stabilisation des

**Tableau RiD.6.** Caractéristiques des scénarios de stabilisation post-TRE et élévation résultante, à l'équilibre et à long terme, de la température moyenne à la surface du globe et du niveau de la mer due à la seule dilatation thermique.<sup>a</sup> {Tableau 5.1}

Catégorie	Concentration de CO <sub>2</sub> au niveau de stabilisation (2005 = 379 ppm) <sup>b</sup>	Concentration d'équivalent-CO <sub>2</sub> au niveau de stabilisation, y compris GES et aérosols (2005 = 375 ppm) <sup>b</sup>	Année du pic d'émissions de CO <sub>2</sub> <sup>a, c</sup>	Variation des émissions mondiales de CO <sub>2</sub> en 2050 (par rapport aux émissions en 2000) <sup>a, c</sup>	Écart entre la température moyenne du globe à l'équilibre et la température préindustrielle, selon la valeur la plus probable de la sensibilité du climat <sup>d, e</sup>	Écart entre le niveau moyen de la mer à l'équilibre et le niveau préindustriel dû à la seule dilatation thermique <sup>f</sup>	Nombre de scénarios évalués
	ppm	ppm	année	%	°C	mètres	
I	350-400	445-490	2000-2015	- 85 à - 50	2,0-2,4	0,4-1,4	6
II	400-440	490-535	2000-2020	- 60 à - 30	2,4-2,8	0,5-1,7	18
III	440-485	535-590	2010-2030	- 30 à + 5	2,8-3,2	0,6-1,9	21
IV	485-570	590-710	2020-2060	+ 10 à + 60	3,2-4,0	0,6-2,4	118
V	570-660	710-855	2050-2080	+ 25 à + 85	4,0-4,9	0,8-2,9	9
VI	660-790	855-1 130	2060-2090	+ 90 à +140	4,9-6,1	1,0-3,7	5

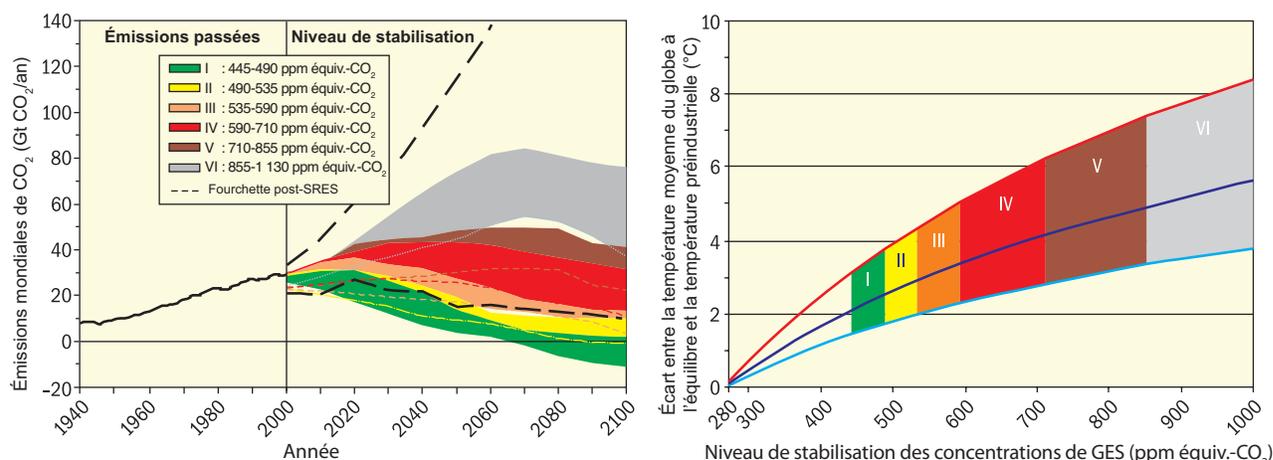
Notes :

- a) Il est possible que les études d'atténuation évaluées sous-estiment la baisse des émissions nécessaire pour atteindre un niveau de stabilisation donné, car elles ne tiennent pas compte des rétroactions du cycle du carbone (voir également le point 2.3).
- b) Les concentrations atmosphériques de CO<sub>2</sub> atteignaient 379 ppm en 2005. La valeur la plus probable de la concentration totale d'équivalent-CO<sub>2</sub> pour tous les GES à longue durée de vie s'établissait à 455 ppm environ en 2005, tandis que la valeur correspondante incluant l'effet net de l'ensemble des agents de forçage anthropique était de 375 ppm.
- c) La fourchette correspond aux 15<sup>e</sup>-85<sup>e</sup> percentiles de la distribution des scénarios post-TRE. Les émissions de CO<sub>2</sub> sont données afin de pouvoir comparer les scénarios portant sur plusieurs gaz aux scénarios qui se limitent au CO<sub>2</sub> (voir la figure RiD.3).
- d) La valeur la plus probable de la sensibilité du climat s'établit à 3 °C.
- e) L'inertie propre au système climatique explique le fait que la température moyenne du globe à l'équilibre se distingue de la température moyenne du globe au moment où les concentrations de GES seront stabilisées. Selon la majorité des scénarios évalués, les concentrations de GES se stabilisent entre 2100 et 2150 (voir également la note de bas de page 21).
- f) L'élévation du niveau de la mer à l'équilibre tient uniquement compte de la dilatation thermique des océans, et l'état d'équilibre ne sera pas atteint avant de nombreux siècles. Ces valeurs ont été estimées au moyen de modèles climatiques relativement simples (un MCGAO de faible résolution et plusieurs MSTCI, pour une sensibilité du climat de 3 °C) et ne comprennent pas l'apport de la fonte des inlandsis, des glaciers et des calottes glaciaires. On estime que la dilatation thermique entraînera à long terme une élévation de 0,2 à 0,6 m du niveau de la mer pour chaque degré Celsius d'augmentation de la température moyenne du globe par rapport à l'époque préindustrielle. (MCGAO : modèle de la circulation générale couplé atmosphère-océan ; MSTCI : modèle du système terrestre de complexité intermédiaire)

<sup>20</sup> Le pic des émissions devrait être atteint en 2015 pour la catégorie inférieure des scénarios d'atténuation et en 2090 pour la catégorie supérieure (voir le tableau RiD.6). Le rythme de l'évolution du climat est très différent avec les scénarios qui considèrent d'autres modes de réduction des émissions.

<sup>21</sup> Dans le quatrième Rapport d'évaluation, il n'y a pas de valeurs estimées de l'évolution de la température au cours du présent siècle selon les différents scénarios de stabilisation. Pour la plupart des niveaux de stabilisation, la température moyenne du globe à l'équilibre est atteinte au bout de quelques siècles. L'état d'équilibre pourrait survenir plus tôt avec les scénarios de stabilisation aux niveaux les plus bas (catégories I et II, figure RiD.11).

### Augmentation des émissions de CO<sub>2</sub> et de la température à l'équilibre selon divers niveaux de stabilisation



**Figure RiD.11.** Émissions mondiales de CO<sub>2</sub> entre 1940 et 2000 et fourchettes d'émissions anticipées, selon les catégories de scénarios de stabilisation, pour la période 2000-2100 (à gauche) ; rapport entre l'objectif de stabilisation et l'écart probable entre la température moyenne du globe à l'équilibre et la température préindustrielle (à droite). Il peut s'écouler plusieurs siècles avant que ne soit atteint l'état d'équilibre, surtout avec les scénarios qui prévoient un haut niveau de stabilisation. Les zones colorées correspondent aux scénarios de stabilisation groupés selon leurs objectifs (catégories I à VI). On voit, à droite, l'écart entre la température moyenne du globe et la température préindustrielle selon i) la valeur la plus probable de la sensibilité du climat, soit 3 °C (trait noir recoupant les zones colorées), ii) la limite supérieure de la plage probable de la sensibilité du climat, soit 4,5 °C (ligne rouge délimitant le haut des zones colorées) et iii) la limite inférieure de la plage probable de la sensibilité du climat, soit 2 °C (ligne bleue délimitant le bas des zones colorées). Dans la partie gauche, les lignes noires en pointillés représentent les fourchettes d'émissions des scénarios de référence publiés depuis le SRES (2000). Les gammes d'émissions des scénarios de stabilisation comprennent le CO<sub>2</sub> uniquement ou plusieurs gaz. Elles correspondent au 10<sup>e</sup>-90<sup>e</sup> percentiles de la distribution complète. Note : Dans la plupart des scénarios, les émissions de CO<sub>2</sub> ne comprennent pas les rejets issus de la décomposition de la biomasse aérienne qui subsiste après une coupe forestière ou un déboisement, ni ceux issus de la combustion de tourbe et des sols tourbeux asséchés. {Figure 5.1}

températures, les mesures d'atténuation doivent être prises plus tôt et avec plus de rigueur si l'on suppose que la sensibilité du climat est grande. [5.4, 5.7]

Il est inévitable que le réchauffement s'accompagne d'une élévation du niveau de la mer. La dilatation thermique se poursuivra pendant de nombreux siècles après que les concentrations de GES se seront stabilisées, à quelque niveau que ce soit, provoquant une montée des eaux beaucoup plus importante que celle projetée pour

le XXI<sup>e</sup> siècle. Si la hausse des températures se maintenait pendant des siècles au-delà de la fourchette 1,9-4,6 °C par rapport à l'époque préindustrielle, la fonte de l'inlandsis groenlandais pourrait faire monter le niveau de la mer de plusieurs mètres, pour un apport supérieur à celui de la dilatation thermique. Étant donné les délais en jeu dans la dilatation thermique et la réaction des nappes glaciaires au réchauffement, il s'écoulerait des siècles entre le moment où les concentrations de GES se stabiliseraient aux niveaux actuels

**Tableau RiD.7.** Estimation des coûts macroéconomiques mondiaux en 2030 et 2050, relativement à la base de référence établie pour les voies les moins coûteuses de stabilisation à long terme. {Tableau 5.2}

Niveau de stabilisation (ppm équiv.-CO <sub>2</sub> )	Médiane de la baisse du PIB <sup>a</sup> (%)		Baisse du PIB <sup>b</sup> (%)		Ralentissement de la progression moyenne du PIB par an (points de pourcentage) <sup>c, e</sup>	
	2030	2050	2030	2050	2030	2050
445-535 <sup>d</sup>	Non disponible		< 3	< 5,5	< 0,12	< 0,12
535-590	0,6	1,3	0,2 à 2,5	légèrement moins de 4	< 0,1	< 0,1
590-710	0,2	0,5	- 0,6 à 1,2	- 1 à 2	< 0,06	< 0,05

Notes :

Les valeurs présentées s'appuient sur l'ensemble des textes qui fournissent des chiffres sur le PIB, indépendamment des bases de référence et des scénarios d'atténuation.

a) PIB mondial calculé selon les taux de change du marché.

b) La fourchette correspondant aux 10<sup>e</sup> et 90<sup>e</sup> percentiles des données analysées est précisée, le cas échéant. Les valeurs négatives représentent une hausse du PIB. La première ligne (445-535 ppm équiv.-CO<sub>2</sub>) correspond uniquement à la limite supérieure des estimations fournies dans les textes.

c) Le ralentissement de la progression annuelle du PIB est le fléchissement moyen au cours de la période visée qui aboutirait à la décroissance du PIB indiquée en 2030 et 2050.

d) Les études sont peu nombreuses et s'appuient généralement sur des bases de référence basses. Des bases de référence plus élevées concernant les émissions majorent généralement les coûts.

e) Les valeurs correspondent à l'estimation maximale de la baisse du PIB apparaissant dans la troisième colonne.

ou à des niveaux supérieurs et le moment où le niveau de la mer cesserait à son tour de monter. {5.3, 5.4}

**Tous les niveaux de stabilisation analysés pourraient être atteints en déployant un éventail de technologies qui sont déjà commercialisées ou qui devraient l'être d'ici quelques décennies, à condition toutefois que des mesures adaptées et efficaces stimulent la mise au point, l'acquisition, l'application et la diffusion de ces technologies et éliminent les obstacles connexes (large concordance, degré élevé d'évidence). {5.5}**

Selon l'ensemble des scénarios de stabilisation évalués, 60 à 80 % du recul des émissions proviendrait de l'approvisionnement et de la consommation énergétique ainsi que des procédés industriels. L'efficacité énergétique joue un rôle prépondérant dans de nombreux scénarios. En ce qui concerne l'utilisation des terres et la foresterie, les mesures d'atténuation visant à la fois le CO<sub>2</sub> et les autres gaz offrent une plus grande souplesse et une meilleure efficacité par rapport au coût. Les bas niveaux de stabilisation exigent des investissements précoces ainsi qu'une diffusion et une commercialisation beaucoup plus rapides des technologies de pointe à faibles taux d'émission. {5.5}

Il pourrait s'avérer difficile de réduire les émissions de manière significative sans procéder à des investissements conséquents et à un transfert efficace des technologies. Il importe par ailleurs d'assurer le financement du surcoût des technologies pauvres en carbone. {5.5}

**En règle générale, les coûts macroéconomiques de l'atténuation augmentent parallèlement à la rigueur des objectifs de stabilisation (tableau RiD.7). Ils s'écartent considérablement de la moyenne pour certains pays et secteurs.<sup>22</sup> {5.6}**

Une stabilisation entre 710 et 445 ppm équiv.-CO<sub>2</sub> en 2050 impliquerait, à l'échelle de la planète, des coûts macroéconomiques moyens se situant entre une hausse de 1 % et une baisse de 5,5 % du PIB mondial (tableau RiD.7). Cela équivaut à un ralentissement de la progression moyenne du PIB mondial de moins de 0,12 point de pourcentage par an. {5.6}

**Faire face aux changements climatiques suppose un processus itératif de gestion des risques qui prenne en considération les mesures d'atténuation comme les mesures d'adaptation et qui tienne compte des dommages et des avantages connexes, de la durabilité, de l'équité et de l'attitude à l'égard des risques. {5.1}**

Les répercussions des changements climatiques imposeront *très probablement* des coûts annuels nets qui s'alourdiront à mesure que les températures augmenteront à l'échelle planétaire. Des estimations validées établissent en moyenne le coût social du carbone<sup>23</sup> à 12 \$ É.-U. par tonne de CO<sub>2</sub> en 2005, mais la fourchette obtenue sur cent estimations est large (- 3 à 95 \$ É.-U./t CO<sub>2</sub>). Cela s'explique en partie par les différentes hypothèses retenues quant à la sensibilité du climat, aux délais de réponse, au traitement des risques et des questions d'équité, aux incidences économiques et autres, à la prise en compte d'éventuelles pertes catastrophiques et aux taux d'actualisation. Les valeurs totales estimées des coûts masquent des écarts importants entre secteurs, régions et populations. Elles sous-estiment *très probablement* le coût des dommages, puisque nombre d'incidences sont impossibles à chiffrer. {5.7}

D'après les résultats préliminaires et partiels d'un certain nombre d'analyses intégrées, les coûts et les avantages des mesures d'atténuation seraient du même ordre de grandeur, sans qu'il soit toutefois possible de déterminer avec certitude le mode de réduction des émissions ou le niveau de stabilisation pour lequel les avantages excéderaient les coûts. {5.7}

La sensibilité du climat reste l'une des principales incertitudes qui entachent les scénarios d'atténuation visant une température donnée. {5.4}

Le choix de l'ampleur et du calendrier des mesures d'atténuation exige de mettre en balance les coûts économiques d'une baisse accélérée des émissions de GES et les risques climatiques à moyen et long terme d'un retard d'intervention. {5.7}

<sup>22</sup> Voir les précisions données sur l'estimation des coûts et les hypothèses des modèles dans la note de bas de page 17.

<sup>23</sup> Coût économique net, actualisé, des dommages provoqués par les changements climatiques à l'échelle du globe.

# Bilan 2007 des changements climatiques : Rapport de synthèse

---

## Rapport de synthèse

### **Une évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat**

*Le présent rapport, dont le contenu a été approuvé point par point lors de la XXVII<sup>e</sup> session plénière du GIEC (Valence, Espagne, 12-17 novembre 2007), constitue la déclaration officielle du GIEC sur les principales conclusions et incertitudes exposées dans les contributions des Groupes de travail au quatrième Rapport d'évaluation.*

---

Basé sur un projet de texte rédigé par :

#### **Équipe de rédaction principale**

Lenny Bernstein, Peter Bosch, Osvaldo Canziani, Zhenlin Chen, Renate Christ, Ogunlade Davidson, William Hare, Saleemul Huq, David Karoly, Vladimir Kattsov, Zbigniew Kundzewicz, Jian Liu, Ulrike Lohmann, Martin Manning, Taroh Matsuno, Bettina Menne, Bert Metz, Monirul Mirza, Neville Nicholls, Leonard Nurse, Rajendra Pachauri, Jean Palutikof, Martin Parry, Dahe Qin, Nijavalli Ravindranath, Andy Reisinger, Jiawen Ren, Keywan Riahi, Cynthia Rosenzweig, Matilde Rusticucci, Stephen Schneider, Youba Sokona, Susan Solomon, Peter Stott, Ronald Stouffer, Taishi Sugiyama, Rob Swart, Dennis Tirpak, Coleen Vogel, Gary Yohe

#### **Équipe de rédaction élargie**

Terry Barker

#### **Éditeurs-réviseurs**

Abdelkader Allali, Roxana Bojariu, Sandra Diaz, Ismail Elgizouli, Dave Griggs, David Hawkins, Olav Hohmeyer, Bubu Pateh Jallow, Lu ka Kajfež-Bogataj, Neil Leary, Hoesung Lee, David Wratt



---

# Introduction

---

## Introduction

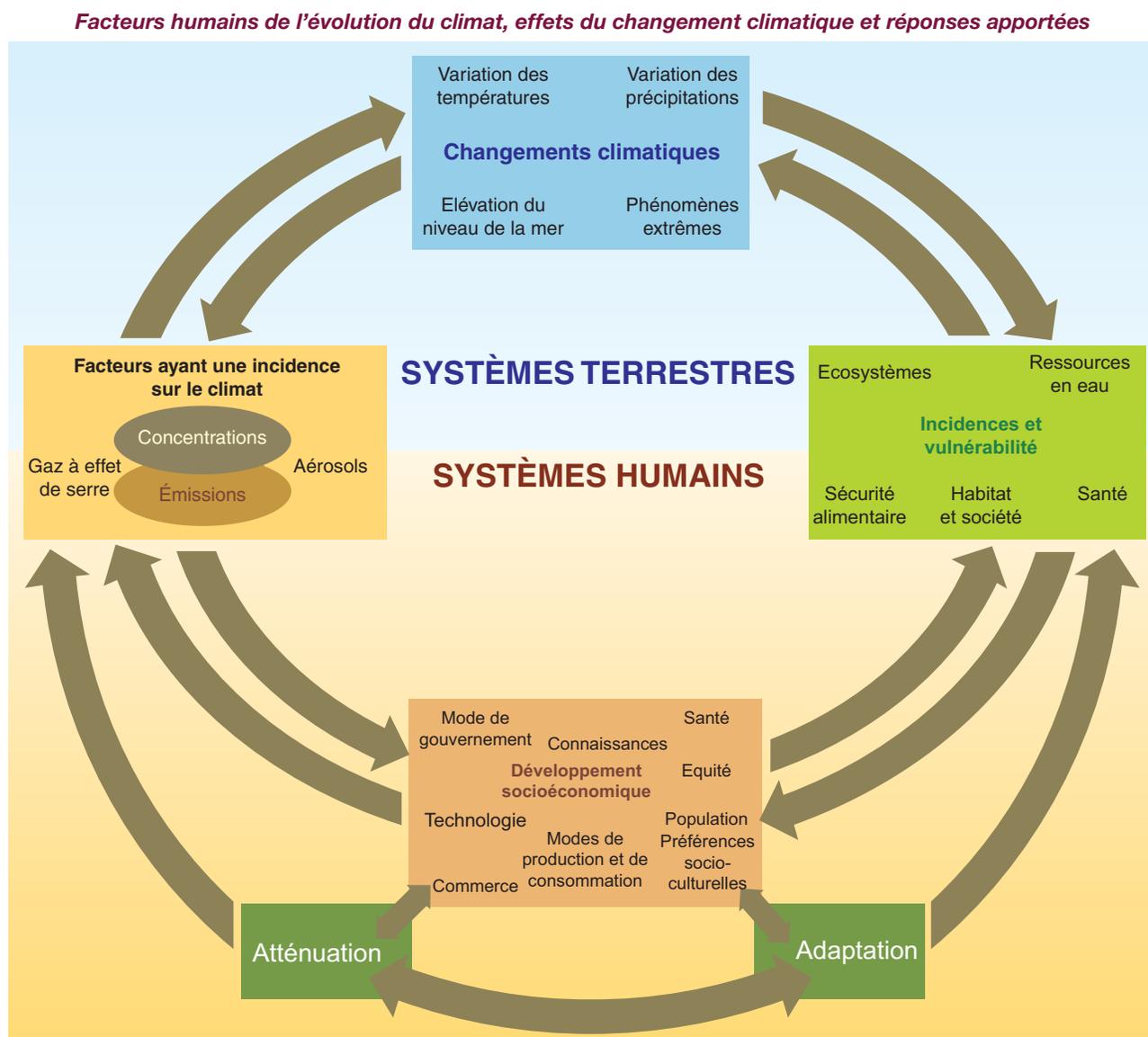
Le Rapport de synthèse constitue la dernière partie du quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). Il présente un bilan des changements climatiques fondé sur les conclusions des trois Groupes de travail du GIEC.

Le Point 1 résume les changements climatiques qui sont observés ainsi que leurs effets sur les systèmes naturels et humains, sans tenir compte de leurs causes, qui sont évaluées dans le cadre du Point 2. Le Point 3 est consacré aux projections relatives aux changements climatiques futurs et à leurs incidences selon divers scénarios.

Le Point 4 examine les possibilités d'adaptation et d'atténuation au cours des prochaines décennies ainsi que leurs corrélations avec le développement durable. Le Point 5 évalue, sous un angle plus théorique et dans une perspective à long terme, les rapports entre l'adaptation et

l'atténuation, tandis que le Point 6 résume les principales conclusions robustes du Rapport et les incertitudes clés qui subsistent.

La figure I.1 donne une représentation schématique des facteurs humains de l'évolution du climat, des effets du changement climatique et des réponses apportées, ainsi que de leurs corrélations. En 2001, lorsqu'est paru le troisième Rapport d'évaluation, les informations disponibles permettaient surtout d'établir ces corrélations dans le sens des aiguilles d'une montre, c'est-à-dire de déterminer les changements climatiques et leurs incidences à partir des données socioéconomiques et des émissions. Grâce à une meilleure connaissance de ces corrélations, il est désormais possible de les évaluer dans le sens contraire des aiguilles d'une montre, autrement dit de définir des voies de développement possibles et des limitations des émissions globales susceptibles de réduire le risque d'incidences futures indésirables.



**Figure I.1.** Représentation schématique des facteurs humains de l'évolution du climat, des effets sur le changement climatique et des réponses apportées, ainsi que de leurs corrélations.

## Traitement de l'incertitude

La note d'orientation du GIEC sur l'incertitude<sup>1</sup> établit un cadre de référence pour le traitement de l'incertitude à l'intention des trois Groupes de travail et aux fins du présent Rapport de synthèse. Il s'agit d'un cadre général, étant donné que les informations évaluées relèvent de différentes disciplines et que les méthodes de traitement de l'incertitude tirées de la littérature sont variées. Les données, indicateurs et analyses utilisés en sciences naturelles sont généralement d'une autre nature que ceux qui servent à évaluer le développement technologique ou qui sont utilisés en sciences sociales. Les travaux du Groupe de travail I entrent dans la première catégorie, ceux du Groupe de travail III dans la seconde, tandis que le domaine d'étude du Groupe de travail II englobe les deux catégories.

Trois approches différentes, faisant chacune appel à une terminologie particulière, sont adoptées pour décrire les incertitudes. Leur choix dépend tout à la fois de la nature de l'information disponible et de l'avis autorisé des auteurs quant à l'exactitude et au degré d'exhaustivité des connaissances scientifiques actuelles.

Lorsque l'évaluation de l'incertitude est qualitative, elle consiste à donner une idée approximative de la quantité et de la qualité des éléments probants (c'est-à-dire des informations théoriques ou tirées d'observations ou de modèles indiquant si une opinion ou proposition est vraie ou valable) ainsi que du degré de concordance (c'est-à-dire du niveau de convergence des documents sur une conclusion donnée). C'est cette approche qu'adopte le Groupe de travail III en utilisant une série de termes explicites tels que : *large concordance, degré élevé d'évidence ; large concordance, degré moyen d'évidence ; concordance moyenne, degré moyen d'évidence ; etc.*

Lorsque l'évaluation de l'incertitude est plutôt quantitative et fondée sur un avis autorisé quant à l'exactitude des données, des analyses ou des modèles utilisés, on emploie les degrés de confiance ci-après pour exprimer la probabilité qu'une conclusion est correcte : *degré de confiance très élevé* (9 chances au moins sur 10) ; *degré de confiance élevé* (environ 8 chances sur 10) ; *degré de confiance moyen* (environ 5 chances sur 10) ; *faible degré de confiance* (environ 2 chances sur 10) ; *et très faible degré de confiance* (moins d'une chance sur 10).

Lorsque l'évaluation de l'incertitude concerne des résultats précis et qu'elle est fondée sur un avis autorisé et une analyse statistique d'une série d'éléments probants (par exemple des observations ou des résultats de modèles), on utilise les fourchettes de probabilité ci-après pour exprimer la probabilité d'occurrence : *pratiquement certain* (probabilité supérieure à 99 %) ; *extrêmement probable* (probabilité supérieure à 95 %) ; *très probable* (probabilité supérieure à 90 %) ; *probable* (probabilité supérieure à 66 %) ; *plus probable qu'improbable* (probabilité supérieure à 50 %) ; *à peu près aussi probable qu'improbable* (probabilité de 33 % à 66 %) ; *improbable* (probabilité inférieure à 33 %) ; *très improbable* (probabilité inférieure à 10 %) ; *extrêmement improbable* (probabilité inférieure à 5 %) ; *exceptionnellement improbable* (probabilité inférieure à 1 %).

Le Groupe de travail II a eu recours aux évaluations du degré de confiance et de la probabilité, tandis que le Groupe de travail I a essentiellement utilisé les évaluations de la probabilité.

Le présent Rapport de synthèse reprend les modes d'évaluation de l'incertitude adoptés par les trois Groupes de travail. Lorsque des conclusions synthétiques reposent sur des informations provenant de plus d'un Groupe de travail, l'incertitude est exprimée dans les termes qui apparaissent dans les rapports des Groupes de travail respectifs.

Sauf indication contraire, les chiffres placés entre crochets qui figurent dans le présent rapport correspondent à un intervalle d'incertitude à 90 % (c'est-à-dire qu'il y a une probabilité estimée de 5 % que la valeur recherchée soit au-delà de l'intervalle indiqué entre crochets et une probabilité de 5 % qu'elle soit en-deçà). Les intervalles d'incertitude ne sont pas toujours répartis de façon symétrique de part et d'autre de la valeur la plus probable.

<sup>1</sup> <http://www.ipcc.ch/meetings/ar4-workshops-express-meetings/uncertainty-guidance-note.pdf>



# 1

---

## **Changements climatiques observés et effets constatés**

---

## 1.1 Observations relatives aux changements climatiques

Depuis le troisième Rapport d'évaluation, les connaissances sur l'évolution du climat dans l'espace et le temps ont considérablement progressé grâce aux améliorations apportées à de nombreux jeux et analyses de données, à l'élargissement de la couverture géographique, à une meilleure compréhension des incertitudes et à une diversification des mesures effectuées. *{GT I RiD}*

### Définitions du changement climatique

Selon le GIEC, le changement climatique s'entend d'une variation de l'état du climat que l'on peut déceler (par exemple au moyen de tests statistiques) par des modifications de la moyenne et/ou de la variabilité de ses propriétés et qui persiste pendant une longue période, généralement pendant des décennies ou plus. Il se rapporte à tout changement du climat dans le temps, qu'il soit dû à la variabilité naturelle ou à l'activité humaine. Cette définition diffère de celle figurant dans la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC), selon laquelle les changements climatiques désignent des changements 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.

**Le réchauffement du système climatique est sans équivoque. On note déjà, à l'échelle du globe, une hausse des températures moyennes de l'atmosphère et de l'océan, une fonte massive de la neige et de la glace et une élévation du niveau moyen de la mer (figure 1.1).** *{GT I 3.2, 4.8, 5.2, 5.5, RiD}*

Onze des douze dernières années (1995–2006) figurent parmi les douze années les plus chaudes depuis 1850, date à laquelle ont débuté les relevés instrumentaux de la température à la surface du globe. Alors que, dans le troisième Rapport d'évaluation (TRE), on estimait à 0,6 [0,4-0,8] °C la tendance linéaire au réchauffement entre 1901 et 2000, la valeur établie pour 1906–2005 atteint 0,74 [0,56-0,92] °C (figure 1.1). Entre 1956 et 2005, la tendance linéaire (0,13 [0,10-0,16] °C tous les dix ans) sur un demi-siècle est près de deux fois plus importante que celle constatée sur un siècle, entre 1906 et 2005. *{GT I 3.2, RiD}*

Les températures ont augmenté presque partout dans le monde, quoique de manière plus sensible aux latitudes élevées de l'hémisphère Nord (figure 1.2). Les températures moyennes dans l'Arctique ont augmenté pratiquement deux fois plus vite que les températures mondiales au cours des 100 dernières années. Les régions continentales connaissent un réchauffement plus rapide que les océans (figures 1.2 et 2.5). Selon les observations effectuées depuis 1961, la température moyenne des océans s'est accrue à des profondeurs d'au moins 3 000 mètres, et les océans ont absorbé plus de 80 % de la chaleur ajoutée au système climatique. De nouvelles analyses de mesures effectuées par ballon et par satellite des températures de la troposphère inférieure et moyenne font apparaître des taux de réchauffement analogues à ceux constatés pour les températures de surface. *{GT I 3.2, 3.4, 5.2, RiD}*

L'élévation du niveau de la mer concorde avec le réchauffement (figure 1.1). Sur l'ensemble de la planète, le niveau moyen de la mer

s'est élevé de 1,8 [1,3-2,3] mm/an en moyenne entre 1961 et 2003, et d'environ 3,1 [2,4-3,8] mm/an en moyenne entre 1993 et 2003. On ne peut dire à l'heure actuelle si l'accélération du rythme qui a été constatée entre 1993 et 2003 traduit une variation décennale ou un renforcement de la tendance à long terme. On estime que, depuis 1993, l'élévation du niveau de la mer est imputable pour 57 % environ à la dilatation thermique des océans, pour 28 % environ à la fonte des glaciers et des calottes glaciaires et, pour le reste, à la rétraction des nappes glaciaires polaires. Entre 1993 et 2003, la somme de ces facteurs concorde, aux incertitudes près, avec l'élévation totale du niveau de la mer qui est directement observée. *{GT I 4.6, 4.8, 5.5, RiD, tableau RiD.1}*

La diminution observée de l'étendue des zones couvertes de neige et de glace concorde elle aussi avec le réchauffement (figure 1.1). Les données-satellite dont on dispose depuis 1978 montrent que l'étendue annuelle moyenne des glaces a diminué de 2,7 [2,1-3,3] % par décennie dans l'océan Arctique, avec un recul plus marqué en été (7,4 [5,0-9,8] % par décennie). Les glaciers et la couverture neigeuse occupent une moins grande superficie dans les deux hémisphères. Depuis 1900, l'étendue maximale du gélisol saisonnier a diminué de quelque 7 % dans l'hémisphère Nord, ce recul pouvant atteindre 15 % au printemps. Depuis les années 1980, les températures à la surface du pergélisol se sont globalement accrues (jusqu'à 3 %) dans l'Arctique. *{GT I 3.2, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, 5.5, RiD}*

D'autres aspects du climat se sont durablement modifiés, tant à l'échelle continentale et régionale qu'à celle des bassins océaniques. Une évolution des précipitations a été observée entre 1900 et 2005 dans beaucoup de grandes régions. Ainsi, pendant cette période, les précipitations ont fortement augmenté dans l'est de l'Amérique du Nord et du Sud, dans le nord de l'Europe et dans le nord et le centre de l'Asie, tandis qu'elles diminuaient au Sahel, en Méditerranée, en Afrique australe et dans une partie de l'Asie du Sud. Il est *probable*<sup>2</sup> que la sécheresse a progressé à l'échelle du globe depuis les années 1970. *{GT I 3.3, 3.9, RiD}*

La fréquence et/ou l'intensité de certains phénomènes météorologiques extrêmes a changé au cours des 50 dernières années :

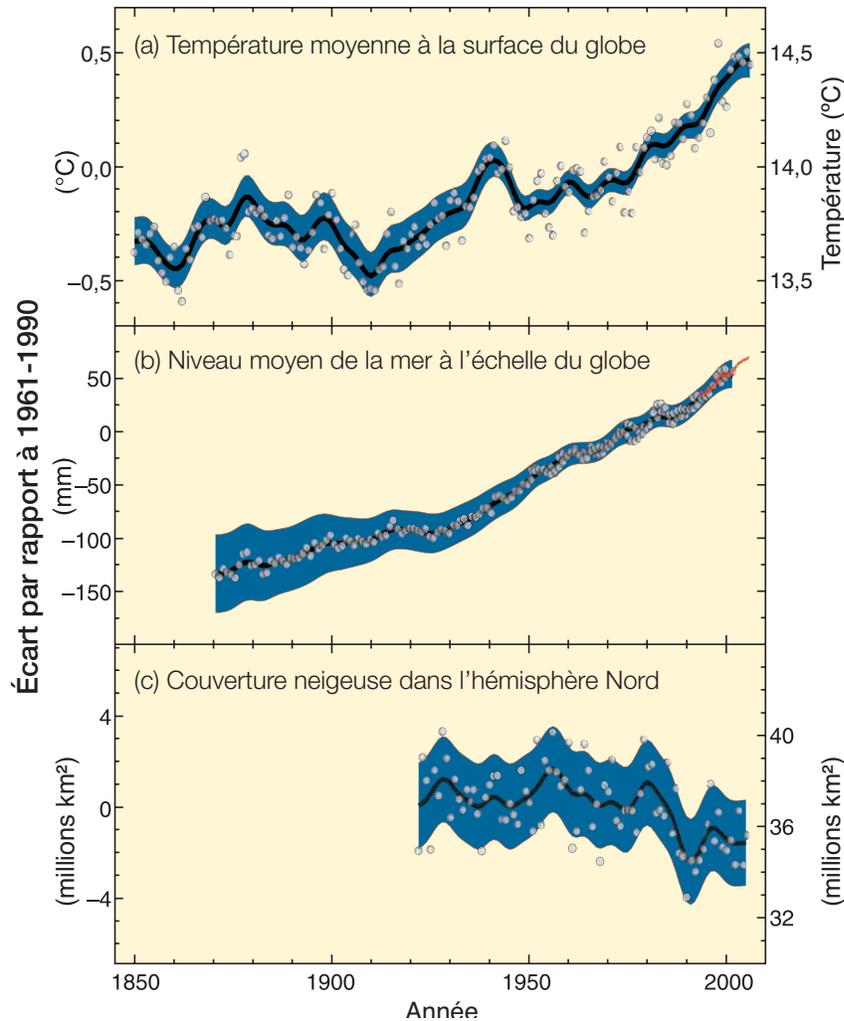
- Il est *très probable* que les journées froides, les nuits froides et le gel ont été moins fréquents sur la plus grande partie des terres émergées et que le nombre de journées chaudes et de nuits chaudes a au contraire augmenté. *{GT I 3.8, RiD}*
- Il est *probable* que les vagues de chaleur sont devenues plus fréquentes sur la majeure partie des terres émergées. *{GT I 3.8, RiD}*
- Il est *probable* que la fréquence des épisodes de fortes précipitations (ou la proportion des précipitations totales correspondant à de fortes précipitations) a augmenté dans la plupart des régions. *{GT I 3.8, 3.9, RiD}*
- Il est *probable* que la fréquence des épisodes d'élévation extrême du niveau de la mer<sup>3</sup> s'est accrue en de nombreux endroits du globe depuis 1975. *{GT I 5.5, RiD}*

Les observations révèlent une augmentation de l'activité cyclonique tropicale intense dans l'Atlantique Nord depuis 1970 environ. Il semble en outre que cette activité s'est renforcée dans certaines autres régions où la qualité des données est une préoccupation majeure. La variabilité à l'échelle pluridécennale et la qualité des relevés concernant les cyclones tropicaux avant l'instauration d'observations régulières par satellite vers 1970 compliquent la détection de tendances à long terme pour ce qui concerne l'activité cyclonique tropicale. *{GT I 3.8, RiD}*

<sup>2</sup>Les indications de probabilité et de confiance en italique sont des expressions types, qui sont expliquées dans l'encadré intitulé « Traitement de l'incertitude » se trouvant dans l'Introduction.

<sup>3</sup>À l'exclusion des tsunamis, qui ne sont pas dus aux changements climatiques. L'élévation extrême du niveau de la mer dépend du niveau moyen de la mer et des systèmes météorologiques régionaux. Elle correspond à la tranche supérieure (1 %) des valeurs horaires relevées dans une station pendant une période de référence donnée.

### Variations de la température et du niveau de la mer à l'échelle du globe et de la couverture neigeuse dans l'hémisphère Nord



**Figure RiD.1.** Variations observées a) de la température moyenne à la surface du globe, b) du niveau moyen de la mer à l'échelle du globe, selon les données recueillies par les marégraphes (en bleu) et les satellites (en rouge), et c) de la couverture neigeuse dans l'hémisphère Nord en mars-avril. Tous les écarts sont calculés par rapport aux moyennes pour la période 1961-1990. Les courbes lissées représentent les moyennes décennales, et les cercles correspondent aux valeurs annuelles. Les zones ombrées représentent les intervalles d'incertitude qui ont été estimés à partir d'une analyse poussée des incertitudes connues (a et b) et à partir des séries chronologiques (c). {GT I FAQ 3.1 figure 1, figure 4.2, figure 5.13, figure RiD.3 }

Il est *très probable* que les températures moyennes dans l'hémisphère Nord ont été plus élevées pendant la seconde moitié du XX<sup>e</sup> siècle que durant n'importe quelle autre période de cinquante ans au cours des cinq derniers siècles, et il est *probable* qu'elles ont été les plus élevées depuis 1 300 ans au moins. {GT I 6.6, RiD}

## 1.2 Effets constatés des changements climatiques

Les constatations formulées ci-après reposent dans une large mesure sur des jeux de données qui couvrent la période commençant en 1970. Le nombre d'études consacrées à l'évolution observée de l'environnement physique et biologique et aux corrélations avec les changements climatiques régionaux a considérablement augmenté depuis le troisième Rapport d'évaluation. Quant à la qualité des jeux de données, elle s'est améliorée. Il convient de relever que le volume de données et de textes publiés sur les changements observés est très inégal d'une région à l'autre et est particulièrement peu abondant dans les pays en développement. {GT II RiD}

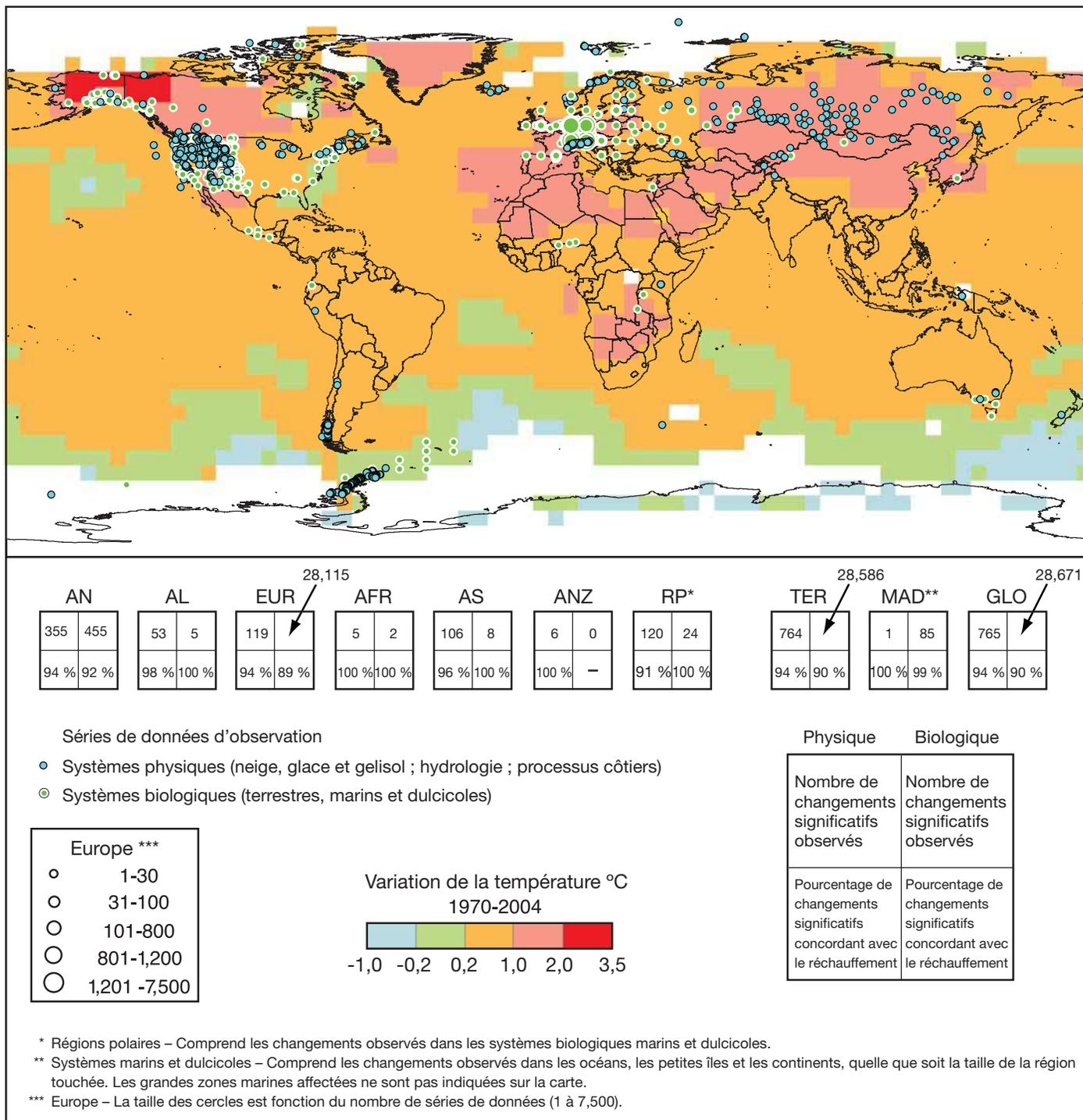
Ces études ont permis de dresser un bilan plus vaste et plus fiable des relations entre le réchauffement observé et ses incidences que celui figurant dans le troisième Rapport d'évaluation, qui avait conclu « avec un *degré de confiance élevé*<sup>2</sup> que les variations récentes de la température à l'échelle régionale ont eu des répercussions discernables sur beaucoup de systèmes physiques et biologiques ». {GT II RiD}

**Les observations effectuées sur tous les continents et dans la plupart des océans montrent qu'une multitude de systèmes naturels sont touchés par les changements climatiques régionaux, en particulier par la hausse des températures.** {GT II RiD}

On peut avancer avec un *degré de confiance élevé* que les systèmes naturels liés à la neige, à la glace et au sol gelé (y compris le pergélisol) sont perturbés, comme en témoignent les exemples suivants :

- extension et multiplication des lacs glaciaires {GT II 1.3, RiD}
- déstabilisation des sols dans les zones de pergélisol et chutes de roches dans les régions montagneuses {GT II 1.3, RiD}
- modifications de certains écosystèmes en Arctique et en Antarctique, notamment dans les biomes des glaces de mer, et des prédateurs aux niveaux élevés du réseau alimentaire {GT II 1.3, 4.4, 15.4, RiD}

**Modifications des systèmes physiques et biologiques et variations de la température en surface pendant la période 1970-2004**



**Figure 1.2.** Emplacement des changements significatifs relevés dans les séries de données sur les systèmes physiques (neige, glace et sol gelé ; hydrologie ; processus côtiers) et les systèmes biologiques (terrestres, marins et dulcicoles) et variations de la température de l'air en surface pendant la période 1970-2004. Quelque 29 000 séries de données ont été retenues sur les 80 000 publiées dans 577 études, sur la base des critères suivants : 1) se terminer en 1990 ou plus tard ; 2) s'étendre sur une période d'au moins 20 ans ; 3) présenter un changement significatif, dans un sens ou dans l'autre, ayant fait l'objet d'une évaluation dans certaines études. Les séries retenues proviennent de quelque 75 études, dont 70 environ ont été réalisées après la parution du TRE. Sur ces 29 000 séries de données, 28 000 environ sont tirées d'études européennes. Les zones laissées en blanc sont des zones où les données d'observation sont insuffisantes pour qu'il soit possible d'y définir une tendance de la température. Les cases 2 x 2 indiquent le nombre total de séries de données présentant des changements significatifs (rangée supérieure) et la proportion de celles qui concordent avec le réchauffement (rangée inférieure) pour i) les régions continentales : Amérique du Nord (NAM), Amérique latine (LA), Europe (EUR), Afrique (AFR), Asie (AS), Australie et Nouvelle-Zélande (ANZ), régions polaires (PR) ; ii) la planète entière : terres émergées (TER), zones marines et dulcicoles (MFW), globe dans son ensemble (GLO). La somme des différents nombres d'études figurant dans les sept cases des régions continentales (NAM, LA, EUR, AFR, AS, ANZ, PR) ne correspond pas au total de la case du globe dans son ensemble (GLO), parce que ces nombres (à l'exception de celui qui concerne les régions polaires) n'incluent pas les études sur les systèmes marins et dulcicoles (MFW). Les grandes zones marines affectées n'apparaissent pas sur la carte. {GT II figure RiD.1, figure 1.8, figure 1.9 ; GT I figure 3.9b}

Vu l'accumulation des éléments probants, il est possible d'affirmer avec un *degré de confiance élevé* que les systèmes hydrologiques subissent les effets suivants : intensification de l'écoulement et précocité des crues de printemps dans de nombreux cours d'eau alimentés par la fonte des glaciers et de la neige ; modification de la structure thermique et de la qualité de l'eau due au réchauffement des lacs et des rivières. *{GT II 1.3, 15.2, RiD}*

On considère avec un *degré de confiance très élevé*, sur la foi de données abondantes concernant une large gamme d'espèces, que le réchauffement récent affecte fortement les systèmes biologiques terrestres, ce qui se traduit par la précocité de certains événements printaniers tels que le débourrement, la migration des oiseaux ou la ponte ainsi que par le déplacement de l'aire de distribution géographique d'un certain nombre d'espèces animales et végétales vers les pôles ou une altitude supérieure. Les observations satellitaires réalisées depuis le début des années 1980 indiquent avec un *degré de confiance élevé* que, sous l'effet du réchauffement récent, un «verdissement» précoce de la végétation se produit au printemps par suite de l'allongement de la période de croissance thermique. *{GT II 1.3, 8.2, 14.2, RiD}*

En se basant sur de nouvelles données substantielles, on peut affirmer avec un *degré de confiance élevé* que les changements observés dans les systèmes biologiques marins et dulcicoles sont liés tant à la hausse des températures de l'eau qu'aux modifications connexes de la couverture glacielle, de la salinité, des taux d'oxygène et de la circulation. Ces changements revêtent notamment les formes suivantes : déplacements des zones de distribution géographique et variations de l'abondance des algues, du plancton et des poissons dans les océans de latitudes élevées ; augmentation des populations d'algues et de zooplancton dans les lacs situés à des latitudes élevées et les lacs d'altitude ; modifications de l'aire de distribution géographique et migration précoce des poissons dans les cours d'eau. Alors que les conséquences des changements climatiques sur les récifs coralliens sont de plus en plus flagrantes, il est difficile de dissocier les effets des contraintes d'origine climatique de ceux résultant d'autres contraintes (par exemple la surpêche ou la pollution). *{GT II 1.3, RiD}*

**On constate l'apparition d'autres effets des changements climatiques régionaux sur le milieu naturel et l'environnement humain, bien que nombre d'entre eux soient difficiles à déceler en raison de l'adaptation et des facteurs non climatiques. {GT II RiD}**

Des effets consécutifs à la hausse des températures ont été répertoriés avec un *degré de confiance moyen* dans les systèmes aménagés et les systèmes humains suivants :

- les pratiques agricoles et sylvicoles aux latitudes élevées de l'hémisphère Nord (plantation plus précoce au printemps, par exemple) et les régimes de perturbation des forêts (incendies ravageurs, etc.) ; *{GT II 1.3, RiD}*

- certains aspects sanitaires tels que la surmortalité liée à la chaleur en Europe, l'évolution des vecteurs de maladies infectieuses dans certaines régions d'Europe ou la précocité et la recrudescence de la production saisonnière de pollens allergènes aux moyennes et hautes latitudes de l'hémisphère Nord *{GT II 1.3, 8.2, 8.RE, RiD}*
- certaines activités humaines dans l'Arctique (par exemple la chasse et l'abrègement des périodes de déplacement sur la neige et la glace) ainsi que dans les régions alpines de faible altitude (par exemple les limitations imposées aux sports de montagne). *{GT II 1.3, RiD}*

L'élévation du niveau de la mer et l'expansion humaine contribuent au rétrécissement des zones côtières humides et des mangroves et, par conséquent, à l'aggravation des dommages causés dans de nombreuses régions par les inondations côtières. Cependant, d'après les publications existantes, les tendances de ces effets restent encore à établir. *{GT II 1.3, 1.RE, RiD}*

### 1.3 Concordance entre l'évolution des systèmes physiques et biologiques et le réchauffement

Le réchauffement de la planète est également confirmé par d'autres changements affectant les océans et les continents, tels que la diminution observée de la couverture neigeuse et, dans l'hémisphère Nord, de l'étendue des glaces de mer, l'amenuisement des glaces de mer, le raccourcissement des périodes de gel des lacs et des cours d'eau, la fonte des glaciers, la diminution d'étendue du pergélisol, la hausse des températures du sol et des profils de température obtenus par forage ou l'élévation du niveau de la mer. *{GT I 3.9}*

Plus de 29 000 séries de données d'observation tirées de 75 études révèlent qu'une multitude de systèmes physiques et biologiques subissent de profonds changements. Les tendances relevées dans plus de 89 % de ces séries de données correspondent à l'évolution anticipée en réaction au réchauffement (figure 1.2). *{GT II 1.4, RiD}*

### 1.4 Les observations ne révèlent pas de changements pour certains aspects du climat.

Certains aspects du climat ne semblent pas avoir changé. Pour plusieurs d'entre eux, l'insuffisance des données disponibles ne permet pas de déceler d'éventuels changements. L'étendue des glaces de mer de l'Antarctique présente une variabilité interannuelle et des changements localisés, mais aucune évolution moyenne pluridécennale statistiquement significative, ce qui concorde avec la stabilité de la température atmosphérique moyenne à proximité de la surface sur l'ensemble du continent. On ne dispose pas d'éléments suffisamment probants pour mettre en évidence certaines tendances concernant d'autres variables, par exemple la circulation méridienne océanique à l'échelle du globe ou des phénomènes à petite échelle tels que les tornades, la grêle, la foudre ou les tempêtes de poussière. Aucune évolution notable du nombre annuel de cyclones tropicaux n'a été observée. *{GT I 3.2, 3.8, 4.4, 5.3, RiD}*



# 2

---

## Les causes de l'évolution du climat

---

## Les causes de l'évolution du climat

Le présent Point porte sur les facteurs naturels et anthropiques de l'évolution du climat, et notamment sur les relations de causalité entre les émissions de gaz à effet de serre (GES), la concentration de ces gaz dans l'atmosphère, le forçage radiatif<sup>4</sup> et, enfin, les réactions et les effets du climat.

### 2.1 Emissions de GES à longue durée de vie

Le forçage radiatif du système climatique est essentiellement provoqué par les GES à longue durée de vie. La présente section examine ceux dont les émissions sont visées par la CCNUCC.

**Les émissions mondiales de GES imputables aux activités humaines ont augmenté depuis l'époque préindustrielle ; la hausse a été de 70 % entre 1970 et 2004 (figure 2.1).<sup>5</sup> {GT III 1.3, RiD}**

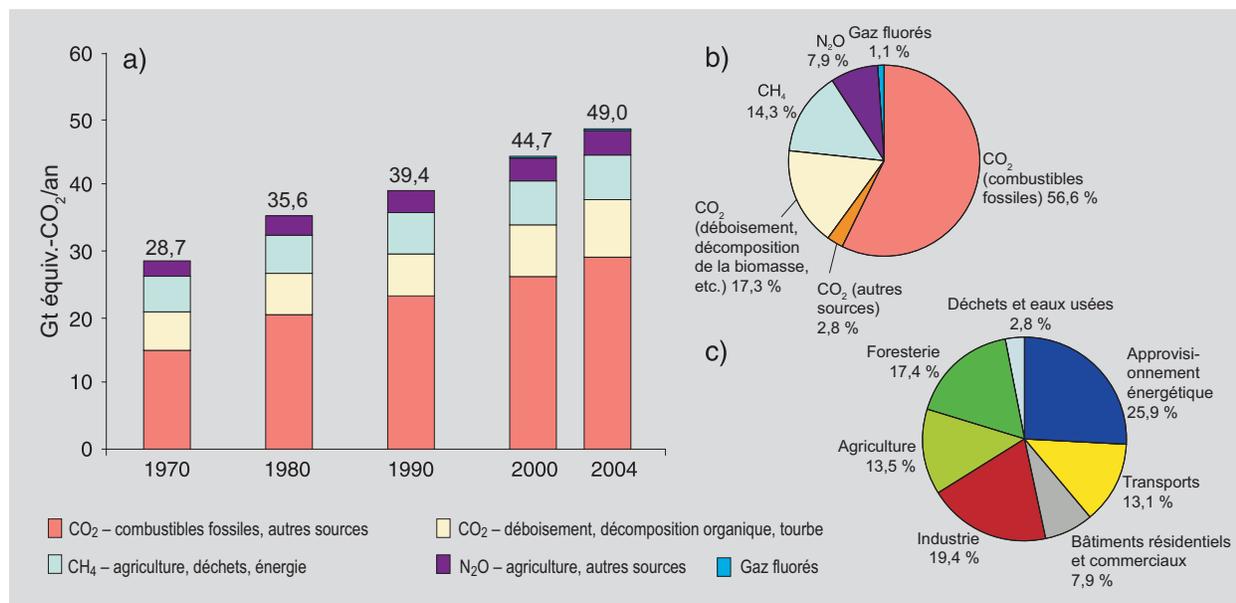
Entre 1970 et 2004, les rejets annuels de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), le principal gaz à effet de serre anthropique, sont passés de 21 à 38 gigatonnes (Gt), soit une progression d'environ 80 %, et représentaient 77 % des émissions totales de GES anthropiques en 2004 (figure 2.1). Le taux d'augmentation des émissions d'équivalent-CO<sub>2</sub> (équiv.-CO<sub>2</sub>) a été bien plus élevé entre 1995 et 2004 (0,92 Gt équiv.-CO<sub>2</sub>/an) qu'entre 1970 et 1994 (0,43 Gt équiv.-CO<sub>2</sub>/an). {GT III 1.3, RT.1, RiD}

### Emissions et concentrations d'équivalent-dioxyde de carbone (équiv.-CO<sub>2</sub>)

L'influence des GES sur le réchauffement du système climatique de la planète (forçage radiatif) varie selon les propriétés radiatives de ces gaz et leur durée de vie dans l'atmosphère. Elle peut être exprimée à l'aide d'une mesure standard fondée sur le forçage radiatif imputable au CO<sub>2</sub>.

- **L'émission d'équivalent-CO<sub>2</sub>** est la quantité émise de dioxyde de carbone qui provoquerait le même forçage radiatif intégré dans le temps jusqu'à une date donnée qu'une quantité émise d'un gaz à effet de serre à longue durée de vie ou qu'un mélange de gaz à effet de serre. L'émission d'équivalent-CO<sub>2</sub> est obtenue en multipliant l'émission d'un gaz à effet de serre par son potentiel de réchauffement global (PRG) pour la période de temps considérée<sup>6</sup>. Dans le cas d'un mélange de gaz à effet de serre, elle est obtenue en additionnant les émissions d'équivalent-CO<sub>2</sub> de chacun des gaz. Si l'émission d'équivalent-CO<sub>2</sub> est une mesure standard et utile pour comparer les émissions de différents gaz à effet de serre, elle n'implique cependant pas des réponses identiques aux changements climatiques (voir GT I 2.10).
- **La concentration d'équivalent-CO<sub>2</sub>** est la concentration de dioxyde de carbone qui entraînerait un forçage radiatif de même ampleur qu'un mélange donné de CO<sub>2</sub> et d'autres éléments de forçage.<sup>7</sup>

### Émissions mondiales de gaz à effet de serre anthropiques



**Figure 2.1.** a) Émissions annuelles de GES anthropiques dans le monde, 1970–2004.<sup>5</sup> b) Parts respectives des différents GES anthropiques dans les émissions totales de 2004, en équivalent-CO<sub>2</sub>. c) Contribution des différents secteurs aux émissions totales de GES anthropiques en 2004, en équivalent-CO<sub>2</sub>. (La foresterie inclut le déboisement). {GT III, figures RT.1a, RT.1b, RT.2b}

<sup>4</sup>Le forçage radiatif est la mesure de l'influence d'un facteur sur l'altération de l'équilibre des énergies entrantes et sortantes du système Terre-atmosphère et donne une indication de l'ampleur de ce facteur en tant que moyen de changement climatique potentiel. Dans le présent rapport, les valeurs du forçage radiatif, dont les variations sont calculées par rapport au niveau préindustriel établi en 1750, sont exprimées en watts par mètre carré (W/m<sup>2</sup>).

<sup>5</sup>Il comprend uniquement les émissions de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), de méthane (CH<sub>4</sub>), d'oxyde nitreux (N<sub>2</sub>O), d'hydrofluorocarbones (HFC), d'hydrocarbures perfluorés (PFC) et d'hexafluorure de soufre (SF<sub>6</sub>) prises en compte par la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC). Une pondération est appliquée à ces GES en fonction de leur potentiel de réchauffement mondial sur 100 ans, selon les données utilisées dans le cadre de la CCNUCC.

<sup>6</sup>Le présent rapport utilise un PRG à 100 ans et des valeurs numériques conformes à l'usage établi par la CCNUCC.

<sup>7</sup>Ces valeurs peuvent prendre en compte uniquement les GES ou un mélange de GES et d'aérosols.

La plus forte augmentation des émissions de GES entre 1970 et 2004 est imputable à l'approvisionnement énergétique, aux transports et à l'industrie. La hausse des émissions de gaz à effet de serre due aux bâtiments à usage résidentiel et commercial, à la foresterie (y compris le déboisement) et à l'agriculture a été plus lente. Les sources sectorielles de GES en 2004 sont indiquées à la figure 2.1c {GT III 1.3, RiD}

La diminution de l'intensité énergétique globale entre 1970 et 2004 (- 33 %) a eu moins d'effet sur les émissions totales que l'effet conjugué de l'augmentation mondiale des revenus (77 %) et de la croissance démographique mondiale (69 %), qui sont deux facteurs d'accroissement des émissions de CO<sub>2</sub> liées à la consommation d'énergie. La tendance à long terme d'un fléchissement des émissions de CO<sub>2</sub> par unité d'énergie fournie s'est inversée après 2000. {GT III 1.3, figure RiD.2, RiD}

Le revenu par habitant, les émissions par habitant et l'intensité énergétique varient considérablement d'un pays à l'autre. En 2004, les pays visés à l'annexe I de la CCNUCC représentaient 20 % de la population mondiale, produisaient 57 % du produit intérieur brut mondial fondé sur la parité de pouvoir d'achat (PIB<sub>PPA</sub>) et contribuaient pour 46 % aux émissions mondiales de GES (figure 2.2). {GT III 1.3, RiD}

## 2.2 Facteurs de l'évolution du climat

Les variations des concentrations atmosphériques de gaz à effet de serre et d'aérosols, du couvert terrestre et du rayonnement solaire influent sur le bilan énergétique du système climatique et contribuent aux changements climatiques. Elles se répercutent sur l'absorption, l'émission et la diffusion du rayonnement dans l'atmosphère et à la surface de la Terre. Il s'ensuit des variations positives ou négatives du bilan énergétique appelées forçage radiatif<sup>4</sup>. Celui-ci est utilisé pour comparer l'influence des facteurs de réchauffement ou de refroidissement du climat de la planète. {GT I RT.2}

Les activités humaines engendrent des émissions de quatre GES à longue durée de vie : le CO<sub>2</sub>, le méthane (CH<sub>4</sub>), l'oxyde nitreux (N<sub>2</sub>O) et les hydrocarbures halogénés (un groupe de gaz contenant du

fluor, du chlore ou du brome). Les concentrations atmosphériques de GES augmentent lorsque les émissions l'emportent sur les processus d'absorption.

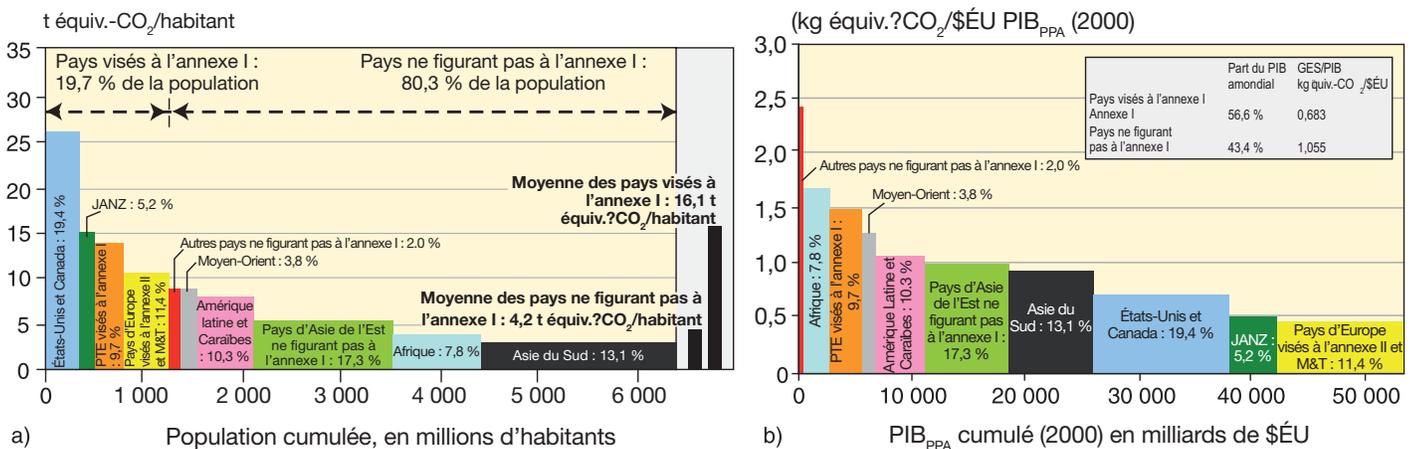
**Sous l'effet des activités humaines, les concentrations atmosphériques de CO<sub>2</sub>, de CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O se sont fortement accrues depuis 1750 ; elles sont aujourd'hui bien supérieures aux valeurs historiques déterminées par l'analyse de carottes de glace couvrant de nombreux millénaires (figure 2.3). En 2005, les concentrations atmosphériques de CO<sub>2</sub> (379 ppm) et de CH<sub>4</sub> (1 774 ppb) ont largement excédé l'intervalle de variation naturelle des 650 000 dernières années. La cause première de la hausse de la concentration de CO<sub>2</sub> est l'utilisation de combustibles fossiles ; le changement d'affectation des terres y contribue aussi, mais dans une moindre mesure. Il est très probable que l'augmentation observée de la concentration de CH<sub>4</sub> provient surtout de l'agriculture et de l'utilisation de combustibles fossiles. Quant à la hausse de la concentration de N<sub>2</sub>O, elle est essentiellement due à l'agriculture. {GT I 2.3, 7.3, RiD}**

La concentration atmosphérique mondiale de dioxyde de carbone est passée de 280 ppm environ à l'époque préindustrielle à 379 ppm en 2005. Le rythme d'accroissement annuel de la concentration de CO<sub>2</sub> a été plus rapide au cours des 10 dernières années (1,9 ppm par an en moyenne entre 1995 et 2005) qu'il ne l'a été depuis le début des mesures atmosphériques directes continues (1,4 ppm par an en moyenne entre 1960 et 2005), bien qu'il puisse varier d'une année à l'autre. {GT I 2.3, 7.3, RiD ; GT III 1.3}

La concentration atmosphérique mondiale de CH<sub>4</sub> est passée d'environ 715 ppb à l'époque préindustrielle à 1 732 ppb au début des années 1990, pour atteindre 1 774 ppb en 2005. Le taux de croissance a fléchi depuis le début des années 1990, en cohérence avec les émissions totales (somme des sources anthropiques et naturelles), qui sont restées pratiquement constantes au cours de cette période. {GT I 2.3, 7.4, RiD}

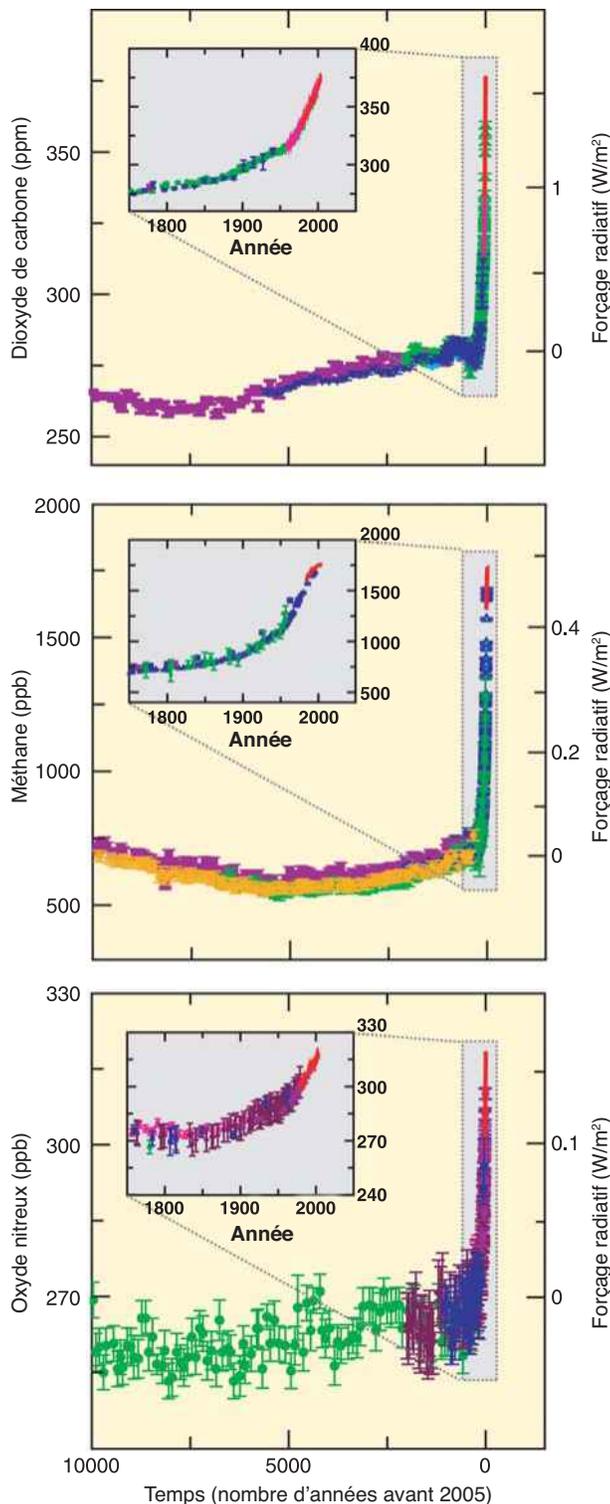
La concentration atmosphérique globale de N<sub>2</sub>O est passée de 270 ppb à l'époque préindustrielle à 319 ppb en 2005. {GT I 2.3, 7.4, RiD}

### Répartition régionale des émissions de GES en fonction de la population et du PIB<sub>PPA</sub>



**Figure 2.2.** a) Répartition régionale des émissions de GES par habitant selon la population des différents groupes de pays en 2004 (voir l'appendice pour les définitions des groupes de pays). b) Répartition régionale des émissions de GES par \$ÉU du PIB<sub>PPA</sub> des différents groupes de pays en 2004. Les pourcentages indiqués dans les bâtons des deux graphiques représentent la contribution des différentes régions aux émissions globales de GES. {GT III, figures RiD.3a, RiD.3b}

### Évolution des gaz à effet de serre à partir des données des carottes de glace et de mesures récentes



**Figure 2.3.** Concentrations atmosphériques de  $\text{CO}_2$ , de  $\text{CH}_4$  et de  $\text{N}_2\text{O}$  durant les 10 000 dernières années (grands graphiques) et depuis 1750 (médaillons). Les mesures proviennent des carottes de glace (symboles de couleurs différentes correspondant aux diverses études) et d'échantillons atmosphériques (lignes rouges). Les forçages radiatifs correspondants par rapport à 1750 sont indiqués sur les axes à droite des grands graphiques. [GT I, figure RiD.1]

La concentration de nombreux hydrocarbures halogénés (dont les hydrofluorocarbones) a augmenté, essentiellement sous l'effet des activités humaines, alors qu'elle était proche de zéro à l'ère préindustrielle. [GT I 2.3, RiD ; SROC RiD]

**On peut affirmer avec un degré de confiance très élevé qu'en moyenne, les activités humaines menées depuis 1750 ont eu globalement un effet de réchauffement net, avec un forçage radiatif de + 1,6 [+ 0,6 à + 2,4]  $\text{W/m}^2$  (figure 2.4).** [GT I 2.3, 6.5, 2.9, RiD]

Le forçage radiatif cumulé résultant de l'augmentation des concentrations de  $\text{CO}_2$ , de  $\text{CH}_4$  et de  $\text{N}_2\text{O}$  est de + 2,3 [+ 2,1 à + 2,5]  $\text{W/m}^2$ , et son taux d'accroissement pendant l'ère industrielle est *très probablement* sans précédent depuis plus de 10 000 ans (figures 2.3 et 2.4). Le forçage radiatif du dioxyde de carbone a augmenté de 20 % entre 1995 et 2005, ce qui représente le plus grand changement survenu en une décennie depuis plus de 200 ans au moins. [GT I 2.3, 6.4, RiD]

Les contributions anthropiques aux aérosols (essentiellement des sulfates, du carbone organique, du carbone noir, des nitrates et des poussières) produisent globalement un effet de refroidissement, avec un forçage radiatif direct total de - 0,5 [- 0,9 à - 0,1]  $\text{W/m}^2$  et un forçage indirect dû à l'albédo des nuages de - 0,7 [- 1,8 à - 0,3]  $\text{W/m}^2$ . Les aérosols influent en outre sur les précipitations. [GT I 2.4, 2.9, 7.5, RiD]

En comparaison, on estime que les variations de l'éclairement énergétique solaire ont provoqué, depuis 1750, un léger forçage radiatif de + 0,12 [+ 0,06 à + 0,30]  $\text{W/m}^2$ , soit moins de la moitié de la valeur estimée figurant dans le troisième Rapport d'évaluation. [GT I 2.7, RiD]

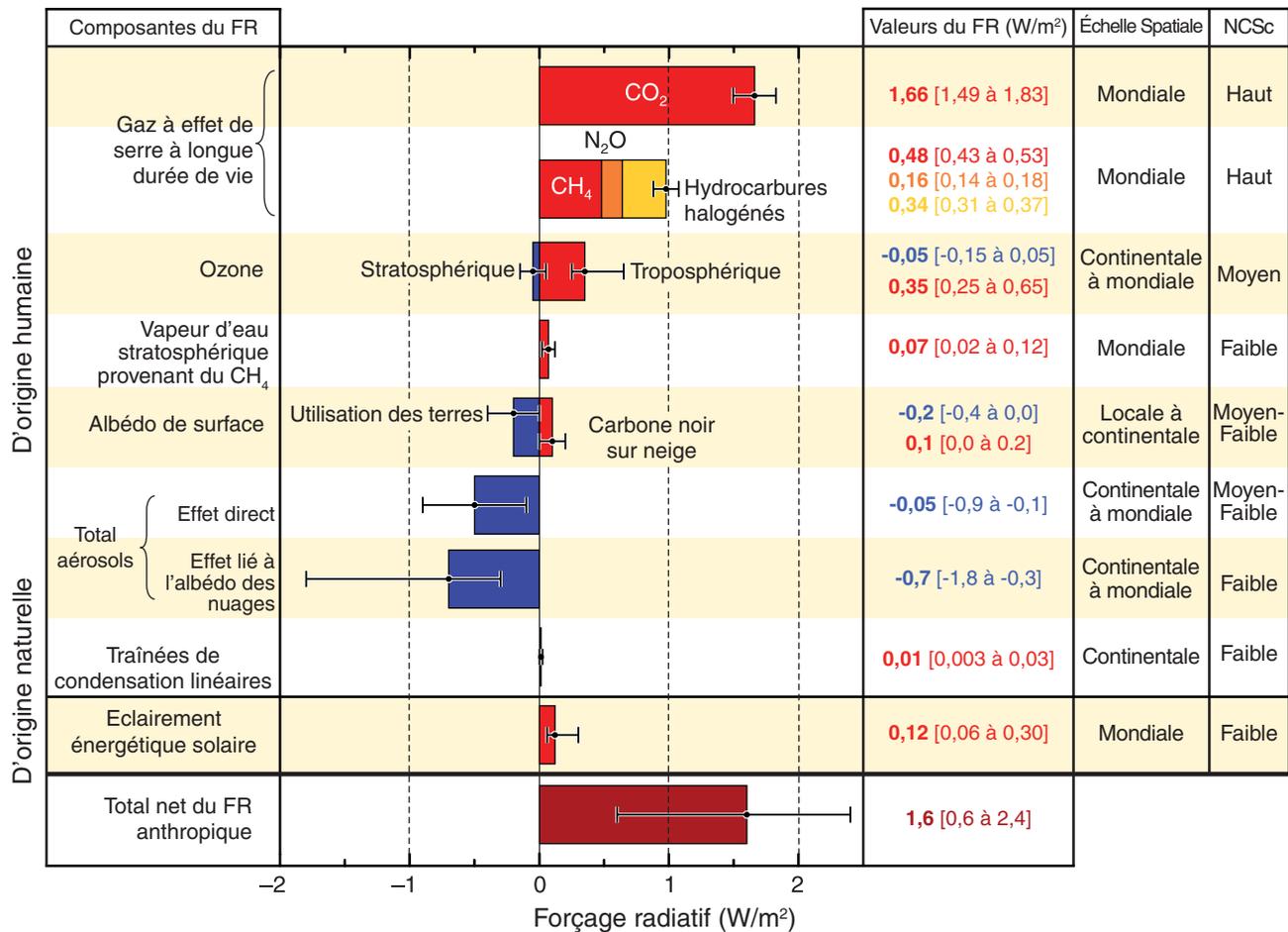
### 2.3 Sensibilité du climat et rétroactions

La sensibilité du climat à l'équilibre est un indicateur de la réponse du système climatique à un forçage radiatif constant. Elle est définie comme le réchauffement moyen à l'équilibre à la surface du globe sous l'effet d'un doublement de la concentration de  $\text{CO}_2$ . Les progrès réalisés depuis le troisième Rapport d'évaluation permettent d'affirmer qu'elle se situe *probablement* entre 2 et 4,5  $^\circ\text{C}$ , la valeur la plus probable s'établissant à 3  $^\circ\text{C}$  environ, et qu'il est *très improbable* qu'elle soit inférieure à 1,5  $^\circ\text{C}$ . Des valeurs nettement supérieures à 4,5  $^\circ\text{C}$  ne peuvent être exclues, mais la concordance des modèles et des observations n'est pas aussi bonne pour ces valeurs. [GT I 8.6, 9.6, encadré 10.2, RiD]

Les rétroactions peuvent amplifier ou atténuer la réponse à un forçage donné. L'émission directe de vapeur d'eau (un gaz à effet de serre) liée aux activités humaines joue un rôle négligeable dans le forçage radiatif. Ainsi, l'augmentation de la concentration de vapeur d'eau dans la troposphère sous l'effet de l'accroissement de la température moyenne à la surface du globe représente non pas un facteur de forçage du changement climatique, mais une rétroaction positive essentielle. Les variations de la concentration de vapeur d'eau, qui constituent la principale rétroaction influant sur la sensibilité du climat à l'équilibre, sont aujourd'hui mieux connues qu'à l'époque du troisième Rapport d'évaluation. Les rétroactions liées aux nuages restent la plus grande source d'incertitude. Les schémas spatiaux de la réponse climatique dépendent dans une large mesure des processus et rétroactions climatiques. Par exemple, les rétroactions relatives à l'albédo des glaces de mer ont tendance à renforcer la réponse aux hautes latitudes. [GT I 2.8, 8.6, 9.2, RT.2.1.3, RT.2.5, RiD]

Le réchauffement nuit à la fixation du  $\text{CO}_2$  atmosphérique dans les terres émergées et les océans, augmentant ainsi la partie des émissions anthropiques qui reste dans l'atmosphère. Cette rétroaction positive du cycle du carbone renforce l'accroissement de  $\text{CO}_2$  atmosphérique et entraîne des changements climatiques plus importants pour un scénario

## Composantes du forçage radiatif



**Figure 2.4.** Forçage radiatif moyen à l'échelle du globe (FR) en 2005 (valeurs les plus probables et intervalles d'incertitude de 5 à 95 %) par rapport à 1750 pour le CO<sub>2</sub>, le CH<sub>4</sub>, le N<sub>2</sub>O et d'autres agents et mécanismes importants, ainsi que l'étendue géographique type (échelle spatiale) du forçage et le niveau de compréhension scientifique (NCS). Les aérosols émis lors des éruptions volcaniques explosives sont un facteur de refroidissement épisodique additionnel pendant les quelques années qui suivent une éruption. La fourchette correspondant aux traînées de condensation linéaires ne tient pas compte des autres effets éventuels de l'aviation sur la nébulosité. {GT I, figure RiD.2}

d'émissions donné. Cependant, la vigueur de cet effet de rétroaction varie considérablement selon les modèles. {GT I 7.3, RT.5.4, RiD ; GT II 4.4}

## 2.4 Attribution des changements climatiques

L'attribution évalue d'une part la concordance quantitative entre les changements observés et les réponses anticipées aux facteurs de forçage externes (tels que les variations de l'éclairement énergétique solaire ou les GES anthropiques) et, d'autre part, l'absence de concordance de ces changements avec d'autres explications physiques plausibles. {GT I RT.4, RiD}

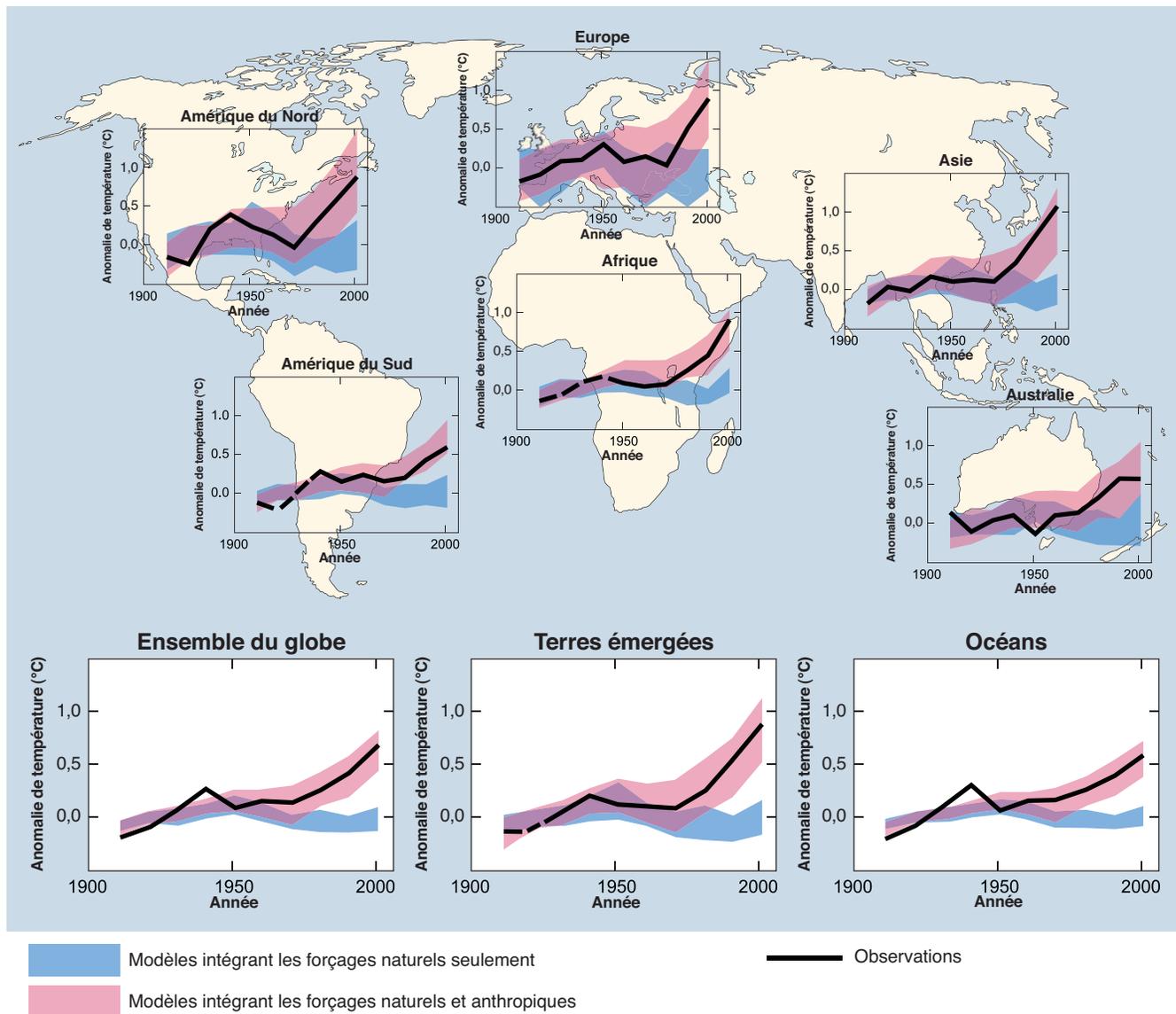
**L'essentiel de l'élévation de la température moyenne du globe observée depuis le milieu du XX<sup>e</sup> siècle est très probablement attribuable à la hausse des concentrations de GES anthropiques.<sup>8</sup> Cette constatation marque un progrès par rapport à la conclusion du troi-**

**sième Rapport d'évaluation, selon laquelle « l'essentiel du réchauffement observé au cours des 50 dernières années est probablement dû à l'accroissement de la concentration de GES » (figure 2.5). {GT I 9.4, RiD}**

Le réchauffement général observé de l'atmosphère et de l'océan ainsi que la perte de masse glaciaire confirment qu'il est *extrêmement improbable* que les changements climatiques planétaires des 50 dernières années puissent s'expliquer sans forçages externes, et que, *très probablement*, ils ne sont pas seulement dus à des causes naturelles connues. Durant cette période, le forçage total produit par l'activité volcanique et solaire aurait *probablement* dû refroidir le climat, et non pas le réchauffer. Un réchauffement du système climatique a été décelé dans les variations de la température à la surface du globe, dans l'atmosphère et dans les premières centaines de mètres de profondeur des océans. Le schéma de réchauffement troposphérique et de refroidissement stratosphérique, tel qu'il a été observé, est *très probablement* dû à l'influence conjuguée de l'augmentation des GES et de l'appauvrissement de la couche stratos-

<sup>8</sup> Le degré d'incertitude restant est évalué selon les méthodes actuelles.

Variation des températures à l'échelle du globe et des continents



**Figure 2.5.** Comparaison des variations de la température en surface observées à l'échelle du globe et des continents avec les résultats simulés par des modèles climatiques intégrant les forçages naturels seulement ou les forçages naturels et anthropiques. Les moyennes décennales des observations effectuées de 1906 à 2005 (ligne en noir) sont reportées au milieu de chaque décennie en comparaison de la moyenne correspondante pour la période 1901-1950. Les lignes en pointillé signalent une couverture spatiale inférieure à 50 %. Les bandes ombrées en bleu indiquent la fourchette comprise entre 5 et 95 % de 19 simulations issues de 5 modèles climatiques qui ne considèrent que les forçages naturels produits par l'activité solaire et volcanique. Les bandes ombrées en rouge représentent la fourchette comprise entre 5 et 95 % de 58 simulations obtenues avec 14 modèles climatiques tenant compte des forçages naturels et anthropiques. {GT I, figure RiD 4}

phérique d’ozone. Il est *probable* que l’accroissement des concentrations de GES aurait, à lui seul, provoqué un réchauffement plus important que celui qui a été observé, car les aérosols volcaniques et anthropiques ont neutralisé une partie du réchauffement qui se serait autrement produit. {GT I 2.9, 3.2, 3.4, 4.8, 5.2, 7.5, 9.4, 9.5, 9.7, RT.4.1, RiD}

**Il est probable que tous les continents, à l’exception de l’Antarctique, ont généralement subi un réchauffement anthropique marqué depuis cinquante ans (figure 2.5).** {GT I 3.2, 9.4, RiD}

Seuls les modèles qui tiennent compte des forçages anthropiques parviennent à simuler les configurations du réchauffement observées, dont un réchauffement plus important au-dessus des terres émergées qu’au-dessus des océans, et leurs variations. Aucun modèle couplé du

climat mondial ne tenant compte que des seuls forçages naturels n’a reproduit les tendances moyennes au réchauffement propres aux différents continents (à l’exception de l’Antarctique) pour la seconde moitié du XX<sup>e</sup> siècle. {GT I 3.2, 9.4, RT.4.2, RiD}

Il reste malaisé de simuler et d’attribuer les variations de température observées à des échelles plus réduites. La variabilité naturelle du climat, relativement importante à ces échelles, ne permet guère de mettre en évidence les changements anticipés dus aux forçages externes. Le rôle que joue l’augmentation de concentration des GES dans les variations de température observées à petite échelle est également difficile à estimer en raison de l’incertitude liée aux forçages locaux (tels que ceux produits par les aérosols et les changements d’affectation des terres) et aux rétroactions. {GT I 8.3, 9.4, RiD}

Grâce aux progrès accomplis depuis le troisième Rapport d'évaluation, il est possible de déceler l'incidence des activités humaines sur d'autres aspects du climat que la température moyenne, notamment sur les extrêmes de température et les configurations des vents. *{GT I 9.4, 9.5, RiD}*

Les températures des nuits les plus chaudes et les plus froides et celles des journées les plus froides ont *probablement* augmenté en raison de forçages anthropiques. Il est *plus probable qu'improbable* que ces forçages ont accru le risque de vagues de chaleur. De plus, les forçages anthropiques ont *probablement* concouru au changement de la configuration des vents, qui a modifié la trajectoire des tempêtes extratropicales et le régime des températures dans les deux hémisphères. Cependant, les variations observées dans la circulation de l'hémisphère Nord sont plus importantes que celles simulées par les modèles en réponse à l'évolution des forçages au XX<sup>e</sup> siècle. *{GT I 3.5, 3.6, 9.4, 9.5, 10.3, RiD}*

Il est *très probable* que la réponse aux forçages anthropiques a contribué à l'élévation du niveau de la mer pendant la seconde moitié du XX<sup>e</sup> siècle. Certains éléments probants attestent une incidence climatique d'origine humaine sur le cycle hydrologique, et notamment sur l'évolution des configurations à grande échelle observées des précipitations terrestres au cours du XX<sup>e</sup> siècle. Il est *plus probable qu'improbable* que les activités humaines ont contribué à une tendance générale à la progression de la sécheresse depuis les années 1970 et à une augmentation de fréquence des épisodes de fortes précipitations. *{GT I 3.3, 5.5, 9.5, RT.4.1, RT.4.3}*

Il est *probable* que le réchauffement anthropique survenu depuis trente ans a joué un rôle notable à l'échelle du globe dans l'évolution observée de nombreux systèmes physiques et biologiques. *{GT II 1.4}*

Une synthèse d'un certain nombre d'études met clairement en évidence qu'il est *très improbable* que la variabilité naturelle des températures ou des systèmes puisse expliquer à elle seule l'adéquation spatiale entre les régions du globe qui se réchauffent sensiblement et celles où les perturbations importantes de nombreux systèmes naturels concordent avec une hausse des températures. Plusieurs études de modélisation ont établi des liens entre la réponse de certains systèmes physiques et biologiques et le réchauffement anthropique, mais peu d'études de ce genre ont été réalisées. En outre, compte tenu des indices probants d'un réchauffement anthropique marqué durant les 50 dernières années, établi en moyenne pour tous les continents (à l'exception de l'Antarctique), il est *probable* que ce réchauffement a exercé une influence perceptible sur de nombreux systèmes naturels depuis trente ans. *{GT I 3.2, 9.4, RiD ; GT II 1.4, RiD}*

Des limites et des lacunes empêchent actuellement d'attribuer entièrement les réactions des systèmes naturels au réchauffement anthropique. Les analyses disponibles sont limitées par le nombre de systèmes étudiés, par la longueur des relevés et par les sites observés. La variabilité naturelle des températures est plus forte au niveau régional qu'à l'échelle mondiale, ce qui empêche de déceler aisément les changements dus aux forçages externes. A l'échelle régionale, d'autres facteurs non climatiques entrent en ligne de compte, tels que les changements d'affectation des terres, la pollution ou les espèces envahissantes. *{GT II 1.2, 1.3, 1.4, RiD}*



# 3

---

## **Le changement climatique et ses incidences à court et à long terme selon divers scénarios**

---

### 3.1 Les scénarios d'émissions

Vu les politiques d'atténuation et les pratiques de développement durable déjà en place, les émissions mondiales de GES continueront d'augmenter au cours des prochaines décennies (*large concordance, degré élevé d'évidence*<sup>9</sup>). Les plages d'émissions anticipées dans les scénarios de référence publiés après la parution du Rapport spécial du GIEC sur les scénarios d'émissions (SRES, 2000) sont comparables à celles qui sont présentées dans celui-ci (voir l'encadré sur les scénarios SRES et la figure 3.1).<sup>10</sup> {GT III 1.3, 3.2, RiD}

Selon les scénarios SRES, les émissions mondiales de référence de GES devraient augmenter de 9,7 à 36,7 Gt équiv.-CO<sub>2</sub> (25 à 90 %) entre 2000 et 2030, les combustibles fossiles gardant leur place prépondérante parmi les sources d'énergie au moins jusqu'en 2030. De ce fait, on anticipe une hausse de 40 à 110 % des émissions de CO<sub>2</sub> dues à la consommation d'énergie au cours de cette période. {GT III 1.3, RiD}

Dans les études publiées après le SRES (c'est-à-dire selon les scénarios post-SRES), des valeurs inférieures ont été utilisées pour certains facteurs d'émissions, notamment pour les projections démographiques. Toutefois, dans les études intégrant les nouvelles projections démographiques, la modification d'autres facteurs tels que la croissance économique ne se répercute que faiblement sur les niveaux d'émissions globaux. Selon les projections des scénarios de référence post-SRES, la croissance économique en Afrique, en Amérique latine et au Moyen-Orient jusqu'en 2030 est inférieure à celle anticipée dans les scénarios SRES, mais cela n'a que peu d'incidences sur la croissance économique mondiale et les émissions dans leur ensemble. {GT III 3.2, RT.3, RiD}

Le rôle joué par les émissions d'aérosols (qui ont un effet net de refroidissement) et de leurs précurseurs, y compris le dioxyde de soufre, le carbone noir et le carbone organique, est mieux pris en compte dans les scénarios post-SRES. En règle générale, ceux-ci font apparaître des émissions moindres que celles prévues dans les scénarios SRES. {GT III 3.2, RT.3, RiD}

#### Les scénarios SRES

Le sigle SRES renvoie aux scénarios décrits dans le Rapport spécial du GIEC sur les scénarios d'émissions (SRES, 2000). Ceux-ci sont regroupés en quatre familles (A1, A2, B1 et B2), qui étudient différentes voies de développement en fonction d'un large éventail de facteurs démographiques, économiques et technologiques ainsi que des émissions de GES qui en résultent. Seules les politiques climatiques actuelles sont prises en considération dans ces scénarios. Les émissions anticipées dans les projections sont largement utilisées pour estimer les changements climatiques à venir, et les hypothèses d'évolution socioéconomique, démographique et technologique sur lesquelles elles se fondent sont prises en compte dans de nombreuses évaluations récentes de la vulnérabilité au changement climatique et des incidences de celui-ci. {GT I 10.1 ; GT II 2.4 ; GT III RT.1, RiD}

Le canevas A1 fait l'hypothèse d'un monde caractérisé par une croissance économique très rapide, un pic de la population mondiale au milieu du siècle et l'adoption rapide de nouvelles technologies plus efficaces. Cette famille de scénarios se répartit en trois groupes qui correspondent à différentes orientations de l'évolution technologique du point de vue des sources d'énergie : à forte composante fossile (A1FI), non fossile (A1T) et équilibrant les sources (A1B). Le canevas B1 décrit un monde convergent présentant les mêmes caractéristiques démographiques que A1, mais avec une évolution plus rapide des structures économiques vers une économie de services et d'information. Le canevas B2 décrit un monde caractérisé par des niveaux intermédiaires de croissances démographique et économique, privilégiant l'action locale pour assurer une durabilité économique, sociale et environnementale. Enfin, le canevas A2 décrit un monde très hétérogène caractérisé par une forte croissance démographique, un faible développement économique et de lents progrès technologiques. Aucun scénario SRES ne s'est vu affecter un niveau de probabilité. {GT III RT.1, RiD}

#### Scénarios d'émissions de GES pour la période 2000–2100 en l'absence de politiques climatiques additionnelles

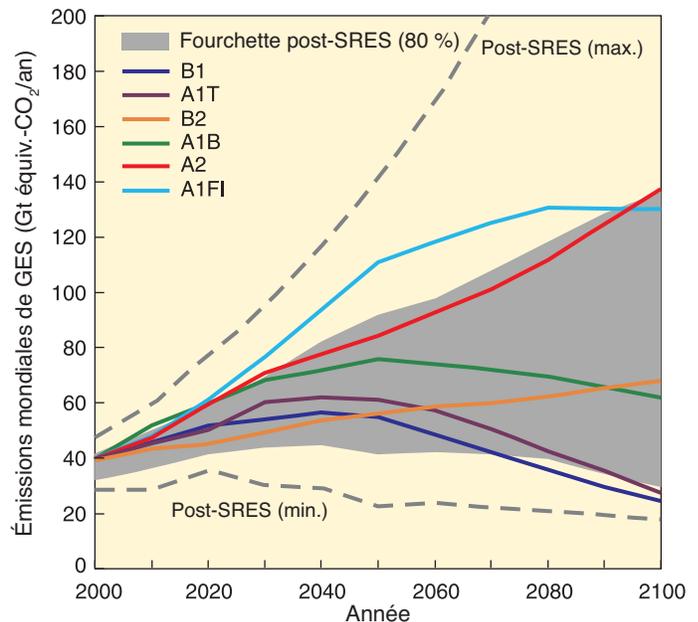


Figure 3.1. Émissions mondiales de GES (en Gt équiv.-CO<sub>2</sub> par an) en l'absence de politiques climatiques additionnelles : six scénarios illustratifs de référence (SRES, lignes colorées) et intervalle au 80<sup>e</sup> percentile des scénarios publiés après le SRES (post-SRES, partie ombrée). Les courbes en pointillé délimitent la plage complète des scénarios post-SRES. Les GES sont le CO<sub>2</sub>, le CH<sub>4</sub>, le N<sub>2</sub>O et les gaz fluorés. {GT III 1.3, 3.2, figure RiD.4}

Selon les études dont on dispose, le taux de conversion utilisé pour le produit intérieur brut (PIB) – taux de change du marché (TCM) ou parité de pouvoir d'achat (PPA) – ne modifie pas sensiblement les valeurs d'émissions anticipées, pour autant qu'il soit appliqué systématiquement.<sup>11</sup> S'il en existe, les différences sont faibles par rapport aux incertitudes découlant des hypothèses faites pour d'autres paramètres des scénarios, notamment l'évolution technologique. {GT III 3.2, RT.3, RiD}

<sup>9</sup> Les indications en italique relatives à la concordance ou au degré d'évidence expriment le degré de confiance ou d'incertitude au moyen d'une terminologie type décrite dans l'introduction du Rapport de synthèse (voir l'encadré intitulé « Traitement de l'incertitude »).

<sup>10</sup> Seules les politiques climatiques actuelles sont prises en considération dans les scénarios de référence ; les études plus récentes intègrent les mesures prises au titre de la CCNUCC et du Protocole de Kyoto. Les modes de réduction des émissions envisagés dans les scénarios d'atténuation sont examinés au Point 5.

<sup>11</sup> Depuis le troisième Rapport d'évaluation (TRE), un débat s'est engagé sur les différents taux de conversion appliqués dans les scénarios d'émissions. On peut comparer les PIB à l'aide du TCM, préférable dans le cas de produits commercialisés à l'échelle internationale, ou de la PPA, préférable dans le cas de revenus de pays à niveaux de développement très différents. Dans le présent rapport, tout comme dans la grande majorité des publications sur l'atténuation des émissions, la plupart des unités monétaires sont exprimées à l'aide du TCM. L'expression PIB<sub>PPA</sub> signale que les unités monétaires sont exprimées en fonction de la PPA. {GT III RiD}

## 3.2 Projections relatives aux changements climatiques à venir

Un réchauffement d'environ 0,2 °C par décennie au cours des vingt prochaines années est anticipé dans plusieurs scénarios d'émissions SRES. Même si les concentrations de l'ensemble des GES et des aérosols avaient été maintenues aux niveaux de 2000, l'élévation des températures se poursuivrait à raison de 0,1 °C environ par décennie. Les projections à plus longue échéance divergent de plus en plus selon le scénario utilisé. (figure 3.2). {GT I 10.3, 10.7 ; GT III 3.2}

Depuis la publication du premier rapport du GIEC, en 1990, les projections évaluées font apparaître une hausse de la température moyenne à la surface du globe de 0,15 à 0,3 °C par décennie entre 1990 et 2005. Ces valeurs peuvent maintenant être comparées à celles qui ont été observées, soit environ 0,2 °C par décennie, ce qui tend à renforcer la confiance dans les projections à court terme. {GT I 1.2, 3.2}

### 3.2.1 Évolution mondiale du climat au XXI<sup>e</sup> siècle

La poursuite des émissions de GES au rythme actuel ou à un rythme plus élevé devrait accentuer le réchauffement et modifier profondément le système climatique au XXI<sup>e</sup> siècle. Il est très probable que ces changements seront plus importants que ceux observés pendant le XX<sup>e</sup> siècle. {GT I 10.3}

Grâce aux progrès réalisés en matière de modélisation des changements climatiques, il est maintenant possible de fournir, pour divers scénarios d'émissions, les valeurs les plus probables et les intervalles d'incertitude probables du réchauffement anticipé. Le tableau 3.1 présente les valeurs les plus probables et les intervalles probables pour le réchauffement moyen de l'air à la surface du globe selon les six scénarios d'émissions de référence SRES (compte tenu des rétroactions climat-cycle du carbone). {GT I 10.5}

**Tableau 3.1** Projections des valeurs moyennes du réchauffement en surface et de l'élévation du niveau de la mer à la fin du XXI<sup>e</sup> siècle, à l'échelle du globe. {GT I 10.5, 10.6, tableau 10.7, tableau RiD 3}

Cas	Variation de température (°C, pour 2090–2099 par rapport à 1980–1999) <sup>a, d</sup>		Élévation du niveau de la mer (m, pour 2090–2099 par rapport à 1980–1999)
	Valeur la plus probable	Intervalle probable	Intervalle fondé sur les modèles sauf évolution dynamique rapide de l'écoulement glaciaire
Concentrations constantes, niveaux 2000 <sup>b</sup>	0,6	0,3-0,9	Non disponible
Scénario B1	1,8	1,1-2,9	0,18-0,38
Scénario A1T	2,4	1,4-3,8	0,20-0,45
Scénario B2	2,4	1,4-3,8	0,20-0,43
Scénario A1B	2,8	1,7-4,4	0,21-0,48
Scénario A2	3,4	2,0-5,4	0,23-0,51
Scénario A1FI	4,0	2,4-6,4	0,26-0,59

Notes :

- Ces valeurs estimées sont établies à partir d'une hiérarchie de modèles comprenant un modèle climatique simple, plusieurs modèles terrestres de complexité moyenne et de nombreux modèles de la circulation générale couplés atmosphère-océan (MCGAO), compte tenu des contraintes d'observation.
- La composition constante en 2000 est établie uniquement à partir de modèles MCGAO.
- Ces scénarios sont les six scénarios SRES de référence. Les concentrations approximatives (en équivalent-CO<sub>2</sub>) correspondant au forçage radiatif calculé pour les GES et les aérosols anthropiques en 2100 (voir p. 823 de la contribution du Groupe de travail I au TRE) selon les scénarios SRES illustratifs de référence B1, A1T, B2, A1B, A2 et A1FI s'établissent respectivement à 600, 700, 800, 850, 1 250 et 1 550 ppm environ.
- La variation de température est calculée par rapport à 1980-1999. Il suffit d'ajouter 0,5 °C pour obtenir l'écart relativement à 1850-1899.

<sup>12</sup> Les projections données dans le TRE allaient jusqu'en 2100, tandis que celles du présent rapport portent sur la période 2090-2099. Les fourchettes du TRE auraient été les mêmes que celles du tableau 3.1 si les incertitudes avaient été traitées de la même manière.

### 3.2.2 Évolution régionale du climat au XXI<sup>e</sup> siècle

Un degré de confiance plus élevé que dans le troisième Rapport d'évaluation est associé aux projections concernant les configurations du réchauffement et d'autres particularités de portée régionale, dont la modification des régimes du vent, des précipitations et de certains aspects des phénomènes extrêmes et des glaces de mer. [GT I 8.2, 8.3, 8.4, 8.5, 9.4, 9.5, 10.3, 11.1]

Les projections du réchauffement au XXI<sup>e</sup> siècle font apparaître des configurations géographiques indépendantes des scénarios qui sont analogues à celles observées ces dernières décennies. On s'attend que le réchauffement atteigne un maximum sur les terres émergées et aux plus hautes latitudes de l'hémisphère Nord et un minimum au-dessus de l'océan Austral (près de l'Antarctique) et dans la partie septentrionale de l'Atlantique Nord, dans la continuité des tendances récemment observées (partie droite de la figure 3.2). [GT I 10.3, RiD]

Les projections font apparaître une diminution d'étendue de la couverture neigeuse, une augmentation d'épaisseur de la couche de dégel dans la plupart des régions à pergélisol ainsi qu'une diminution de l'étendue des glaces de mer dans l'Arctique et l'Antarctique, et cela pour tous les scénarios SRES. Selon certaines projections, les eaux de l'Arctique seraient pratiquement libres de glace à la fin de l'été d'ici la seconde moitié du XXI<sup>e</sup> siècle. [GT I 10.3, 10.6, RiD ; GT II 15.3.4]

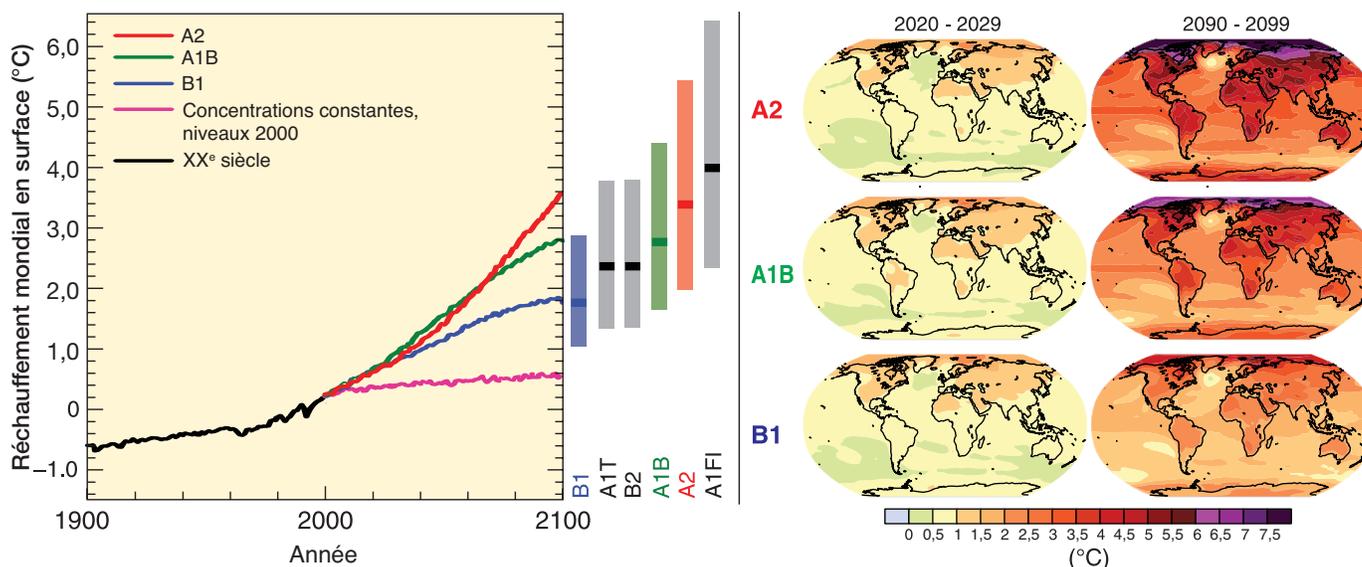
Il est très probable que les épisodes de chaleur extrême, les vagues de chaleur et les épisodes de fortes précipitations deviendront plus fréquents. [RSY tableau 3.2 ; GT I 10.3, RiD]

Sur la base de plusieurs modèles, il est probable que les cyclones tropicaux (typhons et ouragans) deviendront plus intenses, avec une accélération des vitesses de pointe des vents et un accroissement des précipitations du fait de l'augmentation de la température à la surface des mers tropicales. C'est avec un degré de confiance moindre qu'on anticipe une diminution du nombre de cyclones tropicaux sur l'ensemble de la planète. L'augmentation manifeste du nombre de tempêtes très intenses depuis 1970 dans certaines régions est beaucoup plus marquée que ne le prévoient les simulations fondées sur les modèles actuels pour cette période. [GT I 3.8, 9.5, 10.3, RiD]

Selon les projections, la trajectoire des tempêtes extratropicales devrait se déplacer vers les pôles, ce qui modifiera le régime des vents, des précipitations et des températures, dans la continuité des tendances générales observées ces cinquante dernières années. [GT I 3.6, 10.3, RiD]

Depuis le TRE, on comprend mieux les configurations de précipitations obtenues par projection. Le volume des précipitations augmentera très probablement aux latitudes élevées, alors qu'il diminuera probablement dans la plupart des régions continentales subtropicales (d'environ 20 % en 2100 selon le scénario A1B – figure 3.3), dans la continuité des tendances observées récemment. [GT I 3.3, 8.3, 9.5, 10.3, 11.2-11.9, RiD]

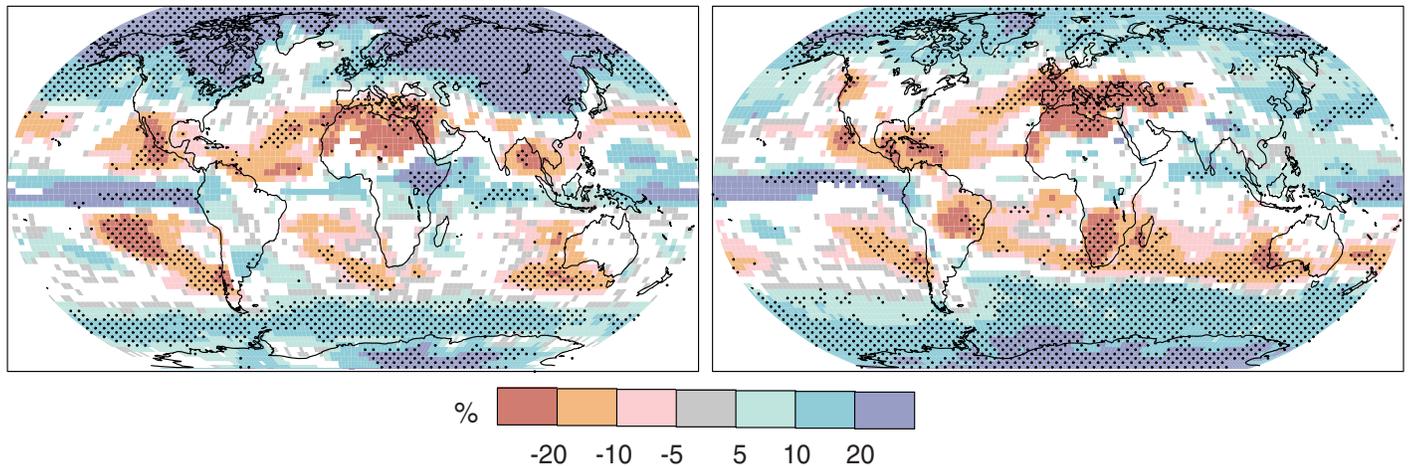
#### Projections relatives au réchauffement à la surface du globe selon plusieurs modèles de la circulation générale couplés atmosphère-océan



**Figure 3.2.** À gauche : Les courbes en trait plein correspondent aux moyennes multimodèles du réchauffement en surface (par rapport à la période 1980-1999) pour les scénarios A2, A1B et B1 du SRES, dans la continuité des simulations relatives au XX<sup>e</sup> siècle. La courbe orange correspond au cas où les concentrations se maintiendraient aux niveaux de 2000. Les barres au milieu de la figure indiquent les valeurs les plus probables (zone foncée) et les fourchettes probables selon les six scénarios SRES de référence pour la période 2090-2099 par rapport à 1980-1999. Ces valeurs et ces fourchettes tiennent compte des projections établies à l'aide des modèles de la circulation générale couplés atmosphère-océan (MCGAO) (partie gauche de la figure) ainsi que des résultats d'une hiérarchie de modèles indépendants et des contraintes liées à l'observation. À droite : Évolution projetée de la température en surface pour le début et la fin du XXI<sup>e</sup> siècle par rapport à la période 1980-1999, selon les projections moyennes obtenues à l'aide de plusieurs modèles MCGAO pour les scénarios A2 (en haut), A1B (au milieu) et B1 (en bas) du SRES, pour les décennies 2020-2029 (à gauche) et 2090-2099 (à droite). [GT I 10.4, 10.8 ; figures 10.28, 10.29, RiD]

<sup>13</sup> Les tendances à long terme sont analysées dans les sections 3.2.3 et 5.2.

### Projections multimodèles des variations du régime des précipitations



**Figure 3.3.** Variations relatives du régime des précipitations (%) pour la période 2090-2099, par rapport à la période 1980-1999. Les valeurs indiquées sont des moyennes tirées de plusieurs modèles, obtenues à partir du scénario A1B du SRES pour des périodes allant de décembre à février (à gauche) et de juin à août (à droite). Les zones en blanc correspondent aux régions où moins de 66 % des modèles concordent sur le sens de la variation et les zones en pointillé à celles où plus de 90 % des modèles concordent sur celui-ci. (GT I figure 10.9, RiD)

### 3.2.3 Évolution du climat au-delà du XXI<sup>e</sup> siècle

**Le réchauffement anthropique et l'élévation du niveau de la mer devraient se poursuivre pendant des siècles en raison des échelles de temps propres aux processus et aux rétroactions climatiques, même si l'on parvenait à stabiliser les concentrations de GES.** (GT I 10.4, 10.5, 10.7, RiD)

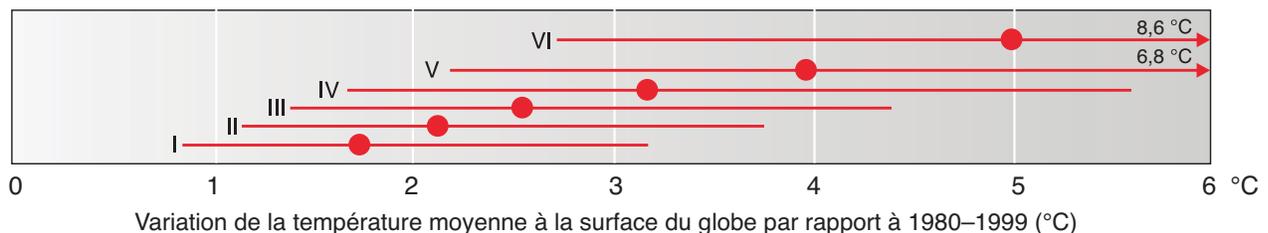
Si le forçage radiatif devait se stabiliser et si tous les agents de forçage radiatifs étaient maintenus constants aux niveaux correspondant aux scénarios B1 ou A1B en 2100, les simulations laissent entrevoir une augmentation supplémentaire de la température moyenne du globe d'environ 0,5 °C d'ici à 2200. En outre, la dilatation thermique entraînerait à elle seule une élévation du niveau de la mer de 0,3 à 0,8 m d'ici à 2300 (par rapport à 1980-1999). Elle se poursuivrait pendant plusieurs siècles, en raison du temps que met la chaleur pour atteindre les couches profondes de l'océan. (GT I 10.7, RiD)

Selon les projections, l'inlandsis groenlandais continuera de se rétracter et participera à l'élévation du niveau de la mer après 2100. D'après les modèles actuels, la perte de masse glaciaire due au réchauf-

fement sera plus rapide que les gains dus à l'accroissement des précipitations, et le bilan de masse surfacique deviendra négatif (perte nette de glace) si le réchauffement moyen du globe dépasse 1,9 à 4,6 °C (par rapport à l'époque préindustrielle). Si ce bilan négatif se maintenait pendant des millénaires, l'inlandsis groenlandais disparaîtrait pour ainsi dire totalement, entraînant une élévation du niveau de la mer de quelque 7 m. Les températures correspondantes pour le Groenland (pour un réchauffement planétaire de 1,9 à 4,6 °C) devraient être comparables à celles qui ont caractérisé la dernière période interglaciaire il y a 125 000 ans, lorsque, selon les données paléoclimatiques disponibles, l'étendue des glaces terrestres avait diminué aux pôles et le niveau de la mer s'était élevé de 4 à 6 m. (GT I 6.4, 10.7, RiD)

Les processus dynamiques liés à l'écoulement de la glace – qui ne sont pas pris en considération dans les modèles actuels, mais qui sont mis en évidence par des observations récentes – pourraient accroître la vulnérabilité au réchauffement des nappes glaciaires et contribuer de ce fait à l'élévation du niveau de la mer. Toutefois, les avis divergent quant à l'ampleur de ces processus, qui sont encore mal compris. (GT I 4.6, 10.7, RiD)

### Réchauffement estimatif sur plusieurs siècles, par rapport à 1980-1999, selon les catégories de scénarios de stabilisation du quatrième Rapport d'évaluation



**Figure 3.4 :** Réchauffement estimatif à long terme (sur plusieurs siècles) correspondant aux six catégories de stabilisation envisagées par le GT III pour le quatrième Rapport d'évaluation (tableau 5.1). L'échelle des températures a été décalée de - 0,5 °C par rapport au tableau 5.1 pour tenir compte, approximativement, du réchauffement intervenu entre l'époque préindustrielle et 1980-1999. La température moyenne à la surface du globe approche de l'équilibre après quelques siècles pour la plupart des niveaux de stabilisation. Avec les scénarios d'émissions de GES qui conduisent en 2100 à une stabilisation à des niveaux comparables à ceux des scénarios B1 et A1B du SRES (600 et 850 ppm équiv.-CO<sub>2</sub> – catégories IV et V), les modèles évalués anticipent que, dans l'hypothèse d'une sensibilité du climat de 3 °C, environ 65 à 70 % du réchauffement mondial à l'équilibre sera réalisé au moment de la stabilisation. Selon les scénarios de stabilisation à des niveaux inférieurs (catégories I et II, figure 5.1), la température à l'équilibre pourrait être atteinte plus tôt. (GT I 10.7.2)

Selon les études actuelles fondées sur des modèles globaux, la nappe glaciaire antarctique restera trop froide pour qu'une forte fonte puisse se produire en surface, et sa masse augmentera en raison de l'augmentation des chutes de neige. Cependant, une perte nette pourrait intervenir si l'ablation l'emportait sur l'accumulation dans le bilan de masse. *{GT I 10.7, RiD}*

Les émissions passées et futures de CO<sub>2</sub> anthropique continueront à contribuer au réchauffement et à l'élévation du niveau de la mer pendant plus d'un millénaire, en raison des échelles de temps nécessaires pour que ce gaz disparaisse de l'atmosphère. *{GT I 7.3, 10.3, figure 7.12, figure 10.35, RiD}*

La figure 3.4 présente le réchauffement estimatif à long terme (sur plusieurs siècles) correspondant aux six catégories de scénarios de stabilisation élaborés par le Groupe de travail III pour le quatrième Rapport d'évaluation.

### 3.3 Incidences des changements climatiques futurs

**On dispose aujourd'hui d'informations plus précises sur la nature des incidences futures pour de nombreux systèmes et secteurs, y compris dans des domaines qui n'ont pas été traités dans les évaluations précédentes. *{GT II RT.4, RiD}***

On trouvera ci-dessous une sélection des principales conclusions<sup>14</sup> concernant les incidences du changement climatique sur les systèmes, les secteurs et les régions ainsi qu'un certain nombre de conclusions relatives à la vulnérabilité<sup>15</sup> aux changements climatiques anticipés au XXI<sup>e</sup> siècle. Sauf indication contraire, les projections sont affectées d'un *degré de confiance élevé*. Le réchauffement planétaire moyen est calculé par rapport à la période 1980-1999. Des informations supplémentaires concernant les incidences se trouvent dans le rapport du Groupe de travail II. *{GT II RiD}*

#### 3.3.1 Incidences sur les systèmes et les secteurs

##### Écosystèmes

- Il est *probable* que la résilience de nombreux écosystèmes sera annihilée durant ce siècle en raison d'une combinaison sans précédent de changements climatiques, de perturbations connexes (inondations, sécheresses, feux incontrôlés, insectes, acidification des océans, etc.) et d'autres facteurs de changement à l'échelle planétaire (changement d'affectation des terres, pollution, fragmentation des systèmes naturels, surexploitation des ressources, etc.). *{GT II 4.1- 4.6, RiD}*
- Le niveau de fixation nette du carbone par les écosystèmes terrestres culminera *probablement* avant le milieu du siècle, avant de diminuer, voire de s'inverser<sup>16</sup>, amplifiant ainsi les changements climatiques. *{GT II 4.RE, figure 4.2, RiD}*
- Si le réchauffement moyen à la surface du globe dépasse 1,5 à 2,5 °C, le risque d'extinction d'environ 20 à 30 % des espèces végétales et animales étudiées à ce jour sera *probablement* accru (*degré de confiance moyen*). *{GT II 4.RE, figure 4.2, RiD}*
- Selon les projections, un réchauffement moyen à la surface du globe dépassant 1,5 à 2,5 °C associé à un accroissement de la concentration de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère entraînera d'importants changements dans la structure et la fonction des écosystèmes, dans les interactions écologiques des différentes espèces et dans leurs aires de répartition, le plus souvent au détriment de la biodiversité et des biens et services des écosystèmes (p. ex. les ressources en eau et les disponibilités alimentaires). *{GT II 4.4, encadré RT.6, RiD}*

<sup>14</sup> Critères de sélection : ampleur et moment d'apparition de l'incidence ; degré de confiance ; représentativité pour le système, le secteur et la région.

<sup>15</sup> La vulnérabilité d'un système aux changements climatiques est définie par sa sensibilité aux effets défavorables des changements et par son incapacité d'y faire face.

<sup>16</sup> En faisant l'hypothèse d'émissions de GES se poursuivant au rythme actuel ou plus rapidement et d'autres changements planétaires, notamment du point de vue de l'utilisation des terres.

##### Alimentation

- Selon les projections, en cas d'augmentation de la température moyenne au plan local de 1 à 3 °C au maximum selon la culture considérée, les rendements agricoles s'accroîtront légèrement aux moyennes et hautes latitudes, puis diminueront au-delà de ces valeurs dans certaines régions (*degré de confiance moyen*). *{GT II 5.4, RiD}*
- Aux latitudes plus basses, en particulier dans les régions à saison sèche ou dans les régions tropicales, on anticipe que le rendement agricole diminuera même si la température locale n'augmente que faiblement (de 1 à 2 °C), entraînant ainsi un risque accru de famine (*degré de confiance moyen*). *{GT II 5.4, RiD}*
- À l'échelle mondiale, on anticipe que le potentiel de production alimentaire augmentera tant que la hausse des températures moyennes locales sera de l'ordre de 1 à 3 °C, mais qu'il diminuera au-delà (*degré de confiance moyen*). *{GT II 5.4, 5.5, RiD}*

##### Côtes

- Selon les projections, les changements climatiques et l'élévation du niveau de la mer entraîneront un accroissement des risques auxquels sont exposées les côtes, notamment en matière d'érosion. Ce phénomène sera amplifié par la pression croissante qu'exerceront les activités humaines sur les zones littorales (*degré de confiance très élevé*). *{GT II 6.3, 6.4, RiD}*
- D'ici à 2080, on prévoit que plusieurs millions de personnes supplémentaires subiront chaque année les conséquences d'inondations dues à l'élévation du niveau de la mer. Les basses terres très peuplées des grands deltas d'Asie et d'Afrique seront les plus touchées, les petites îles étant particulièrement vulnérables (*degré de confiance très élevé*). *{GT II 6.4, 6.5, tableau 6.11, RiD}*

##### Industrie, établissements humains et société

- Parmi les industries, les établissements humains et les sociétés les plus vulnérables figurent ceux qui sont situés dans les plaines d'inondation côtières ou fluviales, ceux dont l'économie est étroitement liée aux ressources sensibles aux conditions climatiques et ceux qui sont situés dans des zones connaissant des phénomènes météorologiques extrêmes, en particulier en cas d'urbanisation rapide. *{GT II 7.1, 7.3, 7.4, 7.5, RiD}*
- Les populations défavorisées peuvent être particulièrement vulnérables, en particulier lorsqu'elles sont concentrées dans des zones particulièrement menacées. *{GT II 7.2, 7.4, 5.4, RiD}*

##### Santé

- Selon les projections, les changements climatiques auront une incidence sur l'état sanitaire de millions de personnes, du fait notamment de l'intensification de la malnutrition, de l'augmentation du nombre des décès, des maladies et des accidents dus à des phénomènes météorologiques extrêmes, de l'aggravation des conséquences des maladies diarrhéiques, de la multiplication des affections cardio-respiratoires liées aux fortes concentrations d'ozone troposphérique dans les zones urbaines en raison du changement climatique et des modifications de la distribution géographique de certaines maladies infectieuses. *{GT I 7.4, encadré 7.4 ; GT II 8.RE, 8.2, 8.4, RiD}*
- Selon les projections, les changements climatiques auront quelques incidences favorables dans les zones tempérées, notamment une diminution des décès liés à l'exposition au froid, ainsi que quelques effets mitigés, notamment une modification de la diffusion et du potentiel de transmission du paludisme en Afrique. Dans l'ensemble, on s'attend que ces effets sanitaires favorables du réchauffement soient contrebalancés par ses effets négatifs, en particulier dans les pays en développement. *{GT II 8.4, 8.7, 8.RE, RiD}*

## Le changement climatique et l'eau

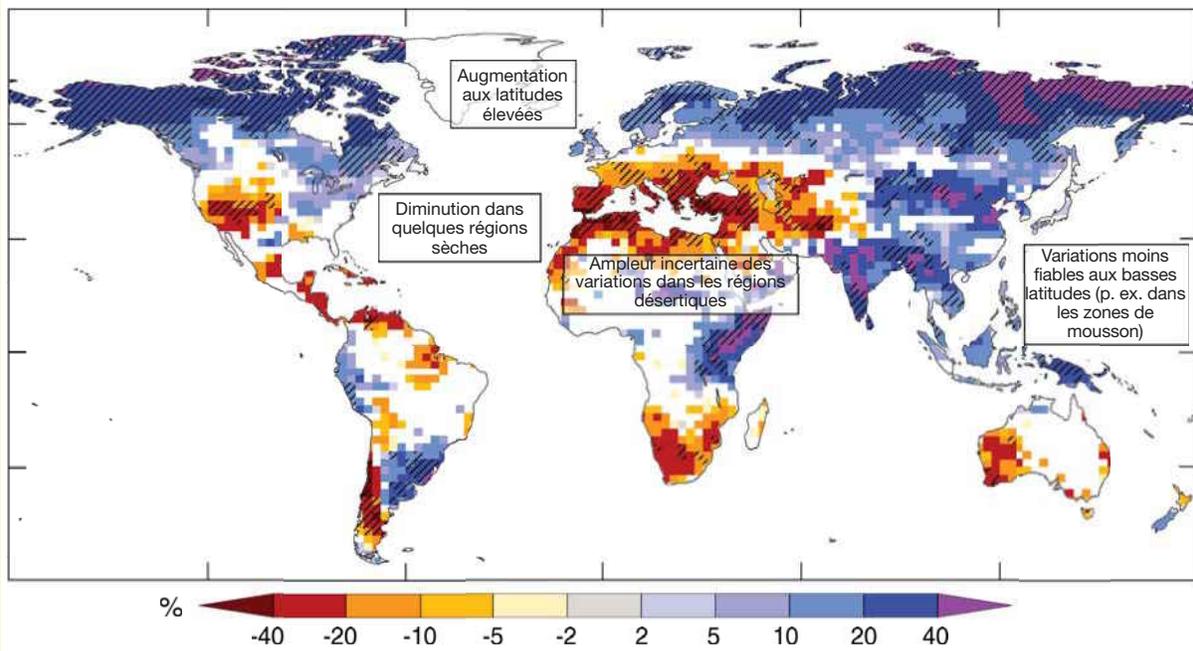
Le changement climatique devrait accentuer les facteurs actuels de stress hydrique tels que la croissance démographique, l'évolution économique et le changement d'affectation des terres (urbanisation comprise). À l'échelle régionale, la neige accumulée en montagne, les glaciers et les petites calottes glaciaires jouent un rôle crucial dans l'approvisionnement en eau douce. On anticipe que le vaste phénomène de perte de masse des glaciers et de réduction du manteau neigeux observé ces dernières décennies s'accroîtra tout au long du XXI<sup>e</sup> siècle, ce qui réduira les disponibilités en eau et le potentiel hydroélectrique et modifiera les caractéristiques saisonnières de l'écoulement dans les régions approvisionnées en eau de fonte provenant des principaux massifs montagneux (p. ex. l'Hindou Koush, l'Himalaya et les Andes), où vit actuellement plus d'un sixième de la population mondiale. {GT I 4.1, 4.5; GT II 3.3, 3.4, 3.5}

Les variations des précipitations (figure 3.3) et de la température (figure 3.2) entraînent une modification du ruissellement (figure 3.5) et des disponibilités en eau. On anticipe avec un *degré de confiance élevé* que, d'ici au milieu du siècle, le ruissellement augmentera de 10 à 40 % aux latitudes élevées et dans certaines régions tropicales humides, y compris des zones peuplées de l'Asie de l'Est et du Sud-Est, et diminuera de 10 à 30 % dans certaines régions sèches des latitudes moyennes et des zones tropicales sèches, du fait de la diminution des précipitations et des taux accrus d'évapotranspiration. De nombreuses zones semi-arides (p. ex. le bassin méditerranéen, l'ouest des États-Unis, l'Afrique australe et le nord-est du Brésil) subiront les effets d'un appauvrissement de leurs ressources en eau du fait du changement climatique (*degré de confiance élevé*). Selon les projections, les zones touchées par la sécheresse vont s'étendre, ce qui devrait avoir une incidence négative sur de nombreux secteurs, comme l'agriculture, l'approvisionnement en eau, la production d'énergie et la santé. À l'échelle régionale, on anticipe une forte augmentation de la demande d'eau d'irrigation consécutive aux changements climatiques. {GT I 10.3, 11.2-11.9; GT II 3.4, 3.5, figure 3.5, RT.4.1, encadré RT.5, RiD}

Les effets défavorables du changement climatique sur les systèmes d'approvisionnement en eau douce l'emportent sur les effets favorables (*degré de confiance élevé*). Les zones dans lesquelles on anticipe une diminution du ruissellement devront faire face à une réduction de la valeur des services fournis par les ressources en eau (*degré de confiance très élevé*). Les incidences favorables de l'accroissement du ruissellement annuel dans certaines zones seront *probablement* contrebalancées par les incidences défavorables qu'auront la variabilité accrue des précipitations et les variations saisonnières du ruissellement sur l'approvisionnement en eau, la qualité de l'eau et les risques d'inondation. {GT II 3.4, 3.5, RT.4.1}

Selon les études dont on dispose, les épisodes de fortes pluies devraient grandement augmenter dans de nombreuses régions, y compris celles dans lesquelles on anticipe une diminution de la moyenne des précipitations. Le risque accru d'inondation qui s'y associe ne sera pas sans conséquence pour la société, les infrastructures physiques et la qualité de l'eau. Il est *probable* que jusqu'à 20 % de la population mondiale vivra dans des zones où le risque de crue des cours d'eau pourrait augmenter d'ici aux années 2080. Selon les projections, la multiplication et l'aggravation des inondations et des sécheresses nuiront au développement durable. Le réchauffement modifiera encore les propriétés physiques, chimiques et biologiques des lacs et des cours d'eau, le plus souvent au détriment de nombreuses espèces d'eau douce, de la composition des communautés et de la qualité de l'eau. Dans les zones côtières, l'élévation du niveau de la mer favorisera les facteurs de stress hydrique du fait de la salinisation accrue des eaux souterraines. {GT I 11.2-11.9; GT II 3.2, 3.3, 3.4, 4.4}

### Projections et cohérence des simulations concernant les variations relatives du ruissellement d'ici la fin du XXI<sup>e</sup> siècle



**Figure 3.5.** Variations relatives à grande échelle du ruissellement annuel (disponibilités en eau, en pourcentage) pour la période 2090-2099, par rapport à la période 1980-1999. La figure présente les valeurs médianes de 12 modèles climatiques selon le scénario A1B du SRES. Les zones en blanc indiquent les régions où moins de 66 % des 12 modèles concordent sur le sens de la variation et les zones en pointillé celles où plus de 90 % des modèles concordent sur celui-ci. La qualité de la simulation du ruissellement à grande échelle observé au XX<sup>e</sup> siècle a servi de critère pour la sélection des 12 modèles parmi l'ensemble des modèles disponibles. La carte mondiale du ruissellement annuel illustre la situation globale et n'a aucune pertinence pour les petites échelles temporelles ou spatiales. Dans les zones caractérisées par une pluviosité et un ruissellement très faibles (p. ex. les zones désertiques), de légères variations du ruissellement peuvent avoir une importante incidence sur les pourcentages. Dans certaines régions, le sens des variations anticipées du ruissellement diffère des tendances observées récemment. Dans certaines zones où l'on anticipe une augmentation du ruissellement, on s'attend à des effets saisonniers divergents, notamment un accroissement du ruissellement pendant la saison des pluies et une diminution du ruissellement pendant la saison sèche. Les études fondées sur un petit nombre de modèles climatiques peuvent aboutir à des résultats très différents de ceux qui sont présentés ici. {GT II figure 3.4, adaptée selon les hypothèses de la figure RSY 3.3 ; GT II 3.3.1, 3.4.1, 3.5.1}

- Les facteurs influant directement sur la santé des populations, comme l'éducation, les soins, la prévention publique, le développement des infrastructures et la croissance économique, seront décisifs. *{GT II 8.3, RiD}*

### Eau

- Les effets sur l'eau, cruciaux pour l'ensemble des secteurs et des régions, sont détaillés ci-après dans l'encadré intitulé « Le changement climatique et l'eau ».

### Les études postérieures au TRE permettent de mieux comprendre la chronologie et l'étendue des incidences selon l'ampleur et le rythme des changements climatiques. *{GT II RiD}*

La figure 3.6 présente des exemples des nouvelles informations dont on dispose pour divers systèmes et secteurs. Dans la partie supérieure figurent un certain nombre d'incidences qui augmentent parallèlement au réchauffement. On constate en outre, dans la partie inférieure, que leur chronologie et leur ampleur estimatives dépendent aussi des voies de développement. *{GT II RiD}*

Selon les cas, certaines des incidences présentées à la figure 3.6 pourraient être liées à des « vulnérabilités critiques » établies selon des critères définis dans la littérature (ampleur, chronologie, persistance/réversibilité, potentiel d'adaptation, effets de répartition, probabilité et portée des incidences) (voir la section 5.2). *{GT II RiD}*

### 3.3.2 Incidences sur les régions<sup>17</sup>

#### Afrique

- Selon les projections, d'ici 2020, 75 à 250 millions de personnes seront exposées à un stress hydrique accentué par les changements climatiques. *{GT II 9.4, RiD}*
- Dans certains pays, le rendement de l'agriculture pluviale pourrait chuter de 50 % d'ici 2020. On anticipe que la production agricole et l'accès à la nourriture seront durement touchés dans de nombreux pays, avec de lourdes conséquences en matière de sécurité alimentaire et de malnutrition. *{GT II 9.4, RiD}*
- Vers la fin du XXI<sup>e</sup> siècle, l'élévation anticipée du niveau de la mer affectera les basses terres littorales fortement peuplées. Le coût de l'adaptation pourrait représenter 5 à 10 % du PIB, voire plus. *{GT II 9.4, RiD}*
- Selon plusieurs scénarios climatiques, la superficie des terres arides et semi-arides pourrait augmenter de 5 à 8 % d'ici à 2080 (*degré de confiance élevé*). *{GT II encadré RT.6, 9.4.4}*

#### Asie

- Les quantités d'eau douce disponibles devraient diminuer d'ici les années 2050 dans le centre, le sud, l'est et le sud-est de l'Asie, en particulier dans les grands bassins fluviaux. *{GT II 10.4, RiD}*
- Les zones côtières, surtout les régions très peuplées des grands deltas de l'Asie du Sud, de l'Est et du Sud-Est, seront exposées à des risques accrus d'inondation marine et, dans certains grands deltas, d'inondation fluviale. *{GT II 10.4, RiD}*
- Les changements climatiques devraient amplifier les pressions que l'urbanisation rapide, l'industrialisation et le développement économique exercent sur les ressources naturelles et l'environnement. *{GT II 10.4, RiD}*

- Les modifications du cycle hydrologique devraient entraîner, dans l'est, le sud et le sud-est de l'Asie, une hausse de la morbidité et de la mortalité endémiques dues aux maladies diarrhéiques qui accompagnent les crues et la sécheresse. *{GT II 10.4, RiD}*

### Australie et Nouvelle-Zélande

- Certains sites d'une grande richesse écologique, dont la Grande Barrière de corail et les « Wet Tropics » (tropiques humides) du Queensland, devraient subir une perte importante de biodiversité d'ici 2020. *{GT II 11.4, RiD}*
- D'ici 2030, les problèmes d'approvisionnement en eau devraient s'intensifier dans l'est et le sud de l'Australie ainsi que dans le Northland et certaines régions orientales de la Nouvelle-Zélande. *{GT II 11.4, RiD}*
- D'ici 2030, la production agricole et forestière devrait décroître dans une bonne partie du sud et de l'est de l'Australie ainsi que dans plusieurs régions orientales de la Nouvelle-Zélande, en raison de l'accentuation de la sécheresse et de la fréquence accrue des incendies. Au début toutefois, les changements climatiques devraient se révéler bénéfiques dans d'autres secteurs de la Nouvelle-Zélande. *{GT II 11.4, RiD}*
- D'ici 2050, dans certaines régions de l'Australie et de la Nouvelle-Zélande, l'aménagement progressif du littoral et la croissance démographique devraient accroître les risques liés à l'élévation du niveau de la mer et à l'augmentation de l'intensité et de la fréquence des tempêtes et des inondations côtières. *{GT II 11.4, RiD}*

### Europe

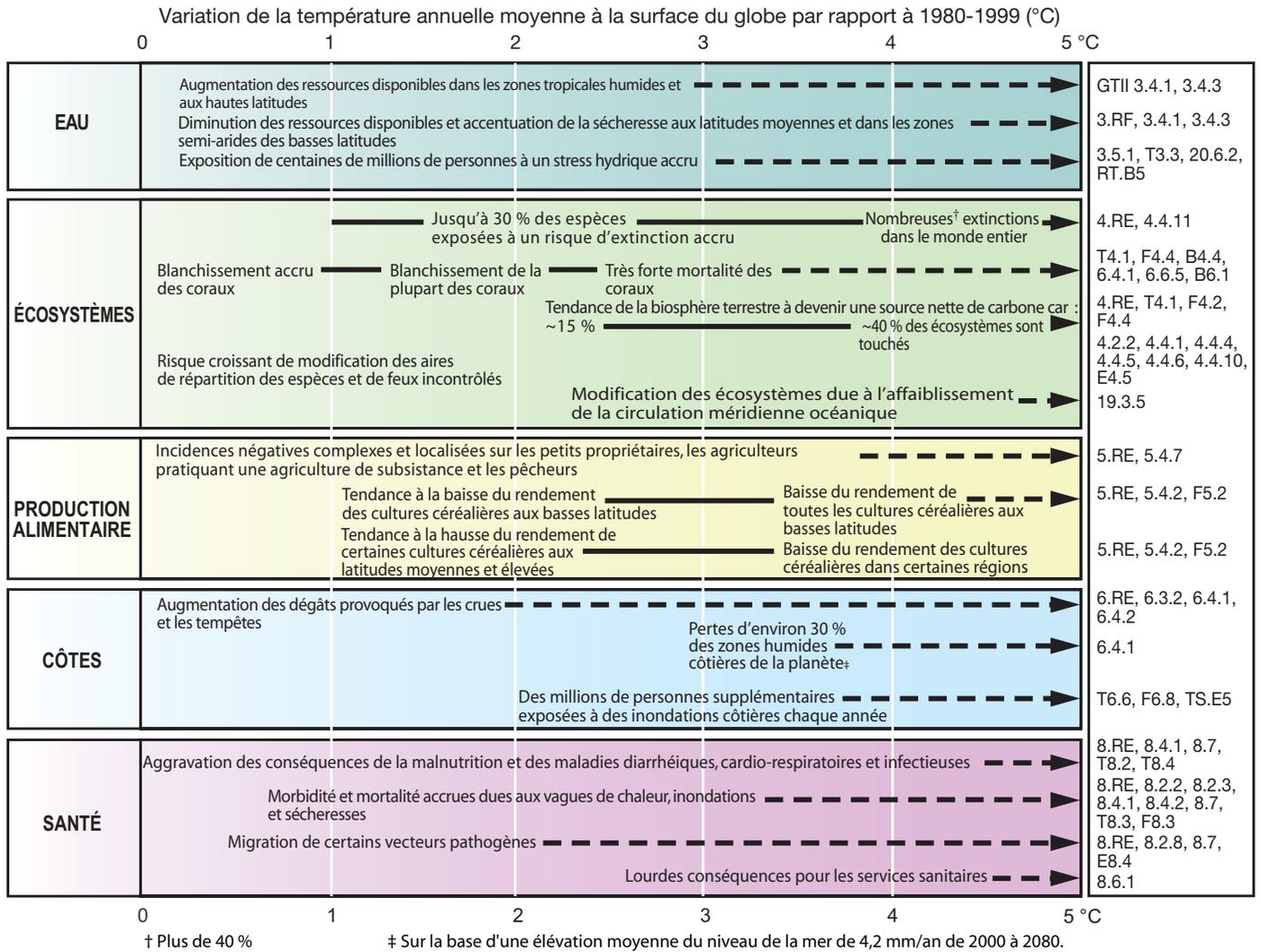
- On s'attend que les changements climatiques amplifient les disparités régionales en matière de ressources naturelles et de moyens économiques. Au nombre des incidences négatives figurent un risque croissant d'inondations éclair à l'intérieur des terres, une plus grande fréquence des inondations côtières et une érosion accrue (attribuable aux tempêtes et à l'élévation du niveau de la mer). *{GT II 12.4, RiD}*
- Les régions montagneuses devront faire face au recul des glaciers, à la réduction de la couverture neigeuse et du tourisme hivernal ainsi qu'à la disparition de nombreuses espèces (jusqu'à 60 % d'ici 2080 dans certaines régions, selon les scénarios de fortes émissions). *{GT II 12.4, RiD}*
- Dans le sud de l'Europe, région déjà vulnérable à la variabilité du climat, les changements climatiques devraient aggraver la situation (températures élevées et sécheresse) et nuire à l'approvisionnement en eau, au potentiel hydroélectrique, au tourisme estival et, en général, aux rendements agricoles. *{GT II 12.4, RiD}*
- Les risques sanitaires liés aux vagues de chaleur et à la fréquence accrue des incendies devraient être amplifiés par les changements climatiques. *{GT II 12.4, RiD}*

### Amérique latine

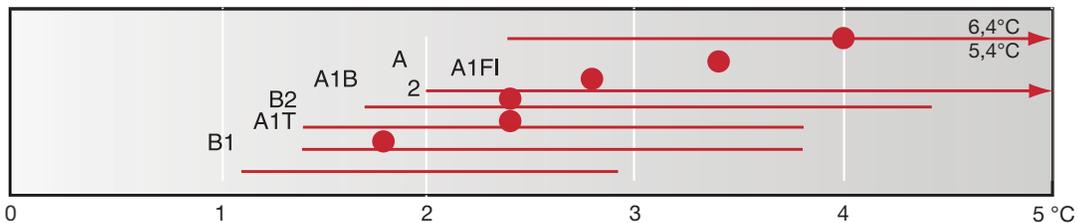
- D'ici le milieu du siècle, les forêts tropicales devraient être progressivement remplacées par la savane dans l'est de l'Amazonie sous l'effet de la hausse des températures et du dessèchement des sols. La végétation de type semi-aride aura tendance à laisser place à une végétation de type aride. *{GT II 13.4, RiD}*
- La disparition de certaines espèces risque d'appauvrir énormément la diversité biologique dans de nombreuses régions tropicales de l'Amérique latine. *{GT II 13.4, RiD}*

<sup>17</sup> Sauf indication contraire, toutes ces éléments d'information sont extraits du RiD élaboré par le GT II, se caractérisent par un degré de confiance *élevé* ou *très élevé* et portent sur plusieurs secteurs susceptibles d'être touchés, à savoir l'agriculture, les écosystèmes, l'eau, les côtes, la santé, l'industrie et les établissements humains. Le RiD du GT II précise la source des éléments d'information, des chronologies et des températures anticipées. L'ampleur des incidences réelles et le moment où elles interviendront dépendront de la portée et du rythme des changements climatiques, des scénarios d'émissions, des voies de développement et des mesures d'adaptation.

**Exemples d'incidences associées à la variation de la température moyenne à la surface du globe  
(Les incidences varieront selon le degré d'adaptation, le rythme du réchauffement et le mode de développement socioéconomique)**



**Réchauffement en 2090–2099 par rapport à 1980–1999 pour des scénarios sans mesures d'atténuation**



**Figure 3.6.** Exemples d'incidences associées à l'élévation de la température moyenne à la surface du globe. **En haut :** Exemples d'incidences planétaires anticipées des changements climatiques (et, le cas échéant, de l'élévation du niveau de la mer et de la concentration de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère) selon l'ampleur de la hausse de la température moyenne à la surface du globe au XXI<sup>e</sup> siècle. Les traits noirs relient les diverses incidences entre elles, les flèches en pointillé indiquent que ces incidences se poursuivent avec le réchauffement. La disposition du texte permet de voir approximativement à quel niveau de réchauffement s'amorce l'effet mentionné. Les chiffres relatifs à la pénurie d'eau et aux inondations correspondent aux incidences supplémentaires des changements climatiques par rapport aux conditions anticipées dans les scénarios A1FI, A2, B1 et B2 du SRES. Ces estimations ne tiennent pas compte de l'adaptation aux changements climatiques. Toutes ces incidences sont affectées d'un degré de confiance élevé. Le cadre situé en haut à droite indique les références au Rapport du GT II pour les incidences mentionnées à gauche\*. **En bas :** Les points et les traits représentent les valeurs les plus probables et les fourchettes probables du réchauffement en 2090–2099 par rapport à 1980–1999 selon les six scénarios de référence du SRES. {GT I figure RiD.5, 10.7 ; GT II figure RiD.2 ; GT III tableau RT.2, tableau 3.10}

\* RE = résumé, T = tableau, E = encadré et F = figure. Ainsi, « E4.5 » renvoie à l'encadré 4.5 du chapitre 4 et « 3.5.1 » à la section 3.5.1 du chapitre 3.

- Le rendement de certaines cultures importantes et de l'élevage du bétail devrait diminuer, au détriment de la sécurité alimentaire. On anticipe en revanche une augmentation du rendement des cultures de soja dans les zones tempérées. D'un point de vue général, on anticipe une augmentation du nombre de personnes exposées à la famine (*degré de confiance moyen*). {GT II 13.4, encadré RT.6}
- La modification des régimes de précipitations et la disparition des glaciers devraient réduire considérablement les ressources en eau disponibles pour la consommation humaine, l'agriculture et la production d'énergie. {GT II 13.4, RiD}

#### Amérique du Nord

- Selon les projections, le réchauffement du climat dans les régions montagneuses de l'ouest du continent diminuera l'enneigement, augmentera la fréquence des inondations hivernales et réduira les débits estivaux, avivant la concurrence pour des ressources en eau déjà surexploitées. {GT II 14.4, RiD}
- L'évolution modérée du climat au cours des premières décennies du siècle devrait accroître de 5 à 20 % le rendement des cultures pluviales, mais avec de nets écarts d'une région à l'autre. De graves difficultés risquent de surgir dans le cas des cultures déjà exposées à des températures proches de la limite supérieure de leur plage de tolérance ou qui dépendent de ressources en eau déjà fortement utilisées. {GT II 14.4, RiD}
- Au cours du siècle, les villes qui subissent actuellement des vagues de chaleur devraient faire face à une hausse du nombre, de l'intensité et de la durée de ces phénomènes, ce qui pourrait avoir des incidences défavorables pour la santé. {GT II 14.4, RiD}
- Dans les régions côtières, les établissements humains et les habitats naturels subiront des pressions accrues découlant de l'interaction des effets du changement climatique avec le développement et la pollution. {GT II 14.4, RiD}

#### Régions polaires

- Les principaux effets biophysiques anticipés sont la réduction de l'épaisseur et de l'étendue des glaciers, des nappes glaciaires et des glaces de mer ainsi qu'une modification des écosystèmes naturels au détriment de nombreux organismes, dont les oiseaux migrateurs, les mammifères et les grands prédateurs. {GT II 15.4, RiD}
- Pour les communautés de l'Arctique, les effets devraient être mitigés, notamment ceux qui résulteraient de l'évolution de l'état de la neige et de la glace. {GT II 15.4, RiD}
- Les éléments d'infrastructure et les modes de vie traditionnels des populations autochtones seront touchés. {GT II 15.4, RiD}
- On estime que les écosystèmes et les habitats propres aux régions polaires de l'Arctique et de l'Antarctique seront fragilisés, du fait de l'atténuation des obstacles climatiques à l'invasion de nouvelles espèces. {GT II 15.4, RiD}

#### Petites îles

- Selon les prévisions, l'élévation du niveau de la mer devrait intensifier les inondations, les ondes de tempête, l'érosion et d'autres phénomènes côtiers dangereux, menaçant l'infrastructure, les établissements humains et les installations vitales pour les populations insulaires. {GT II 16.4, RiD}
- La détérioration de l'état des zones côtières, par exemple l'érosion des plages et le blanchissement des coraux, devrait porter atteinte aux ressources locales. {GT II 16.4, RiD}
- D'ici le milieu du siècle, les changements climatiques devraient réduire les ressources en eau dans de nombreuses petites îles, par exemple dans les Caraïbes et le Pacifique, à tel point que la demande ne pourra plus être satisfaite pendant les périodes de faible pluviosité. {GT II 16.4, RiD}

- La hausse des températures devrait favoriser l'invasion d'espèces exotiques, notamment aux moyennes et hautes latitudes. {GT II 16.4, RiD}

### 3.3.3 Systèmes, secteurs et régions particulièrement touchés

**Il est probable que certains systèmes, secteurs et régions seront plus durement touchés que d'autres par l'évolution du climat.**<sup>18</sup> {GT II RT.4.5}

Systèmes et secteurs : {GT II RT.4.5}

- écosystèmes :
  - terrestres : toundras, forêts boréales et régions montagneuses en raison de leur sensibilité au réchauffement ; écosystèmes de type méditerranéen du fait de la diminution des précipitations ; forêts pluviales tropicales dans les zones où la pluviosité diminue ;
  - côtiers : mangroves et marais salants soumis à de multiples contraintes ;
  - marins : récifs coralliens soumis à de multiples contraintes ; biome des glaces de mer en raison de sa sensibilité au réchauffement ;
- ressources en eau dans certaines régions sèches des latitudes moyennes<sup>19</sup> et dans les zones tropicales sèches, en raison de la modification de la pluviosité et de l'évapotranspiration, ainsi que dans les zones tributaires de la fonte des neiges et des glaces ;
- agriculture aux basses latitudes, du fait de la raréfaction des ressources en eau ;
- systèmes des basses terres littorales, du fait de l'exposition à l'élévation du niveau de la mer et du risque accru de phénomènes météorologiques extrêmes ;
- état sanitaire des populations à faible capacité d'adaptation.

Régions : {GT II RT.4.5}

- l'Arctique, du fait de la rapidité du réchauffement anticipé et de ses incidences sur les systèmes naturels et les communautés humaines ;
- l'Afrique, du fait de sa faible capacité d'adaptation et des effets du changement climatique anticipés ;
- les petites îles où la population et les infrastructures sont très exposées aux effets du changement climatique anticipés ;
- les grands deltas d'Asie et d'Afrique, du fait de l'importante population et de la forte exposition à l'élévation du niveau de la mer, aux ondes de tempête et aux inondations fluviales.

Dans les autres régions du globe, même prospères, des segments particuliers de la population (par exemple les pauvres, les jeunes enfants ou les personnes âgées), tout comme certaines zones et activités, risquent d'être gravement menacés. {GT II 7.1, 7.2, 7.4, 8.2, 8.4, RT.4.5}

### 3.3.4 Acidification des océans

La fixation du carbone anthropique émis depuis 1750 a abaissé le pH des océans de 0,1 unité en moyenne. La hausse de la concentration atmosphérique de CO<sub>2</sub> a accentué encore l'acidité du milieu marin. Selon les projections fondées sur les scénarios SRES, le pH moyen des océans en surface devrait baisser de 0,14 à 0,35 unité au cours du XXI<sup>e</sup> siècle. Les effets sur la biosphère marine ne sont pas connus à ce jour, mais on pense que le phénomène aura une incidence néfaste sur les testacés et crustacés marins (les coraux, par exemple) et sur les espèces qui en sont tributaires. {GT I RiD, GT II RiD}

<sup>18</sup>Selon les avis qualifiés sur les textes consultés et compte tenu de l'ampleur, du moment et du rythme anticipé des changements climatiques, de la sensibilité du climat et de la capacité d'adaptation.

<sup>19</sup>Zones arides et semi-arides comprises.

**Tableau 3.2.** Exemples d'incidences possibles des phénomènes météorologiques et climatiques extrêmes associés aux changements climatiques, selon les projections visant la deuxième moitié du XXI<sup>e</sup> siècle. L'évolution de la capacité d'adaptation n'est pas prise en compte. Les probabilités indiquées dans la deuxième colonne concernent les phénomènes recensés dans la première colonne. {GT II tableau RID.1}

Phénomène <sup>a</sup> et évolution anticipée	Probabilité de l'évolution future selon les projections établies pour le XXI <sup>e</sup> siècle sur la base des scénarios SRES	Principales incidences anticipées par secteur			
		Agriculture, foresterie et écosystèmes {GT II 4.4, 5.4}	Ressources en eau {GT II 3.4}	Santé {GT II 8.2, 8.4}	Industrie, établissements humains et société {GT II 7.4}
Journées et nuits froides moins nombreuses et moins froides, journées et nuits chaudes plus nombreuses et plus chaudes, sur la plupart des terres émergées	Pratiquement certain <sup>b</sup>	Hausse des rendements dans les régions froides, baisse dans les régions chaudes ; invasions d'insectes plus fréquentes	Effets sur les ressources en eau tributaires de la fonte des neiges ; effets sur certaines sources d'approvisionnement	Baisse de la mortalité humaine due au froid	Baisse de la demande énergétique pour le chauffage, hausse pour la climatisation ; détérioration de la qualité de l'air urbain ; perturbations moins fréquentes des transports dues à la neige et au verglas ; effets sur le tourisme hivernal
Périodes ou vagues de chaleur plus fréquentes sur la plupart des terres émergées	Très probable	Baisse des rendements dans les régions chaudes en raison du stress thermique ; risque accru d'incendies	Hausse de la demande ; problèmes liés à la qualité de l'eau (prolifération d'algues, p. ex.)	Risque accru de mortalité liée à la chaleur, surtout chez les personnes âgées, les malades chroniques, les très jeunes enfants et les personnes isolées	Baisse de la qualité de vie des personnes mal logées dans les régions chaudes ; incidences sur les personnes âgées, les très jeunes enfants et les pauvres
Fortes précipitations plus fréquentes dans la plupart des régions	Très probable	Perte de récoltes ; érosion des sols ; impossibilité de cultiver les terres détrempées	Effets néfastes sur la qualité de l'eau de surface ou souterraine ; contamination des sources d'approvisionnement ; atténuation possible de la pénurie d'eau	Risque accru de décès, de blessures, de maladies infectieuses, d'affections des voies respiratoires et de maladies de la peau	Perturbation des établissements humains, du commerce, des transports et de l'organisation sociale lors des inondations ; pressions sur les infrastructures urbaines et rurales ; pertes matérielles
Progression de la sécheresse	Probable	Dégradation des sols ; baisse des rendements ou perte de récoltes ; mortalité plus fréquente du bétail ; risque accru d'incendies	Intensification du stress hydrique	Risque accru de pénurie d'aliments et d'eau, de malnutrition, de maladies d'origine hydrique et alimentaire	Pénurie d'eau dans les établissements humains, l'industrie et les collectivités ; baisse du potentiel hydroélectrique ; possibilité de migration des populations
Augmentation de l'activité cyclonique intense	Probable	Perte de récoltes ; déracinement d'arbres par le vent ; dégâts causés aux récifs coralliens	Perturbation de l'approvisionnement en eau lors des pannes de courant	Risque accru de décès, de blessures et de maladies d'origine hydrique et alimentaire ; états de stress post-traumatique	Perturbations causées par les inondations et les vents violents ; impossibilité de s'assurer auprès du secteur privé dans les zones vulnérables ; possibilité de migration des populations ; pertes matérielles
Incidence accrue des épisodes d'élévation extrême du niveau de la mer (à l'exception des tsunamis) <sup>c</sup>	Probable <sup>d</sup>	Salinisation des eaux d'irrigation, des estuaires et des systèmes d'eau douce	Diminution de la quantité d'eau douce disponible en raison de l'intrusion d'eau salée	Risque accru de décès et de blessures lors des inondations ; effets sanitaires liés à la migration	Coût de la protection du littoral par rapport au coût de la réaffectation des terres ; possibilité de déplacement des populations et des infrastructures ; voir aussi l'activité cyclonique (ci-dessus)

Notes :

- Les définitions exactes sont données au tableau 3.7 de la contribution du GT I au quatrième Rapport d'évaluation.
- Élévation des valeurs extrêmes des températures diurnes et nocturnes relevées chaque année.
- L'élévation extrême du niveau de la mer dépend du niveau moyen de la mer et des systèmes météorologiques régionaux. Elle correspond à la tranche supérieure (1 %) des valeurs horaires relevées à une station donnée pendant une période de référence.
- Dans tous les scénarios, le niveau moyen de la mer anticipé en 2100 pour la planète est supérieur à celui de la période de référence. Les effets de l'évolution des systèmes météorologiques régionaux sur les épisodes d'élévation extrême du niveau de la mer ne sont pas pris en compte. {GT I 10.6}

### 3.3.5 Phénomènes météorologiques extrêmes

Le changement de fréquence et d'intensité des phénomènes météorologiques extrêmes, conjugué à l'élévation du niveau de la mer, devrait avoir surtout des effets néfastes sur les systèmes naturels et humains (tableau 3.2). {GT II RID}

Le tableau 3.2 présente plusieurs phénomènes extrêmes et leurs effets sur divers secteurs.

### 3.4 Risque de changements brusques ou irréversibles

Le réchauffement anthropique pourrait avoir des conséquences brusques ou irréversibles, selon l'ampleur et le rythme de l'évolution du climat. {GT II 12.6, 19.3, 19.4, RID}

On considère en général qu'un changement climatique brusque à l'échelle d'une ou de quelques décennies entraîne des variations de la

circulation océanique. En outre, sur des échelles de temps plus longues, la modification des nappes glaciaires et des écosystèmes peut également avoir une incidence. Si un changement climatique brusque de grande ampleur devait intervenir, les conséquences pourraient en être très lourdes (voir le point 5.2). *[GT I 8.7, 10.3, 10.7 ; GT II 4.4, 19.3]*

L'ablation d'une partie des nappes glaciaires qui recouvrent les zones polaires et/ou la dilatation thermique des eaux océaniques sur des échelles de temps particulièrement longues pourraient faire monter de plusieurs mètres le niveau de la mer, modifier profondément la topographie des côtes et provoquer l'inondation des basses terres. Les effets seraient particulièrement marqués dans les deltas et sur les îles de faible altitude. Selon les modèles actuels, si le réchauffement planétaire devait se maintenir à 1,9-4,6 °C (par rapport à l'époque préindustrielle), de tels bouleversements devraient s'échelonner sur plusieurs millénaires, quoiqu'on ne puisse écarter la possibilité que le niveau de la mer s'élève plus rapidement que prévu en quelques siècles. *[RSY 3.2.3 ; GT 6.4, 10.7 ; GT II 19.3, RiD]*

Il est *probable* que les changements climatiques auront un certain nombre d'incidences irréversibles. Si le réchauffement moyen de la pla-

nète excédait 1,5 à 2,5 °C par rapport à 1980-1999, le risque d'extinction de 20 à 30 % des espèces recensées à ce jour serait *probablement* accru (*degré de confiance moyen*). Si la température s'élevait de plus de 3,5 °C environ, les modèles prévoient que 40 à 70 % des espèces recensées pourraient disparaître de la surface du globe. *[GT II 4.4, figure RiD.2]*

D'après les simulations actuelles, il est *très probable* que la circulation méridienne océanique accusera un ralentissement dans l'Atlantique au cours du XXI<sup>e</sup> siècle, sans pour autant que les températures cessent d'augmenter dans la région. Il est *très improbable* que la circulation méridienne océanique change brusquement pendant cette période. On ne peut prévoir avec un degré suffisant de confiance l'évolution à plus long terme. *[GT I 10.3, 10.7 ; GT II figure, tableau RT.5, RiD.2]*

Les changements importants et persistants de la circulation méridienne océanique auront probablement des effets sur la productivité des écosystèmes marins, la pêche, la fixation du CO<sub>2</sub> dans les océans, la teneur en oxygène des océans et la végétation terrestre. Il est possible que la modification de l'absorption du CO<sub>2</sub> par les terres et les océans ait un effet de rétroaction sur le système climatique. *[GT II 12.6, 19.3, figure RiD.2]*

# 4

---

## **Possibilités et mesures d'adaptation et d'atténuation et corrélations avec le développement durable, à l'échelle mondiale et régionale**

---

## 4.1 Réagir aux changements climatiques

Nos sociétés peuvent réagir à l'évolution du climat en s'adaptant à ses effets et en diminuant les émissions de GES (atténuation), afin de réduire le rythme et l'ampleur des changements. Le présent Point est consacré aux mesures d'adaptation et d'atténuation susceptibles d'être mises en œuvre au cours des vingt ou trente prochaines années ainsi qu'à leurs corrélations avec le développement durable. Ces mesures peuvent d'ailleurs être complémentaires. Leur complémentarité est traitée au Point 5 dans une perspective plus théorique et à plus longue échéance.

La capacité d'adaptation et d'atténuation dépend des conditions socio-économiques et environnementales ainsi que de l'accès aux informations et à la technologie<sup>20</sup>. Cependant, en matière de coût et d'efficacité, on possède beaucoup plus d'informations sur les mesures d'atténuation que sur les mesures d'adaptation. *{GT II 17.1, 17.3; GT III 1.2}*

## 4.2 Possibilités d'adaptation

**L'adaptation peut atténuer la vulnérabilité, à brève comme à longue échéance.** *{GT II 17.2, 18.1, 18.5, 20.3, 20.8}*

Plusieurs facteurs sont susceptibles d'amplifier la vulnérabilité à l'égard des changements climatiques, notamment la pauvreté, l'accès inégal aux ressources, l'insécurité alimentaire, la tendance à la mondialisation de l'économie, les conflits en cours et l'incidence de maladies telles que le VIH/SIDA, sans oublier les dangers climatiques déjà présents. *{GT II 7.2, 7.4, 8.3, 17.3, 20.3, 20.4, 20.7, RiD}*

Dans le monde entier, les sociétés ont de tout temps cherché à s'adapter et à réduire leur vulnérabilité aux conséquences des phénomènes météorologiques et climatiques tels que les inondations, les sécheresses ou les tempêtes. Des mesures d'adaptation supplémentaires seront toutefois nécessaires à l'échelle régionale et locale pour réduire les effets néfastes de l'évolution et de la variabilité anticipées du climat, quelle que soit l'ampleur des mesures d'atténuation qui seront mises en place au cours des vingt ou trente prochaines années. Cependant, l'adaptation seule ne suffira sans doute pas à remédier à tous les effets anticipés des changements climatiques, surtout pas à longue échéance alors que la plupart des répercussions s'amplifieront. *{GT II 17.2, RiD; GT III 1.2}*

Les possibilités d'adaptation sont multiples, mais il est impératif d'intensifier l'action engagée si l'on veut réduire la vulnérabilité à l'égard des changements climatiques. Il existe des obstacles, des limites et des coûts que l'on ne cerne pas toujours parfaitement. On commence à prendre certaines mesures à une échelle limitée. Le tableau 4.1 contient des exemples de mesures d'adaptation prévues par secteur. Souvent, celles-ci sont motivées par des raisons diverses telles que le

développement économique ou la réduction de la pauvreté, puis intégrées dans des initiatives plus vastes de planification du développement au plan sectoriel, régional ou local telles que la planification des ressources en eau, la protection des côtes ou les stratégies d'atténuation des risques de catastrophes. Cette approche est suivie, par exemple, par le Bangladesh, dans le cadre de son plan national de gestion des ressources en eau, ou par les Pays-Bas et la Norvège, qui ont mis en place des plans de protection des côtes qui tiennent compte de différents scénarios de changements climatiques. *{GT II 1.3, 5.5.2, 11.6, 17.2}*

Peu d'études ont tenté d'estimer l'ensemble des coûts et avantages des mesures d'adaptation à l'échelle du globe. En revanche, un nombre croissant d'analyses coûts-avantages sont réalisées au niveau régional ou dans le cadre de projets à propos des conséquences pour certains secteurs tels que l'agriculture, la demande énergétique pour le chauffage et la climatisation, la gestion des ressources en eau et l'infrastructure. Compte tenu de ces analyses, on peut avancer avec un *degré de confiance élevé* que certaines solutions intéressantes pourraient être mises en pratique à faible coût et/ou avec de grands avantages par rapport au coût dans certains de ces secteurs. Par ailleurs, des recherches empiriques donnent à penser qu'un meilleur rapport coûts-avantages pourrait être obtenu en prenant certaines mesures d'adaptation à un stade précoce plutôt qu'en convertissant ultérieurement des infrastructures à longue durée de vie. *{GT II 17.2}*

**La capacité d'adaptation, intimement liée au développement socioéconomique, est inégalement répartie entre les sociétés et au sein de ces dernières.** *{GT II 7.1, 7.2, 7.4, 17.3}*

La capacité de s'adapter est un processus dynamique qui est en partie fonction de la base de production dont dispose une société donnée : ressources naturelles et moyens économiques, réseaux et programmes sociaux, capital humain et institutions, mode de gouvernement, revenu national, santé et technologie. Elle est aussi influencée par de multiples contraintes climatiques et non climatiques ainsi que par les politiques de développement. *{GT II 17.3}*

Des études ont récemment confirmé la conclusion du troisième Rapport d'évaluation selon laquelle il sera vital et bénéfique de s'adapter. Cependant, la mise en œuvre et l'efficacité des mesures d'adaptation restent tributaires d'un certain nombre de contraintes d'ordre financier, technique, cognitif, comportemental, politique, social, institutionnel et culturel. Même les sociétés dotées d'une grande capacité d'adaptation restent vulnérables à l'évolution et à la variabilité du climat et aux extrêmes climatiques. En 2003, par exemple, une vague de chaleur a causé de nombreux décès (surtout parmi les personnes âgées) dans des villes européennes et, en 2005, l'ouragan Katrina a infligé de lourdes pertes humaines et financières aux États-Unis d'Amérique. *{GT II 7.4, 8.2, 17.4}*

<sup>20</sup> La technologie s'entend de la mise en pratique de connaissances en vue d'accomplir des tâches particulières qui nécessitent à la fois des artefacts techniques (matériel et équipement) et des informations (sociales) (« logiciels », savoir-faire pour la production et l'utilisation des artefacts).

Tableau 4.1. Exemples de mesures d'adaptation prévues par secteur.

Secteur	Possibilité/stratégie d'adaptation	Cadre d'action sous-jacent	Principaux facteurs pouvant limiter ou favoriser (italique) la mise en œuvre
<b>Eau</b> {GT II, 5.5, 16.4, ; tableaux 3.5, 11.6, 17.1}	Extension de la collecte des eaux de pluie ; techniques de stockage et de conservation ; réutilisation ; dessalement ; méthodes efficaces d'utilisation et d'irrigation	Politiques nationales de l'eau et gestion intégrée des ressources ; gestion des risques	Obstacles financiers, humains et physiques ; <i>gestion intégrée des ressources ; synergies avec d'autres secteurs</i>
<b>Agriculture</b> {GT II 10.5, 13.5 ; tableau 10.8}	Modification des dates de plantation et des variétés cultivées ; déplacement des cultures ; meilleure gestion des terres (lutte contre l'érosion et protection des sols par le boisement, etc.)	Politiques de R.-D. ; réforme institutionnelle ; régime foncier et réforme agraire ; formation ; renforcement des capacités ; assurance-récolte ; incitations financières (subventions, crédits d'impôt, etc.)	Contraintes technologiques et financières ; accès aux nouvelles variétés ; marchés ; <i>allongement de la période de végétation aux hautes latitudes ; recettes tirées des « nouveaux » produits</i>
<b>Infrastructures/établissements humains</b> (y compris dans les zones côtières) {GT II 3.6, 11.4 ; tableaux 6.11, 17.1}	Changement de lieu d'implantation ; digues et ouvrages de protection contre les ondes de tempête ; consolidation des dunes ; acquisition de terres et création de terrains marécageux/zones humides contre l'élévation du niveau de la mer et les inondations ; protection des obstacles naturels	Normes et règlements intégrant dans la conception les effets des changements climatiques ; politiques d'utilisation des terres ; codes du bâtiment ; assurance	Obstacles financiers et technologiques ; difficultés de réimplantation ; <i>politiques et gestions intégrées ; synergies avec les objectifs du développement durable</i>
<b>Santé</b> {GT II 14.5, tableau 10.8}	Plans de veille sanitaire pour les vagues de chaleur ; services médicaux d'urgence ; surveillance et contrôle accrus des maladies sensibles au climat ; salubrité de l'eau et assainissement	Politiques de santé publique tenant compte des risques climatiques ; renforcement des services de santé ; coopération régionale et internationale	Seuils de tolérance humaine (groupes vulnérables) ; connaissances insuffisantes ; moyens financiers ; <i>amélioration des services de santé ; meilleure qualité de vie</i>
<b>Tourisme</b> {GT II 12.5, 15.5, 17.5 ; tableau 17.1}	Diversification des attractions et des recettes touristiques ; déplacement des pentes de ski à plus haute altitude et vers les glaciers ; production de neige artificielle	Planification intégrée (capacité d'accueil ; liens avec d'autres secteurs, etc.) ; incitations financières (subventions, crédits d'impôt, etc.)	Demande et mise en marché de nouvelles attractions ; problèmes financiers et logistiques ; effets potentiellement négatifs sur d'autres secteurs (p. ex. consommation accrue d'énergie pour la production de neige artificielle) ; <i>recettes tirées des « nouvelles » attractions ; élargissement du groupe des parties prenantes</i>
<b>Transports</b> {GT II 7.6, 17.2}	Harmonisation/réimplantation ; normes de conception et planification des routes, voies ferrées et autres éléments d'infrastructure en fonction du réchauffement et des impératifs de drainage	Politiques nationales des transports intégrant les effets des changements climatiques ; investissement dans la R.-D. sur des conditions particulières (zones à pergélisol, etc.)	Obstacles financiers et technologiques ; absence de trajets moins exposés ; <i>amélioration des technologies et intégration avec des secteurs essentiels (p. ex. l'énergie)</i>
<b>Énergie</b> {GT II 7.4, 16.2}	Renforcement des réseaux aériens de transport et de distribution ; enfouissement des câbles ; efficacité énergétique ; recours aux sources d'énergie renouvelables ; réduction de la dépendance à l'égard d'une seule source d'énergie	Politiques énergétiques nationales, règlements, incitations fiscales et financières au profit d'autres formes d'énergie ; normes de conception intégrant les effets des changements climatiques	Difficultés d'accès à des solutions de rechange viables ; obstacles financiers et technologiques ; degré d'acceptation des nouvelles technologies ; <i>stimulation des nouvelles technologies ; utilisation des ressources locales</i>

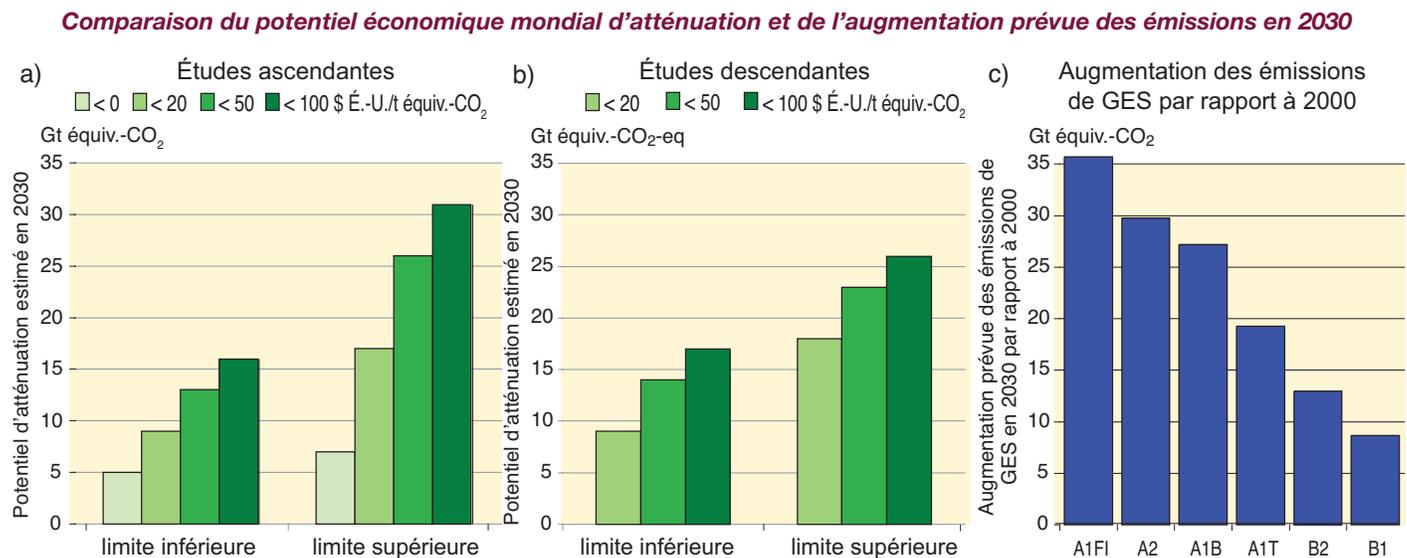
Note :

Les systèmes d'alerte précoce font partie des options envisagées dans de nombreux secteurs.

### 4.3 Possibilités d'atténuation

Selon les études ascendantes et descendantes<sup>21</sup> réalisées à ce jour, il existerait un potentiel économique appréciable d'atténuation<sup>21</sup> des émissions mondiales de GES pour les prochaines décennies, qui pourrait neutraliser la hausse prévue de ces émissions ou les ramener sous les niveaux actuels (*large concordance, degré élevé d'évidence*). {GT III 11.3, RiD}

La figure 4.1 propose une comparaison entre le potentiel économique mondial d'atténuation en 2030 et la hausse anticipée des émissions entre 2000 et 2030. Selon les études ascendantes, les possibilités d'atténuation dont le coût net est négatif<sup>22</sup> pourraient réduire les émissions de quelque 6 Gt équiv.-CO<sub>2</sub>/an en 2030, à condition d'analyser et d'éliminer les obstacles à la mise en œuvre. Le potentiel économique, qui est généralement supérieur au potentiel de marché, ne pourra se concrétiser que si les politiques voulues sont en place et les obstacles levés.<sup>21</sup> {GT III 11.3, RiD}



**Figure 4.1.** Potentiel économique mondial d'atténuation estimé en 2030 à partir d'études ascendantes (diagramme a) et descendantes (diagramme b), en comparaison de l'augmentation anticipée des émissions selon différents scénarios SRES par rapport aux niveaux de 2000, soit 40,8 Gt équiv.-CO<sub>2</sub> (diagramme c). Note : Par souci de cohérence avec les résultats des scénarios SRES, les émissions de GES en 2000 ne comprennent pas les rejets issus de la décomposition de la biomasse aérienne qui subsiste après une coupe forestière ou un déboisement, ni ceux issus de la combustion de tourbe et des sols tourbeux asséchés {GT III figures RiD.4, RiD.5a, RiD.5b}

<sup>21</sup> La notion de **potentiel d'atténuation** a été forgée dans le but d'évaluer l'ampleur des réductions de GES qu'il serait possible d'atteindre, par rapport à des niveaux de référence, pour un prix donné du carbone (exprimé en coût par unité d'émissions d'équivalent-CO<sub>2</sub> évitée ou réduite). On distingue le potentiel d'atténuation « de marché » et le potentiel d'atténuation « économique ».

Le **potentiel de marché** représente le potentiel d'atténuation fondé sur les coûts et les taux d'actualisation privés (reflétant le point de vue des consommateurs et des entreprises) qui peut être réalisé dans les conditions prévues du marché, y compris les politiques et mesures en place, en tenant compte des obstacles à la réalisation effective.

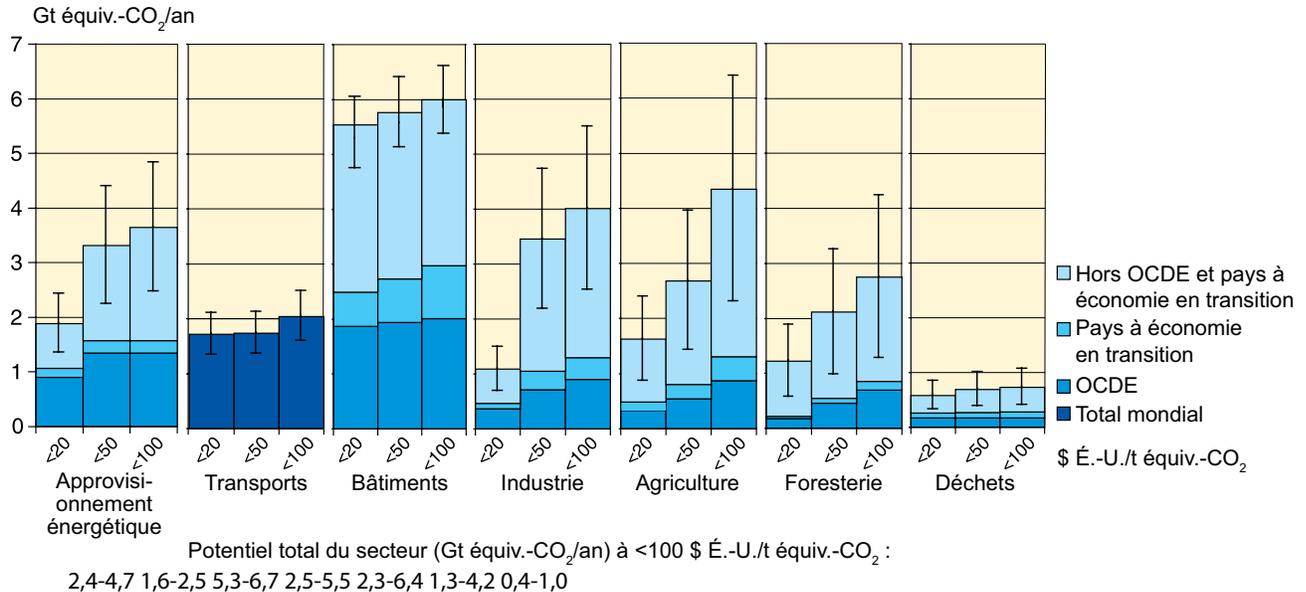
Le **potentiel économique** représente le potentiel d'atténuation qui prend en compte les coûts et avantages et les taux d'actualisation sociaux (reflétant le point de vue de la société, les taux d'actualisation sociaux étant inférieurs à ceux utilisés par les investisseurs privés), en supposant que l'efficacité du marché est améliorée par les politiques et mesures adoptées et que les obstacles sont levés.

Il existe plusieurs façons d'estimer le potentiel d'atténuation. Les **études ascendantes** évaluent les options d'atténuation en s'attachant à des technologies et des règlements spécifiques. Ce sont des études essentiellement sectorielles dans lesquelles la macroéconomie est jugée invariable. Les **études descendantes** évaluent le potentiel que présentent les options d'atténuation pour l'ensemble de l'économie. Elles utilisent des cadres cohérents et des informations globales sur les possibilités qui s'offrent et intègrent les rétroactions des systèmes macroéconomiques et des marchés.

<sup>22</sup> Les possibilités à coût net négatif (possibilités « sans regrets ») sont définies comme les solutions dont les avantages (coûts énergétiques réduits, diminution des rejets de polluants à l'échelle locale ou régionale, etc.) sont égaux ou supérieurs aux dépenses qu'elles entraînent pour la société, sans tenir compte des avantages liés à la prévention des changements climatiques.

<sup>23</sup> 20 billions = 20 000 milliards = 20 x 10<sup>12</sup>

### Potentiel économique d'atténuation par secteur en 2030 selon des études ascendantes



**Figure 4.2.** Potentiel économique d'atténuation estimé par secteur et par région, fondé sur l'utilisation des technologies et des pratiques censées être en usage en 2030. Le potentiel indiqué ne comprend pas les options non techniques, telles que la modification des modes de vie. {GT III figure RiD.6}

#### Notes :

- Les lignes verticales représentent la fourchette du potentiel économique mondial estimé pour chaque secteur. Les émissions sont attribuées selon l'usage final ; ainsi, les rejets produits par la consommation d'électricité sont imputés aux secteurs utilisateurs et non au secteur de l'approvisionnement énergétique.
- L'estimation des potentiels a été rendue difficile par le nombre limité d'études, notamment pour des prix élevés du carbone.
- Les bases de référence diffèrent selon le secteur. Pour l'industrie, on a utilisé celles du scénario B2 du SRES et, pour l'approvisionnement énergétique et les transports, celles du scénario WEO (World Energy Outlook) 2004. Dans le cas des bâtiments, la base de référence se situait entre celles des scénarios B2 et A1B du SRES. Pour le secteur des déchets, on a établi la base de référence à partir des forces motrices du scénario A1B du SRES. Enfin, dans le cas de l'agriculture et de la foresterie, les bases de référence reposaient essentiellement sur les forces motrices associées au scénario B2.
- Les chiffres de l'aviation internationale étant inclus, seuls figurent les totaux mondiaux pour le secteur des transports.
- Les catégories exclues sont : les émissions de gaz autres que le CO<sub>2</sub> (bâtiments et transports), une partie des options visant le rendement des matériaux, la production de chaleur et la cogénération (approvisionnement énergétique), les véhicules utilitaires lourds, le trafic maritime et les transports de passagers à fort taux d'occupation, la plupart des options coûteuses (bâtiments), le traitement des eaux usées (bâtiments), la réduction des rejets des mines de charbon et des gazoducs, les gaz fluorés (approvisionnement énergétique et transports). La sous-estimation du potentiel économique total qui en résulte est de l'ordre de 10 à 15 %.

dans ces technologies plus intéressants. Selon les premières estimations, il faudrait remettre profondément en question les choix effectués en matière d'investissement pour que, d'ici 2030, les émissions globales de CO<sub>2</sub> dues au secteur énergétique soient ramenées aux niveaux de 2005, alors même que le surcoût net ne devrait guère excéder 5 à 10 % du total des investissements. {GT III 4.1, 4.4, 11.6, RiD}

**Bien que fondées sur des méthodes différentes, les études font apparaître que, dans toutes les régions du globe analysées, d'importants avantages connexes pour la santé peuvent découler à court terme d'une réduction de la pollution atmosphérique due à des mesures d'atténuation des émissions de GES et compenser une bonne partie des coûts encourus (large concordance, degré élevé d'évidence).** {GT III, 11.8, RiD}

L'efficacité énergétique et l'utilisation d'énergies renouvelables permettent des synergies avec le développement durable. Dans les pays les moins avancés, la substitution énergétique peut faire reculer la mortalité et la morbidité en réduisant la pollution de l'air intérieur, la charge de travail des femmes et des enfants ainsi que l'utilisation incontrôlée de bois de chauffage et le déboisement qui s'ensuit. {GT III 11.8, 11.9, 12.4}

**Les travaux publiés depuis le troisième Rapport d'évaluation confirment (large concordance, degré moyen d'évidence) que l'action engagée par les Parties visées à l'annexe I de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) peut influencer sur l'économie mondiale et les**

**émissions globales, bien que l'ampleur du transfert d'émissions de carbone demeure incertaine.** {GT III 11.7, RiD}

Comme le mentionnait le troisième Rapport d'évaluation, les pays exportateurs de combustibles fossiles (qu'ils soient ou non visés à l'annexe I de la CCNUCC) doivent s'attendre à un recul de la demande et des prix et à un ralentissement de la croissance du produit intérieur brut (PIB) sous l'effet des mesures d'atténuation. L'étendue de ces répercussions dépend largement des hypothèses retenues quant aux politiques adoptées et à la conjoncture du marché du pétrole. {GT III 11.7, RiD}

Des incertitudes majeures subsistent quant à l'évaluation des transferts d'émissions de carbone. La plupart des modélisations à l'équilibre corroborent la conclusion du troisième Rapport d'évaluation, selon laquelle l'ensemble des transferts réalisés au titre du Protocole de Kyoto se situent dans une fourchette de 5 à 20 % environ et pourraient encore diminuer à la suite de la généralisation de technologies peu polluantes concurrentielles. {GT III 11.7, RiD}

**La modification des modes de vie et des comportements peut concourir à atténuer les effets de l'évolution du climat dans l'ensemble des secteurs (large concordance, degré moyen d'évidence). Les méthodes de gestion peuvent aussi exercer une influence positive à cet égard.** {GT III RiD}

Il est possible de contribuer à l'atténuation des effets des changements climatiques en modifiant les habitudes de consommation, les méthodes d'éducation et de formation, le comportement des occupants

**Tableau 4.2 Exemples des principales technologies d'atténuation, des politiques et mesures connexes et des conditions favorables ou défavorables à leur application, par secteur.**  
{GT III tableaux RiD.3, RiD.7}

Secteur	Principales technologies et méthodes d'atténuation déjà sur le marché. Principales technologies et méthodes d'atténuation qui devraient être commercialisées d'ici 2030 (italique)	Politiques, mesures et instruments ayant fait la preuve de leur efficacité sur le plan de l'environnement	Principales conditions favorables (italique) et défavorables
Approvisionnement énergétique (GT III 4.3, 4.4)	Amélioration de la production et de la distribution ; passage du charbon au gaz ; énergie nucléaire ; sources d'énergie renouvelables (hydroélectricité, énergie solaire et éolienne, géothermie, bioénergie) ; cogénération ; premières applications de la technique de piégeage et de stockage du dioxyde de carbone (PSC) (p. ex. stockage du CO <sub>2</sub> extrait du gaz naturel) ; PSC dans les centrales électriques fonctionnant au gaz, à la biomasse et au charbon ; énergie nucléaire de pointe ; énergies renouvelables de pointe, y compris l'énergie marémotrice et houlomotrice, l'énergie solaire concentrée et photovoltaïque	Réduction des subventions visant les combustibles fossiles ; taxes sur les combustibles fossiles ou redevances sur le carbone Droits préférentiels pour les technologies basées sur les énergies renouvelables ; obligation d'utiliser les énergies renouvelables ; subventions aux producteurs	La résistance des intérêts en place peut rendre l'application difficile. <i>Peut aider à créer un marché pour les technologies moins polluantes</i>
Transports (GT III 5.4)	Véhicules offrant un meilleur rendement énergétique ; véhicules hybrides ; véhicules diesel moins polluants ; biocarburants ; passage du transport routier au transport ferroviaire et au transport en commun ; modes de déplacement non motorisés (bicyclette, marche) ; aménagement du territoire et planification des transports ; biocarburants de deuxième génération ; aéronauts plus performants ; véhicules électriques et hybrides de pointe dotés de batteries plus puissantes et plus fiables	Économie obligatoire de carburant ; mélange de biocarburants ; normes de CO <sub>2</sub> pour le transport routier Taxes à l'achat, l'enregistrement et l'utilisation de véhicules ; taxes sur les carburants ; tarification du réseau routier et du stationnement Réduction des déplacements par l'aménagement du territoire et la planification de l'infrastructure ; investissement dans des installations de transport en commun pratiques et dans les modes de déplacement non motorisés	L'efficacité peut être limitée si tout le parc automobile n'est pas visé. L'efficacité peut être moindre si les revenus sont élevés.
Bâtiments (GT III 6.5)	Efficacité de l'éclairage et utilisation de la lumière naturelle ; meilleur rendement des appareils électriques et des systèmes de chauffage et de climatisation ; amélioration des cuisinières et de l'isolation ; utilisation active et passive de l'énergie solaire pour le chauffage et la climatisation ; fluides réfrigérants de substitution, récupération et recyclage des gaz fluorés ; conception intégrée des bâtiments commerciaux comprenant des techniques de contrôle et de rétroaction, tels les capteurs intelligents ; énergie solaire photovoltaïque intégrée aux bâtiments	Normes et étiquetage des appareils Codes du bâtiment et certification Programmes de gestion de la demande Initiatives du secteur public, y compris par les achats Aides aux sociétés de services énergétiques	Nécessité de revoir régulièrement les normes. <i>Intrépassant pour les bâtiments neufs.</i> L'application peut se révéler difficile. Réglementation requise pour que les entreprises de services publics puissent en bénéficier. <i>Les achats du secteur public peuvent accroître la demande de produits à haut rendement énergétique.</i> <i>Facteur de succès : accès au financement par des tiers.</i>
Industrie (GT III 7.5)	Équipement électrique (utilisation finale) plus efficace ; récupération de la chaleur et de l'énergie ; recyclage et remplacement des matériaux ; maîtrise des émissions de gaz autres que le CO <sub>2</sub> ; large éventail de technologies adaptées aux différents procédés ; efficacité énergétique améliorée ; PSC dans les usines de production de ciment, d'ammoniac et de fer ; électrodes inertes pour la fabrication d'aluminium	Établissement de données de référence ; normes de rendement ; subventions, crédits d'impôt Permis négociables Accords volontaires	<i>Peut stimuler l'adoption de nouvelles technologies.</i> La politique nationale doit être stable pour préserver la compétitivité à l'échelle internationale. Mécanismes d'attribution prévisibles et signaux de stabilité des prix pour les investissements.
Agriculture (GT III 8.4)	Meilleure gestion des terres arables et des pâturages afin de favoriser le stockage du carbone dans les sols ; remise en état des sols tourbeux cultivés et des terres dégradées ; amélioration de la riziculture et gestion du bétail et du fumier de manière à réduire les rejets de CH <sub>4</sub> ; amélioration de l'épandage d'engrais azotés afin d'abaisser les émissions de N <sub>2</sub> O ; culture de variétés destinées à remplacer les combustibles fossiles ; meilleure efficacité énergétique ; hausse du rendement des cultures	Incitations financières et règlements visant à améliorer la gestion des terres ; maintien de la teneur en carbone des sols ; utilisation efficace des engrais et de l'irrigation	Facteurs de succès : objectifs précis, scénario de référence, contribution de tiers à la conception et à l'examen, règles formelles de suivi, coopération étroite entre les pouvoirs publics et l'industrie. <i>Peut favoriser les synergies avec le développement durable et la réduction de la vulnérabilité à l'égard des changements climatiques, et, ce faisant, surmonter les obstacles à la mise en œuvre.</i>
Foresterie/forêts (GT III 9.4)	Boisement ; reboisement ; gestion forestière ; recul du déboisement ; gestion des produits forestiers et utilisation à la place des combustibles fossiles ; amélioration des essences afin d'accroître la productivité de la biomasse et le piégeage du carbone ; perfectionnement des techniques de télédétection servant à analyser le potentiel de piégeage du carbone dans la végétation ou les sols et à cartographier les changements d'affectation des terres	Incitations financières (échelle nationale et internationale) visant à accroître la superficie boisée, à ralentir le déboisement et à préserver et gérer les forêts ; adoption et application de règlements sur l'utilisation des terres	Manque de capitaux d'investissement et questions relatives aux régimes fonciers. <i>Peut contribuer à réduire la pauvreté.</i>
Déchets (GT III 10.4)	Récupération du CH <sub>4</sub> dans les décharges ; incinération des déchets avec récupération d'énergie ; compostage des matières organiques ; traitement contrôlé des eaux usées ; recyclage et minimisation des déchets ; couvertures et filtres biologiques destinés à optimiser l'oxydation du CH <sub>4</sub>	Incitations financières visant à améliorer la gestion des déchets et des eaux usées Mesures incitant ou obligeant à utiliser les énergies renouvelables Réglementation de la gestion des déchets	<i>Peut stimuler la diffusion des technologies.</i> Possibilité de se procurer localement des combustibles bon marché. Application très efficace au niveau national par le biais de stratégies coercitives.

des bâtiments, la gestion de la demande en matière de transports et les outils de gestion dans le secteur industriel. *{GT III 4.1, 5.1, 6.7, 7.3, RiD}*

**Des politiques établissant un prix réel ou implicite du carbone pourraient inciter les producteurs et les consommateurs à investir dans des produits, des technologies ou des procédés qui émettent peu de GES. *{GT III RiD}***

Un signal fort concernant le prix du carbone pourrait concrétiser une part appréciable du potentiel d'atténuation dans tous les secteurs. Selon les études de modélisation, si la tonne d'équivalent-CO<sub>2</sub> valait entre 20 et 80 dollars des États-Unis en 2030, la stabilisation interviendrait aux alentours de 550 ppm équiv.-CO<sub>2</sub> en 2100. Selon des études menées depuis la parution du troisième Rapport d'évaluation qui tiennent compte des changements technologiques induits, ces derniers, au même niveau de stabilisation, pourraient ramener cette fourchette à 5 à 65 dollars des États-Unis en 2030.<sup>24</sup> *{GT III 3.3, 11.4, 11.5, RiD}*

**Les gouvernements peuvent mettre en œuvre un large éventail de politiques et d'instruments destinés à stimuler l'atténuation, mais les possibilités d'application dépendent des circonstances nationales et de la compréhension de leurs corrélations (*large concordance, degré élevé d'évidence*). Cependant, l'expérience acquise après mise en œuvre dans différents pays et secteurs montre que chaque instrument présente des avantages et des inconvénients. *{GT III 13.2, RiD}***

L'évaluation des politiques et des instruments repose sur quatre grands critères : l'efficacité environnementale, l'efficacité par rapport au coût, les effets distributifs (y compris l'équité) et la faisabilité institutionnelle. *{GT III 13.2, RiD}*

Les résultats des politiques permettent de tirer les conclusions générales suivantes : *{GT III 13.2, RiD}*

- **En intégrant les politiques climatiques dans des politiques de développement de plus vaste envergure**, il est plus facile de les mettre en œuvre et de surmonter les obstacles.
- **Les règlements et les normes** offrent généralement un certain degré de certitude quant aux niveaux d'émissions. On peut les préférer à d'autres instruments lorsque les informations ou d'autres obstacles empêchent les producteurs et les consommateurs de réagir aux signaux de prix. Cependant, les règlements et les normes peuvent mettre un frein à l'innovation et aux technologies de pointe.
- **Les taxes et les redevances** peuvent contribuer à fixer le prix du carbone, mais elles ne peuvent garantir un niveau donné d'émissions. La littérature présente les taxes comme un moyen efficace d'internaliser les coûts des émissions de GES.
- **Les permis négociables** vont fixer le prix du carbone. Le volume des émissions autorisées détermine leur efficacité environnementale, tandis que l'attribution des permis a des incidences sur la répartition. Les fluctuations du prix du carbone rendent malaisée toute estimation du coût total qu'entraîne le respect des permis d'émission.
- **Les incitations financières** (subventions et crédits d'impôts) sont souvent utilisées par les pouvoirs publics pour encourager la mise au point et la diffusion de nouvelles technologies. Bien que leur coût économique soit généralement supérieur à celui des instruments précités, elles sont souvent indispensables pour surmonter les obstacles.

- **Les accords volontaires** entre le secteur industriel et les pouvoirs publics sont politiquement attrayants, sensibilisent les parties intéressées et ont contribué à l'évolution de nombreuses politiques nationales. Dans la majorité des cas, ces accords n'ont pas donné lieu à des réductions spectaculaires des émissions. Cependant, des accords conclus dernièrement dans certains pays ont accéléré l'application des meilleures technologies disponibles et ont entraîné des réductions d'émissions quantifiables.
- **Les outils d'information** (par exemple les campagnes de sensibilisation) peuvent améliorer la qualité de l'environnement en encourageant des choix faits en connaissance de cause ou en influant sur les comportements. Cependant, leur impact sur les émissions n'a pas encore été mesuré.
- **Les travaux de recherche, développement et démonstration (RD&D)** peuvent stimuler les progrès technologiques, réduire les coûts et permettre de s'orienter vers une stabilisation.

Des entreprises, des autorités locales et régionales, des ONG et des mouvements citoyens se sont engagés dans diverses actions volontaires dans le but de limiter les émissions de GES et d'encourager l'adoption de mesures novatrices et la diffusion de nouvelles technologies. Ces initiatives n'ont généralement qu'une incidence limitée sur les émissions à l'échelle nationale ou régionale. *{GT III 13.4, RiD}*

#### 4.4 Liens entre les possibilités d'adaptation et d'atténuation et les corrélations avec le développement durable

**On connaît de mieux en mieux les possibilités dont disposent divers secteurs pour choisir et mettre en œuvre des mesures de parade en matière climatique en vue de créer des synergies sans nuire à d'autres dimensions du développement durable. *{GT III RiD}***

Les politiques en matière de changements climatiques qui sont axées sur l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables présentent souvent des avantages économiques, améliorent la sécurité énergétique et permettent de réduire localement les émissions polluantes. Des mesures visant à restreindre le déboisement et la perte d'habitat naturel peuvent avoir des retombées non négligeables en ce qui concerne la biodiversité et la préservation des sols et des ressources en eau et peuvent être mises en œuvre d'une manière socialement et économiquement viable. Le boisement et les plantations à vocation bioénergétique peuvent permettre de réhabiliter des terres dégradées, de ralentir les eaux de ruissellement, de retenir le carbone des sols et de profiter à l'économie rurale, mais peuvent aussi concurrencer la production alimentaire et menacer la biodiversité en cas de mise en œuvre inadéquate. *{GT II 20.3, 20.8; GT III 4.5, 9.7, 12.3, RiD}*

Il est de plus en plus manifeste que les choix concernant les politiques d'ordre macroéconomique, les politiques agricoles, les prêts bancaires multilatéraux de développement, les pratiques d'assurance, la réforme du marché de l'électricité, la sécurité énergétique ou la préservation des forêts, par exemple, sont autant de facteurs aptes à réduire considérablement les émissions (tableau 4.3), bien qu'ils soient souvent considérés comme n'ayant aucun rapport avec les politiques climatiques. De même, des politiques non climatiques peuvent influencer sur la capacité d'adaptation et la vulnérabilité. *{GT III 20.3; GT III RiD, 12.3}*

<sup>24</sup>Dans les études évaluées dans le présent rapport, les mesures d'atténuation et les coûts macroéconomiques sont analysés au moyen de modèles descendants. La plupart de ces modèles examinent l'éventail des possibilités en fonction du moindre coût global, sur la base d'un échange universel des droits d'émission et en supposant une transparence des marchés, la gratuité des transactions et, par conséquent, une application optimale des options d'atténuation tout au long du XXI<sup>e</sup> siècle. Les coûts sont donnés pour une date précise. Si des régions, des secteurs (par exemple, l'utilisation des terres), des options ou des gaz sont exclus, les coûts globaux modélisés augmentent. Ils baissent au contraire si l'on prend des bases de référence plus basses, si l'on affecte les recettes provenant des taxes sur le carbone et de l'échange des permis et si l'on intègre l'apprentissage technologique induit. Ces modèles ne tiennent compte ni des effets bénéfiques des changements climatiques ni, en général, des avantages connexes découlant des mesures d'atténuation, ni des questions d'équité. On parvient beaucoup mieux aujourd'hui à inclure dans les études de stabilisation les approches basées sur les changements technologiques induits, mais plusieurs difficultés conceptuelles demeurent. Lorsque ces changements sont pris en considération, les coûts projetés pour atteindre un niveau de stabilisation donné sont moindres ; la réduction est encore plus importante aux niveaux de stabilisation inférieurs.

**Tableau 4.3** Prise en compte des considérations relatives aux changements climatiques dans les politiques de développement – exemples choisis concernant l'atténuation. {GT III 12.2.4.6}

Secteurs	Moyens d'action et initiatives concernant des changements non climatiques	Emissions concernées
Macroéconomie	Mise en place de taxes ou de subventions non climatiques et/ou d'autres mesures fiscales ou réglementaires aptes à favoriser le développement durable	Ensemble des émissions de GES à l'échelle du globe
Foresterie	Adoption de méthodes de conservation et de gestion durable des forêts	Emissions de GES dues au déboisement
Électricité	Adoption d'énergies renouvelables efficaces par rapport au coût, de programmes de gestion liée à la demande et de mesures de réduction des pertes lors de la transmission et de la distribution	Emissions de CO <sub>2</sub> dues au secteur de l'électricité
Importations de produits pétroliers	Diversification des proportions de combustibles importés et d'origine nationale et réduction de l'intensité énergétique des activités économiques pour améliorer la sécurité énergétique	Emissions dues aux importations de pétrole brut et de produits pétroliers
Assurances dans les secteurs du bâtiment et des transports	Primes différenciées, exclusions de couverture, amélioration des conditions pour les produits verts	Emissions de GES dues aux secteurs des transports et du bâtiment
Finance internationale	Stratégies nationales et sectorielles et financement de projets visant à réduire les émissions	Emissions des pays en développement

**Il existe des synergies entre les possibilités d'adaptation et d'atténuation, mais également des interactions négatives.** {GT II 18.4.3; GT III 11.9}

Il y a par exemple synergie dans les cas suivants : production rationnelle de biomasse, création de zones protégées, gestion des terres, utilisation de l'énergie dans les bâtiments et foresterie. Toutefois, les exemples de synergies sont plutôt limités dans d'autres secteurs. Des interactions négatives pourraient se produire au cas où les émissions de GES augmenteraient sous l'effet d'une consommation accrue d'énergie due à des mesures d'adaptation. {GT II 18.4.3, 18.5, 18.7, RT.5.2; GT III 4.5, 6.9, 8.5, 9.5, RiD}

## 4.5 Coopération internationale et régionale

Parmi les résultats les plus remarquables de l'action menée au titre de la CCNUCC et du Protocole de Kyoto figurent l'élaboration d'une réponse mondiale face aux changements climatiques, l'adoption d'une panoplie de politiques nationales et la création d'un marché international du carbone et de mécanismes institutionnels sur lesquels pourront s'appuyer les efforts futurs d'atténuation (*large concordance, degré élevé d'évidence*). Les questions d'adaptation sont en outre mieux prises en compte dans le cadre de la CCNUCC, et l'on envisage de prendre d'autres initiatives internationales en la matière. {GT II 18.7; GT III 13.3, RiD}

On prévoit que la première période d'engagement du Protocole, qui concerne les émissions globales, aura des effets limités. Son impact économique sur les pays visés à l'annexe B sera vraisemblablement inférieur aux prévisions du troisième Rapport d'évaluation, qui envisageait une réduction du PIB de 0,2 à 2 % en 2012 sans échange de droits d'émissions et de 0,1 à 1,1 % avec échange de droits d'émissions entre les pays visés à l'annexe B. Pour améliorer leur efficacité environnementale, les mesures d'atténuation devront, à l'avenir, se traduire par des réductions plus substantielles d'une part plus importante des émissions globales (voir le Point 5). {GT III 1.4, 11.4, 13.3, RiD}

**Il ressort des publications (*large concordance, degré élevé d'évidence*) qu'il existe de multiples possibilités de réduire les émissions globales de GES dans le cadre de la coopération internationale. Il apparaît en outre que, pour porter des fruits, tout accord doit être efficace sur le plan environnemental et sur celui des coûts, tenir compte des questions de répartition et d'équité et être réalisable au plan institutionnel.** {GT III 13.3, RiD}

L'intensification de la coopération en vue de réduire les émissions permettra d'abaisser les coûts à engager pour atteindre un niveau d'atténuation donné ou de renforcer l'efficacité environnementale. L'amélioration et la généralisation des mécanismes du marché (échange de droits d'émissions, mise en œuvre conjointe et mécanisme pour un développement « propre », par exemple) pourraient réduire les coûts d'ensemble de l'atténuation. {GT III 13.3, RiD}

Les mesures visant à faire face aux changements climatiques peuvent revêtir diverses formes : fixation d'objectifs d'émissions, actions sectorielles, locales, infranationales et régionales, mise en œuvre de programmes de recherche, développement et démonstration, adoption de politiques communes, mise en place de stratégies de développement ou élargissement des mécanismes de financement. Ces mesures peuvent être intégrées dans une politique d'ensemble. Cependant, toute comparaison quantitative des efforts déployés par les différents pays serait une entreprise complexe qui nécessiterait beaucoup de ressources. {GT III 13.3, RiD}

Les actions que pourraient engager les pays participants peuvent se différencier selon divers critères (moment choisi, participants, nature de l'action, etc.). Ces actions peuvent être contraignantes ou non, avoir des objectifs fixes ou dynamiques et se fonder sur une participation statique ou variable au fil du temps. {GT III 13.3, RiD}

# 5

---

**Les perspectives à long terme : aspects scientifiques et socioéconomiques de l'adaptation et de l'atténuation dans la ligne des objectifs et des dispositions de la Convention et dans le cadre du développement durable**

---

## 5.1 Perspectives pour la gestion des risques

Faire face aux changements climatiques suppose un processus itératif de gestion des risques qui prenne en considération les mesures d'adaptation comme les mesures d'atténuation et qui tienne compte des dommages et des avantages connexes, de la durabilité, de l'équité et de l'attitude à l'égard des risques. *{GT II 20.9, RiD; GT III RiD}*

Les techniques de gestion des risques peuvent explicitement prendre en compte les diversités sectorielles, régionales et temporelles. Pour les mettre en œuvre, il convient cependant d'être informé des incidences qu'auraient non seulement les scénarios climatiques les plus probables, mais aussi certains événements moins probables mais plus lourds de conséquences, ainsi que les conséquences des politiques et mesures envisagées. Le risque se définit généralement comme le produit de la probabilité d'un événement par les conséquences de celui-ci. La portée des changements climatiques dépend des caractéristiques des systèmes naturels et humains, de leurs voies de développement et de leurs emplacements particuliers. *{RSY 3.3, figure 3.6; GT II 20.2, 20.9, RiD; GT III 3.5, 3.6, RiD}*

## 5.2 Vulnérabilités, incidences et risques critiques – perspectives à long terme

Les cinq « motifs de préoccupation » énoncés dans le troisième Rapport d'évaluation sont aujourd'hui considérés comme plus pressants, de nombreux risques ayant été détectés avec un degré de confiance supérieur. D'après les projections, certains de ces risques seraient plus grands ou interviendraient à un niveau de réchauffement moindre que prévu. Cela s'explique par 1) une meilleure compréhension de l'ampleur des incidences de la hausse de la température moyenne à la surface du globe et de l'augmentation de concentration des GES (y compris la vulnérabilité à la variabilité actuelle du climat) ainsi que des risques connexes, 2) une détermination plus précise des circonstances qui fragilisent plus particulièrement certains systèmes, secteurs, groupes ou régions et 3) la conviction de plus en plus forte que le risque d'effets considérables sur plusieurs siècles ira croissant tant que la concentration des GES et la température

continueront d'augmenter. On saisit mieux aujourd'hui les liens qui unissent les incidences (à l'origine des « motifs de préoccupation » figurant dans le TRE) à la vulnérabilité (y compris la capacité de s'adapter à ces incidences). *{GT II 4.4, 5.4, 19.RE, 19.3.7, RT.4.6; GT III 3.5, RiD}*

Il a été conclu dans le TRE que la vulnérabilité aux changements climatiques est fonction de l'exposition, de la sensibilité et de la capacité d'adaptation. L'adaptation peut réduire la sensibilité aux changements climatiques, tandis que l'atténuation peut réduire le degré d'exposition à ces changements (à leur rythme comme à leur étendue). La présente évaluation vient étayer ces conclusions. *{GT II 20.2, 20.7.3}*

Aucun critère ne peut à lui seul décrire correctement la diversité des vulnérabilités critiques ou faciliter leur classement. Des exemples d'incidences pertinentes sont présentés à la figure 3.6. Pour estimer les vulnérabilités critiques d'un système et les dommages qui s'y associent, il est nécessaire de prendre en compte l'exposition (le rythme et l'ampleur du changement climatique), la sensibilité (parfois en partie fonction du niveau de développement) et la capacité d'adaptation. Certaines vulnérabilités critiques peuvent être définies à l'aide de seuils ; dans certains cas, ceux-ci sont objectifs et peuvent permettre de déterminer l'état d'un système, alors que, dans d'autres cas, les seuils sont définis subjectivement et dépendent donc de valeurs sociétales. *{GT II 19.RE, 19.1}*

Les cinq « motifs de préoccupation » définis dans le TRE visaient à présenter les risques climatiques et les vulnérabilités critiques sous forme synthétique et à « aider les lecteurs à évaluer les risques par eux-mêmes ». Ils offrent aujourd'hui encore un cadre utile pour appréhender les vulnérabilités critiques et ont été actualisés dans le quatrième Rapport d'évaluation. *{TRE GT II chapitre 19; GT II RiD}*

- **Risques encourus par les systèmes uniques et menacés.** De nouvelles observations viennent confirmer l'incidence des changements climatiques sur les systèmes uniques en leur genre et vulnérables (notamment les populations et les écosystèmes des régions polaires et de haute montagne), pour lesquels les effets défavorables s'intensifient avec la hausse des températures. Les projections actuelles font apparaître, avec un degré de confiance plus élevé que dans le TRE, que le risque d'extinction d'espèces et de détérioration des récifs coralliens augmente avec le réchauffement. Si la température moyenne de la planète dépassait de plus de 1,5 à 2,5 °C les niveaux de 1980 à 1999, le risque d'extinction de 20 à

## Vulnérabilités critiques et article 2 de la CCNUCC

L'article 2 de la CCNUCC dispose que :

« L'objectif ultime de [ladite] 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 ».

La détermination de ce qui constitue une « perturbation anthropique dangereuse du système climatique » au sens de l'article 2 de la CCNUCC fait intervenir des jugements de valeur. Les connaissances scientifiques sont en mesure d'éclairer cette analyse, par exemple en précisant les critères à retenir pour apprécier le caractère « critique » d'une vulnérabilité. *{RSY 3.3, GT II 19.RE}*

De nombreux systèmes sensibles aux conditions climatiques peuvent présenter des vulnérabilités critiques<sup>25</sup>, dont l'approvisionnement alimentaire, l'infrastructure, la santé, les ressources en eau, les systèmes côtiers, les écosystèmes, les cycles biogéochimiques à l'échelle planétaire, les nappes glaciaires et les configurations de la circulation atmosphérique et océanique. *{GT II 19.RE}*

On dispose aujourd'hui d'informations plus ciblées concernant toutes les régions du monde quant à la nature des effets à prévoir, notamment pour certains lieux qui n'avaient fait l'objet d'aucune évaluation par le passé. *{GT II RiD}*

<sup>25</sup> Parmi les critères utilisés dans les textes pour juger du caractère « critique » des vulnérabilités figurent l'ampleur, le moment d'apparition, le caractère persistant ou réversible, les effets de répartition, la probabilité et l'« importance » des incidences ainsi que la possibilité de s'adapter à ces dernières.

- 30 % des espèces végétales et animales recensées à ce jour serait *probablement* accru (*degré de confiance moyen*). On est davantage assuré qu'une élévation de la température moyenne à la surface du globe de 1 à 2 °C par rapport aux niveaux de 1990 (soit 1,5 à 2,5 °C de plus qu'à l'époque préindustrielle) menacerait gravement nombre de systèmes uniques et fragiles, et notamment beaucoup de zones dotées d'une grande diversité biologique. Les coraux sont sensibles au stress thermique et disposent d'une faible capacité d'adaptation. Selon les projections, les épisodes de blanchissement seraient plus fréquents et la mortalité serait massive si la température de la mer en surface augmentait de 1 à 3 °C, à moins d'une adaptation thermique ou d'une acclimatation des coraux. Par ailleurs, les projections font état d'une vulnérabilité accrue des populations autochtones de l'Arctique et des petites îles en cas de réchauffement. *{RSY 3.3, 3.4, figure 3.6, tableau 3.2; GT II 4.RE, 4.4, 6.4, 14.4.6, 15.RE, 15.4, 15.6, 16.RE, 16.2.1, 16.4, tableau 19.1, 19.3.7, RT.5.3, figure RT.12, figure RT.14}*
- **Risques de phénomènes météorologiques extrêmes.** Comme l'ont révélé les réactions à plusieurs phénomènes climatiques extrêmes survenus récemment, la vulnérabilité est plus grande qu'on ne l'envisageait dans le troisième Rapport d'évaluation, tant dans les pays développés que dans les pays en développement. On anticipe aujourd'hui avec un degré de confiance plus élevé une augmentation des sécheresses, des vagues de chaleur et des inondations ainsi qu'un accroissement de leurs effets défavorables. Comme cela est récapitulé au tableau 3.2, les projections font apparaître, dans de nombreuses régions, une multiplication des sécheresses, des vagues de chaleur et des inondations, entraînant pour la plupart de lourdes conséquences, notamment celle de multiplier les situations de stress hydrique et les feux incontrôlés, de compromettre la production alimentaire, de nuire à la santé, d'augmenter les risques d'inondation et les épisodes d'élévation extrême du niveau de la mer et d'endommager les infrastructures. *{RSY 3.2, 3.3, tableau 3.2; GT I 10.3, tableau RiD.2; GT II 1.3, 5.4, 7.1, 7.5, 8.2, 12.6, 19.3, tableau 19.1, tableau RiD.1}*
  - **Répartition des effets et des vulnérabilités.** Il existe des écarts considérables entre les régions, et celles dont la situation économique est la plus défavorable sont souvent les plus vulnérables aux changements climatiques et aux dommages qui s'y associent, en particulier en présence de stress multiples. On a davantage de raisons de penser que certains segments de la population sont particulièrement vulnérables, notamment les pauvres et les personnes âgées, dans les pays en développement comme dans les pays développés. On affecte un degré de certitude plus élevé qu'auparavant à la répartition régionale des changements climatiques (voir le point 3.2) et aux incidences régionales qui sont anticipées, ce qui permet de mieux déterminer les systèmes, secteurs et régions qui seront plus particulièrement vulnérables (voir le point 3.3). Par ailleurs, de plus en plus d'éléments semblent indiquer que les zones peu développées ou situées aux basses latitudes, notamment les régions sèches et les grands deltas, sont davantage exposées. De nouvelles études confirment que l'Afrique est l'un des continents les plus vulnérables en raison de la diversité des effets anticipés, des stress multiples et de sa faible capacité d'adaptation. Des risques considérables liés à l'élévation du niveau de la mer sont envisagés, en particulier pour les grands deltas d'Asie et les petites communautés insulaires. *{RSY 3.2, 3.3, 5.4; GT I 11.2-11.7, RiD; GT II 3.4.3, 5.3, 5.4, encadrés 7.1 et 7.4, 8.1.1, 8.4.2, 8.6.1.3, 8.7, 9.RE, tableau 10.9, 10.6, 16.3, 19.RE, 19.3, tableau 19.1, 20.RE, RT.4.5, RT.5.4, tableaux RT.1, RT.3, RT.4, RiD}*
  - **Effets cumulés.** Selon les projections, les avantages nets liés au marché qu'offrira dans un premier temps le changement climatique culmineront à un niveau de réchauffement moindre, et donc plus tôt qu'il n'était indiqué dans le TRE. Il est *probable* que la hausse plus marquée de la température à la surface du globe provoquera des dommages plus importants qu'estimé dans le TRE. De plus, le coût net des effets d'un réchauffement accru devrait augmenter au fil du temps. Les effets cumulés ont également été quantifiés en fonction d'autres paramètres (voir le point 3.3) : ainsi, les changements climatiques qui surviendront au cours du siècle prochain affecteront *probablement* des centaines de millions de personnes par suite de la multiplication des crues côtières, de la réduction des ressources en eau, de l'augmentation de la malnutrition et de l'accroissement des répercussions sanitaires. *{RSY 3.3, figure 3.6; GT II 19.3.7, 20.7.3, RT.5.3}*
  - **Risques de singularités<sup>26</sup> à grande échelle.** Comme il est indiqué au point 3.4, un brusque dérèglement de la circulation méridienne océanique au cours du siècle est *très improbable*. On estime avec un *degré de confiance élevé* que, si la planète continuait de se réchauffer pendant plusieurs siècles, l'élévation du niveau de la mer due à la seule dilatation thermique serait beaucoup plus importante qu'elle ne l'a été au XX<sup>e</sup> siècle, engloutissant des zones côtières entières, avec toutes les incidences connexes. Par rapport au troisième Rapport d'évaluation, on comprend mieux que le risque de voir le Groenland et, éventuellement, l'Antarctique contribuer eux aussi à l'élévation du niveau de la mer puisse être supérieur à celui projeté par les modèles de nappes glaciaires et que le phénomène puisse durer plusieurs siècles. En effet, la dynamique des glaces qui a été observée récemment, mais dont les modèles évalués dans le quatrième Rapport d'évaluation n'ont pas parfaitement tenu compte, risque d'accélérer la disparition des glaces. Une déglaciation totale de l'inlandsis du Groenland entraînerait une élévation du niveau de la mer de 7 m et pourrait être irréversible. *{RSY 3.4; GT I 10.3, Box 10.1; GT II 19.3.7, RiD}*

### 5.3 Adaptation et atténuation

**Ni l'adaptation ni l'atténuation ne permettront, à elles seules, de prévenir totalement les effets des changements climatiques (*degré de confiance élevé*). L'adaptation est nécessaire à court et à plus long terme pour faire face aux conséquences du réchauffement qui sont inéluctables, même selon les scénarios de stabilisation aux niveaux les plus bas qui ont été évalués. Il existe des obstacles, des limites et des coûts que l'on ne cerne pas toujours parfaitement. Les deux démarches peuvent toutefois se compléter et réduire sensiblement les risques encourus.** *{GT II 4.RE, RT 5.1, 18.4, 18.6, 20.7, RiD; GT III 1.2, 2.5, 3.5, 3.6}*

L'adaptation restera inefficace dans certains cas, notamment pour ce qui concerne quelques écosystèmes naturels (p. ex. perte de viabilité des écosystèmes des glaces de mer et des écosystèmes marins dans l'Arctique), la disparition des glaciers de montagne (qui jouent un rôle décisif dans le stockage et l'approvisionnement en eau) et l'adaptation à une élévation de plusieurs mètres du niveau de la mer<sup>27</sup>. Dans de nombreux cas, elle sera plus difficilement réalisable ou très onéreuse pour les changements climatiques anticipés au-delà des prochaines décennies (notamment dans les deltas et les estuaires). Il est établi avec un *degré de confiance élevé* que la capacité d'adaptation naturelle de nombreux écosystèmes sera dépassée avant la fin du siècle. De plus, un grand nombre d'obstacles et de contraintes s'opposent à une adaptation efficace des systèmes humains (voir le point 4.2). *{RSY 4.2; GT II 17.4.2, 19.2, 19.4.1}*

<sup>26</sup> Voir glossaire.

<sup>27</sup> Bien qu'il soit techniquement possible de s'adapter à une élévation de plusieurs mètres du niveau de la mer, les ressources à mettre en œuvre à cet effet sont réparties de manière si inégale que les possibilités d'adaptation sont considérées comme dépassées pour ce risque. *{GT II 17.4.2, 19.4.1}*

À long terme, il est *probable* que, si rien ne vient atténuer les changements climatiques, la capacité d'adaptation des systèmes naturels, aménagés et humains sera dépassée. Une stratégie limitée aux seules mesures d'adaptation pourrait se solder par des changements climatiques trop importants pour qu'une adaptation efficace soit possible, si ce n'est à un prix social, écologique et économique exorbitant. (GT II 18.1, RiD)

**Les efforts déployés pour atténuer les émissions de GES afin de réduire le rythme et l'ampleur des changements climatiques doivent prendre en compte l'inertie des systèmes climatiques et socioéconomiques.** (RSY 3.2; GT I 10.3, 10.4, 10.7, RiD; GT III 2.3.4)

Une fois les concentrations de GES stabilisées, le réchauffement moyen de la planète devrait ralentir en l'espace de quelques décennies. Une légère augmentation de la température moyenne à la surface du globe resterait possible pendant plusieurs siècles. En raison de l'absorption thermique continue des océans, l'élévation du niveau de la mer découlant de la dilatation thermique se poursuivrait pendant plusieurs siècles, à un rythme cependant moins rapide qu'avant la stabilisation. (RSY 3.2, GT I 10.3, 10.4, 10.7, RiD)

Tout retard pris dans la réduction des émissions limiterait considérablement les possibilités de parvenir à des niveaux de stabilisation inférieurs et accroîtrait le risque d'aggravation des incidences du changement climatique. Même si les mesures d'atténuation ne porteront leurs fruits qu'après plusieurs décennies, le fait de les amorcer dans un proche avenir permettrait de ne pas s'enfermer dans des voies de développement

et des types d'infrastructure à forte intensité de carbone, de ralentir le rythme du changement climatique et de limiter les besoins en matière d'adaptation liés à des niveaux de réchauffement plus élevés. (GT II 18.4, 20.6, 20.7, RiD; GT III 2.3.4, 3.4, 3.5, 3.6, RiD)

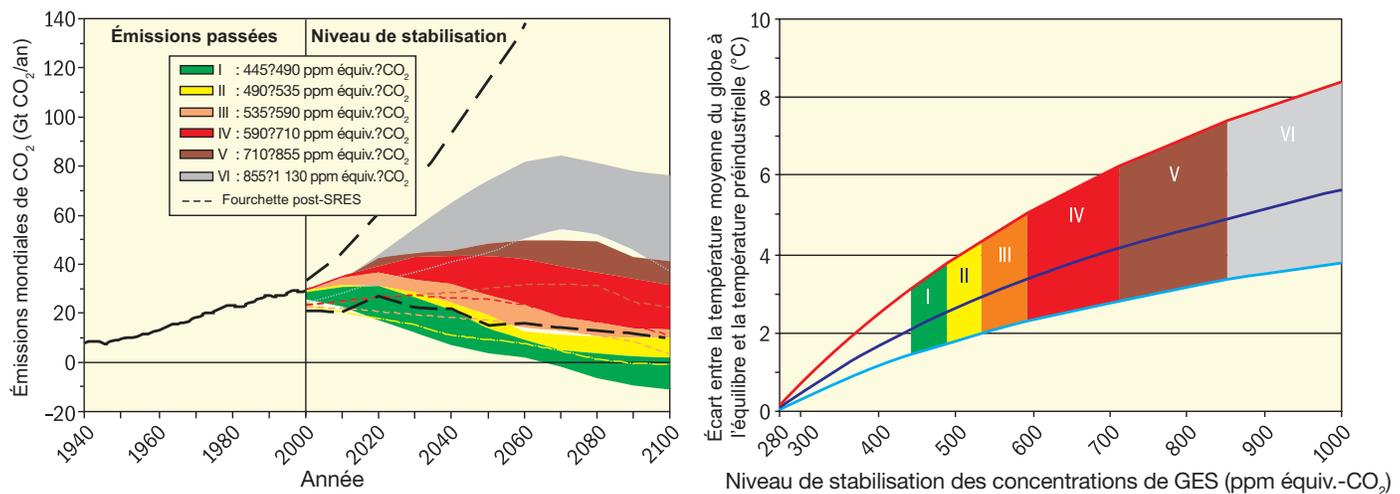
## 5.4 Évolution des émissions jusqu'à leur stabilisation

**Les émissions de GES doivent culminer puis décroître pour que les concentrations atmosphériques de ces gaz se stabilisent<sup>28</sup>. Plus le niveau de stabilisation visé est bas, plus le pic doit être atteint rapidement (figure 5.1).**<sup>29</sup> (GT III 3.3, 3.5, RiD)

Les progrès réalisés dans l'élaboration des modèles après la publication du TRE permettent d'évaluer les stratégies d'atténuation concernant plusieurs gaz pour étudier la faisabilité et les coûts de la stabilisation des concentrations de GES. Ces modèles permettent d'explorer un plus large éventail de scénarios que le TRE, notamment pour des niveaux de stabilisation inférieurs. (GT III 3.3, 3.5, RiD)

**Les mesures d'atténuation qui seront prises au cours des deux à trois prochaines décennies détermineront dans une large mesure les possibilités de stabiliser les concentrations à un niveau relativement bas. (tableau 5.1 et figure 5.1).** (GT III 3.5, RiD)

### Augmentation des émissions de CO<sub>2</sub> et de la température à l'équilibre selon divers niveaux de stabilisation



**Figure 5.1.** Émissions mondiales de CO<sub>2</sub> entre 1940 et 2000 et fourchettes d'émissions anticipées, selon les catégories de scénarios de stabilisation, pour la période 2000–2100 (à gauche); rapport entre l'objectif de stabilisation et l'écart probable entre la température moyenne du globe à l'équilibre et la température préindustrielle (à droite). Il peut s'écouler plusieurs siècles avant que ne soit atteint l'état d'équilibre, surtout avec les scénarios qui prévoient un haut niveau de stabilisation. Les zones colorées correspondent aux scénarios de stabilisation groupés selon leurs objectifs (catégories I à VI). On voit, à droite, l'écart entre la température moyenne du globe et la température préindustrielle selon i) la valeur la plus probable de la sensibilité du climat, soit 4,5 °C (ligne rouge délimitant le haut des zones colorées) et ii) la limite supérieure de la gamme probable de la sensibilité du climat, soit 2 °C (ligne bleue délimitant le bas des zones colorées). Dans la partie gauche, les lignes noires en pointillé représentent les fourchettes d'émissions des scénarios de référence publiés depuis le SRES (2000). Les gammes d'émissions des scénarios de stabilisation comprennent le CO<sub>2</sub> uniquement ou plusieurs gaz. Elles correspondent aux 10<sup>e</sup>–90<sup>e</sup> percentiles de la distribution complète. Note : Dans la plupart des scénarios, les émissions de CO<sub>2</sub> ne comprennent pas les rejets issus de la décomposition de la biomasse aérienne qui subsiste après une coupe forestière ou un déboisement, ni ceux issus de la combustion de tourbe et des sols tourbeux asséchés. (GT III figures RiD.7 et RiD.8)

<sup>28</sup> Les émissions doivent atteindre leur niveau maximum (leur pic) avant de diminuer.

<sup>29</sup> Le pic des émissions devrait être atteint en 2015 pour la catégorie inférieure des scénarios d'atténuation et en 2090 pour la catégorie supérieure (voir le tableau 5.1). Le rythme de l'évolution du climat est très différent avec les scénarios qui considèrent d'autres modes de réduction des émissions. (GT II 19.4)

**Tableau 5.1.** Caractéristiques des scénarios de stabilisation post-TRE et élévation résultante, à l'équilibre et à long terme, de la température moyenne à la surface du globe et du niveau de la mer due à la seule dilatation thermique.<sup>a</sup> {GT I 10.7; GT III tableau RT.2, tableau 3.10, tableau RiD.5}

Catégorie	Concentration de CO <sub>2</sub> au niveau de stabilisation (2005 = 379 ppm) <sup>b</sup>	Concentration d'équivalent-CO <sub>2</sub> au niveau de stabilisation, y compris GES et aérosols (2005 = 375 ppm) <sup>b</sup>	Année du pic d'émissions de CO <sub>2</sub> <sup>a,c</sup>	Variation des émissions mondiales de CO <sub>2</sub> en 2050 (par rapport aux émissions en 2000) <sup>a,c</sup>	Écart entre la température moyenne du globe à l'équilibre et la température préindustrielle, selon la valeur la plus probable de la sensibilité du climat <sup>d,e</sup>	Écart entre le niveau moyen de la mer à l'équilibre et le niveau préindustriel dû à la seule dilatation thermique <sup>f</sup>	Nombre de scénarios évalués
	ppm	ppm	année	%	°C	mètres	
I	350-400	445-490	2000-2015	- 85 à - 50	2,0 - 2,4	0,4 - 1,4	6
II	400-440	490-535	2000-2020	- 60 à - 30	2,4 - 2,8	0,5 - 1,7	18
III	440-485	535-590	2010-2030	- 30 à + 5	2,8 - 3,2	0,6 - 1,9	21
IV	485-570	590-710	2020-2060	+ 10 à + 60	3,2 - 4,0	0,6 - 2,4	118
V	570-660	710-855	2050-2080	+ 25 à + 85	4,0 - 4,9	0,8 - 2,9	9
VI	660-790	855-1 130	2060-2090	+ 90 à +140	4,9 - 6,1	1,0 - 3,7	5

## Notes :

- a) Il est possible que les études d'atténuation évaluées sous-estiment la baisse des émissions nécessaire pour atteindre un niveau de stabilisation donné, car elles ne tiennent pas compte des rétroactions du cycle du carbone (voir également le point 2.3).
- b) Les concentrations atmosphériques de CO<sub>2</sub> atteignaient 379 ppm en 2005. La valeur la plus probable de la concentration totale d'équivalent-CO<sub>2</sub> pour tous les GES à longue durée de vie s'établissait à 455 ppm environ en 2005, tandis que la valeur correspondante incluant l'effet net de l'ensemble des agents de forçage anthropique était de 375 ppm.
- c) La fourchette correspond aux 15<sup>e</sup>-85<sup>e</sup> percentiles de la distribution des scénarios post-TRE. Les émissions de CO<sub>2</sub> sont données afin de pouvoir comparer les scénarios portant sur plusieurs gaz aux scénarios qui se limitent au CO<sub>2</sub> (voir la figure 2.1).
- d) La valeur la plus probable de la sensibilité du climat s'établit à 3 °C.
- e) L'inertie propre au système climatique explique le fait que la température moyenne du globe à l'équilibre se distingue de la température moyenne du globe au moment où les concentrations de GES seront stabilisées. Selon la majorité des scénarios évalués, les concentrations de GES se stabilisent entre 2100 et 2150 (voir également la note de bas de page 30).
- f) L'élévation du niveau de la mer à l'équilibre tient uniquement compte de la dilatation thermique des océans, et l'état d'équilibre ne sera pas atteint avant de nombreux siècles. Ces valeurs ont été estimées au moyen de modèles climatiques relativement simples (un MCGAO de faible résolution et plusieurs MSTCI, pour une sensibilité du climat de 3 °C) et ne comprennent pas l'apport de la fonte des inlandsis, des glaciers et des calottes glaciaires. On estime que la dilatation thermique entraînera à long terme une élévation de 0,2 à 0,6 m du niveau de la mer pour chaque degré Celsius d'augmentation de la température moyenne du globe par rapport à l'époque préindustrielle. (MCGAO : modèle de la circulation générale couplé atmosphère-océan; MSTCI : modèle du système terrestre de complexité intermédiaire)

Dans le tableau 5.1 sont récapitulés les niveaux d'émissions associés à différentes concentrations de stabilisation ainsi que la hausse correspondante de la température moyenne à la surface du globe à l'équilibre, selon la « valeur la plus probable » de la sensibilité du climat (voir la figure 5.1 pour l'intervalle d'incertitude *probable*). La stabilisation à un faible niveau de concentration et aux niveaux correspondants de la température à l'équilibre exige que le pic intervienne plus tôt et que les réductions des émissions d'ici 2050 soient plus marquées<sup>30</sup>. La sensibilité du climat est une incertitude fondamentale pour les scénarios d'atténuation qui visent à atteindre des niveaux de températures particuliers. Si elle est élevée, les mesures d'atténuation nécessaires pour atteindre un niveau donné de stabilisation des températures doivent être prises plus tôt et avec plus de rigueur. {GT III 3.3, 3.4, 3.5, 3.6, RiD}

Il est inévitable que le réchauffement s'accompagne d'une élévation du niveau de la mer. La dilatation thermique se poursuivra pendant de nombreux siècles après que les concentrations de GES se seront stabilisées, à quelque niveau que ce soit, provoquant une montée des eaux beaucoup plus importante que celle projetée pour le XXI<sup>e</sup> siècle (tableau 5.1). Si les concentrations de GES et d'aérosols avaient été stabilisées aux niveaux de l'an 2000, la dilatation thermique devrait à elle seule entraîner une élévation du niveau de la mer supplémentaire de 0,3 à 0,8 m. Si la hausse des températures se maintenait pendant des siècles au-delà de la fourchette 1,9-4,6 °C par rapport à l'époque préindustrielle, la fonte de l'inlandsis groenlandais pourrait faire monter le

niveau de la mer de plusieurs mètres, pour un apport supérieur à celui de la dilatation thermique. À long terme, cette évolution serait lourde de conséquences pour les zones côtières de la planète. Étant donné les délais en jeu dans la dilatation thermique et la réaction des nappes glaciaires au réchauffement, il s'écoulerait des siècles entre le moment où les concentrations de GES (ou le forçage radiatif) se stabiliseraient aux niveaux actuels ou à des niveaux supérieurs et le moment où le niveau de la mer cesserait à son tour de monter {GT I 10.7}

Les rétroactions entre le cycle du carbone et les changements climatiques ont une incidence sur les mesures d'atténuation et d'adaptation nécessaires. Ces deux cycles étant corrélés, la part des émissions anthropiques subsistant dans l'atmosphère devrait augmenter à mesure que se réchauffe le système climatique (voir les points 2.3 et 3.2.1). Toutefois, les études portant sur l'atténuation n'intègrent pas encore la pleine portée de ces rétroactions. Les réductions d'émissions nécessaires pour atteindre un niveau de stabilisation donné pourraient donc avoir été sous-estimées dans les études d'atténuation évaluées au tableau 5.1. En se fondant sur la compréhension actuelle des rétroactions entre les changements climatiques et le cycle du carbone, les études qui s'appuient sur les modèles suggèrent qu'une stabilisation des concentrations de CO<sub>2</sub> à 450 ppm<sup>31</sup>, par exemple, pourrait nécessiter que les émissions cumulées au cours du XXI<sup>e</sup> siècle soient inférieures à 1 800 [1 370-2 200] Gt CO<sub>2</sub>, soit environ 27 % de moins que les 2 460 [2 310-2 600] Gt CO<sub>2</sub> établis sans tenir compte des rétroactions du cycle du carbone. {RSY 2.3, 3.2.1; GT I 7.3, 10.4, RiD}

<sup>30</sup> Dans le quatrième Rapport d'évaluation, il n'y a pas de valeurs estimées de l'évolution de la température au cours du présent siècle selon les différents scénarios de stabilisation. Pour la plupart des niveaux de stabilisation, la température moyenne du globe à l'équilibre est atteinte au bout de quelques siècles. L'état d'équilibre pourrait survenir plus tôt avec les scénarios de stabilisation aux niveaux les plus bas (catégories I et II, figure 5.1).

<sup>31</sup> Pour une stabilisation à 1 000 ppm CO<sub>2</sub>, cette rétroaction pourrait nécessiter que les émissions cumulées soient ramenées d'une moyenne entre les divers modèles d'environ 5 190 [4 910-5 460] Gt CO<sub>2</sub> à quelque 4 030 [3 590-4 580] Gt CO<sub>2</sub>. {GT I 7.3, 10.4, RiD}

## 5.5 Flux de technologie et développement

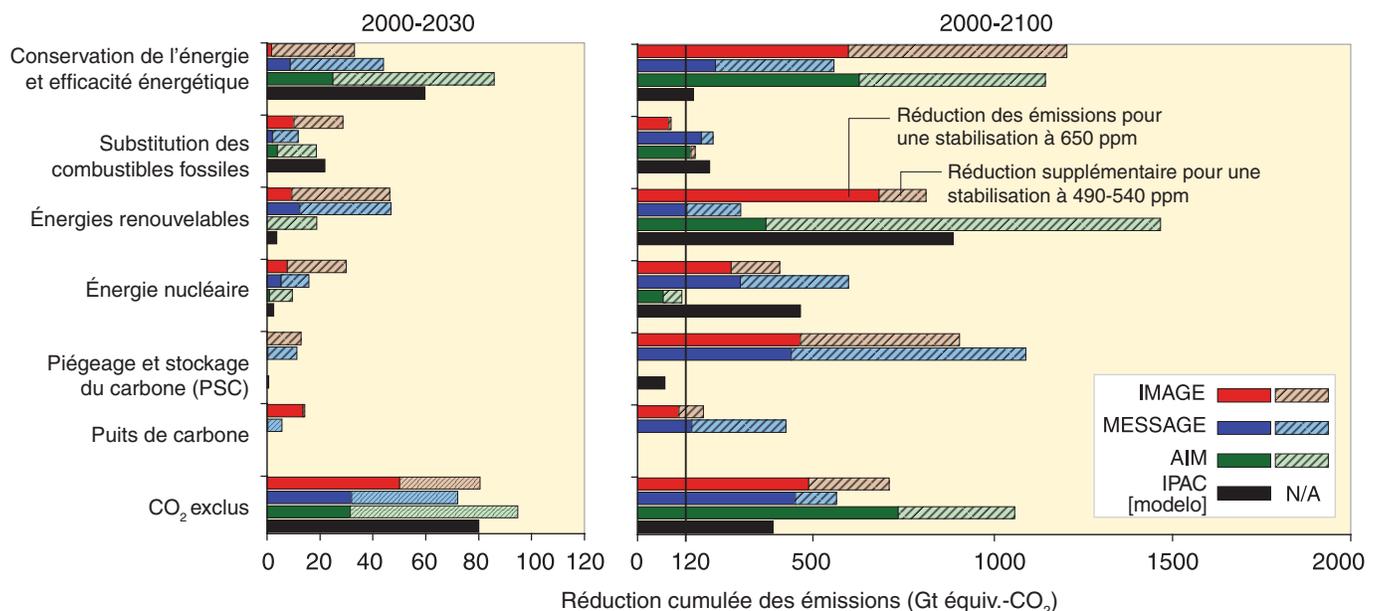
Tous les niveaux de stabilisation analysés pourraient être atteints en déployant un éventail de technologies qui sont déjà commercialisées ou qui devraient l'être d'ici quelques décennies, à condition toutefois que des mesures adaptées et efficaces stimulent la mise au point, l'acquisition, l'application et la diffusion de ces technologies et éliminent les obstacles connexes (*large concordance, degré élevé d'évidence*) (GT III RiD)

La généralisation des technologies à faibles émissions de GES et l'amélioration des technologies par la RD&D privée ou publique seraient nécessaires pour atteindre les objectifs de stabilisation et réduire les coûts.<sup>32</sup> La figure 5.2 présente des exemples représentatifs de la contribution que peut apporter l'éventail des possibilités d'atténuation. La contribution des diverses technologies varie au fil du temps et en fonction de la région, du mode de développement de référence, des technologies disponibles, des coûts relatifs et des niveaux de stabilisation analysés. Une stabilisation aux plus bas des niveaux évalués (490 à 540 ppm équiv.-CO<sub>2</sub>) présuppose des investissements précoces, une diffusion et une commercialisation considérablement plus rapides des technologies de pointe à faibles taux d'émission au cours des prochaines décennies (2000-2030) ainsi que des contributions plus élevées pour toutes les options d'atténuation à long terme (2000-2100). Cela exige de s'attaquer efficacement, par des mesures incitatives adaptées, à tout ce qui fait obstacle au développement, à l'acquisition, à l'application et à la diffusion des technologies. (GT III 2.7, 3.3, 3.4, 3.6, 4.3, 4.4, 4.6, RiD)

Il pourrait s'avérer difficile de réduire les émissions de manière significative sans procéder à des investissements conséquents et à un transfert efficace des technologies. Il importe par ailleurs d'assurer le financement du surcoût des technologies pauvres en carbone. (GT III 13.3, RiD)

Les contributions que pourront apporter les diverses technologies restent très incertaines. Cependant, selon l'ensemble des scénarios de stabilisation évalués, 60 à 80 % du recul des émissions au cours du siècle proviendrait de l'approvisionnement et de la consommation énergétique ainsi que des procédés industriels. En ce qui concerne l'utilisation des terres et la foresterie, les mesures d'atténuation visant à la fois le CO<sub>2</sub> et les autres gaz offrent une plus grande souplesse et une meilleure efficacité par rapport au coût. L'efficacité énergétique joue un rôle prépondérant dans de nombreux scénarios pour la plupart des régions et des échelles de temps. Pour les bas niveaux de stabilisation, les scénarios mettent davantage l'accent sur l'utilisation de sources d'énergie à faible teneur en carbone, comme les énergies renouvelables, l'énergie nucléaire et le recours au piégeage et au stockage du CO<sub>2</sub> (PSC). Dans ces scénarios, l'amélioration de l'intensité en carbone des approvisionnements en énergie et de l'économie dans son ensemble doit être beaucoup plus rapide que par le passé (figure 5.2). (GT III 3.3, 3.4, RT.3, RiD)

### Éventail des possibilités d'atténuation pour la stabilisation des concentrations de GES



**Figure 5.2** Réductions cumulées des émissions pour diverses mesures d'atténuation entre 2000 et 2030 (à gauche) et entre 2000 et 2100 (à droite). La figure présente des scénarios illustratifs tirés de quatre modèles (AIM, IMAGE, IPAC et MESSAGE) visant à une stabilisation à des niveaux respectivement bas (490 à 540 ppm équiv.-CO<sub>2</sub>) et moyen (650 ppm équiv.-CO<sub>2</sub>). Les bandes de couleur foncée indiquent les réductions pour un objectif de 650 ppm équiv.-CO<sub>2</sub> et les bandes de couleur claire les réductions supplémentaires pour atteindre 490 à 540 ppm équiv.-CO<sub>2</sub>. Il est à noter que certains modèles ne prennent pas en compte l'atténuation due au renforcement des puits de carbone forestiers (AIM et IPAC) ou au piégeage et au stockage du CO<sub>2</sub> (AIM) et que, pour déterminer la part des solutions énergétiques pauvres en carbone dans l'approvisionnement total en énergie, il faut les inclure dans la base de référence. La valeur du piégeage et du stockage du CO<sub>2</sub> (PSC) tient compte de la biomasse. Les valeurs données pour les puits de carbone forestiers comprennent la réduction des émissions dues au déboisement. La figure présente des réductions d'émissions selon des scénarios de référence avec des émissions cumulées comprises entre 6 000 et 7 000 Gt équiv.-CO<sub>2</sub> (2000-2100). (GT III figure RiD.9)

<sup>32</sup> À titre de comparaison, depuis près de deux décennies, les montants qu'affectent les gouvernements à la plupart des programmes de recherche dans le domaine énergétique restent stables ou diminuent en valeur réelle absolue (même après l'entrée en vigueur de la CCNUCC) et ne représentent aujourd'hui qu'environ la moitié de leur niveau en 1980. (GT III 2.7, 3.4, 4.5, 11.5, 13.2)

## 5.6 Coûts des mesures d'atténuation et objectifs de stabilisation à long terme

**En règle générale, les coûts macroéconomiques de l'atténuation augmentent parallèlement à la rigueur des objectifs de stabilisation et sont relativement plus élevés lorsqu'ils sont calculés sur la base des scénarios de référence prévoyant des niveaux d'émissions élevés. {GT III RiD}**

Une stabilisation entre 710 et 445 ppm équiv.-CO<sub>2</sub> en 2050 impliquerait, à l'échelle de la planète, des coûts macroéconomiques moyens se situant entre une hausse de 1 % et une baisse de 5,5 % du PIB mondial (*large concordance, degré moyen d'évidence*) (voir tableau 5.2). Cela équivaut à un ralentissement de la progression moyenne du PIB mondial de moins de 0,12 point de pourcentage par an. Les pertes estimatives en matière de PIB d'ici 2030 sont en moyenne inférieures et présentent un écart moindre par rapport à 2050 (voir le tableau 5.2). Les coûts s'écartent considérablement de la moyenne pour certains pays et secteurs.<sup>33</sup> {GT III 3.3, 13.3, RiD}

## 5.7 Coûts, avantages et effets climatiques évités aux niveaux mondial et régional

**Les incidences des changements climatiques varieront selon les régions. Cumulées et actualisées, elles entraîneront très probablement des coûts nets annuels qui s'alourdiront à mesure que les températures augmenteront à l'échelle planétaire. {GT II RiD}**

Selon les projections, pour une hausse de la température moyenne à la surface du globe de moins de 1 à 3 °C au-dessus des niveaux de 1980-1999, les incidences des changements climatiques devraient procurer des avantages liés au marché dans certains lieux et secteurs et, en même temps, occasionner des coûts dans d'autres lieux et secteurs. Les pertes moyennes à l'échelle du globe pourraient atteindre 1 à 5 % du PIB pour 4 °C de réchauffement, quoiqu'elles puissent se révéler beaucoup plus lourdes au niveau régional. {GT II 9.RE, 10.6, 15.RE, 20.6, RiD}

Des estimations validées établissent en moyenne le coût social du carbone (coût économique net des dommages causés par le changement

climatique, cumulé pour toute la planète et actualisé) à 12 \$ É.-U. par tonne de CO<sub>2</sub> en 2005, mais la fourchette obtenue sur cent estimations est large (- 3 à 95 \$ É.-U./t CO<sub>2</sub>). Toutes les données publiées indiquent que, selon les projections, le coût net des dommages causés par le changement climatique sera important et ira croissant. {GT II 20.6, RiD}

Les chiffres cumulés pour la planète sous-estiment *très probablement* le coût des dommages, puisque nombre d'incidences sont impossibles à chiffrer. Il est *pratiquement certain* que les valeurs totales estimées des coûts masquent des écarts importants entre secteurs, régions, pays et populations. Dans certains lieux et au sein de certains segments de population très exposés, très vulnérables et/ou peu adaptables, les coûts nets seront sensiblement supérieurs à la moyenne planétaire. {GT II 7.4, 20.RE, 20.6, 20.RE, RiD}

**D'après les résultats préliminaires et partiels d'un certain nombre d'analyses intégrées, les coûts et les avantages des mesures d'atténuation seraient du même ordre de grandeur, sans qu'il soit toutefois possible de déterminer avec certitude le mode de réduction des émissions ou le niveau de stabilisation pour lequel les avantages excéderaient les coûts. {GT III RiD}**

Comparer les coûts de l'atténuation avec ceux des dommages évités exigerait d'exprimer, par un indice global de bien-être, les incidences en matière de bien-être pour des personnes vivant en des lieux et à des époques différentes. {GT II 18.RE}

Le choix de l'ampleur et du calendrier des mesures d'atténuation exige de mettre en balance les coûts économiques d'une baisse accélérée des émissions de GES et les risques climatiques à moyen et long terme découlant d'un retard d'intervention. {GT III RiD}

**De nombreuses incidences peuvent être évitées, réduites ou retardées par des mesures d'atténuation. {GT II RiD}**

Bien que les rares études d'impact menées pour évaluer les scénarios de stabilisation ne tiennent pas pleinement compte des incertitudes inhérentes aux projections concernant le climat en cours de stabilisation, elles fournissent néanmoins des indications sur les dommages évités et la réduction des risques pour différents niveaux de réduction d'émissions. Le rythme et l'ampleur des changements climatiques anthropiques à venir

**Tableau 5.2.** Estimation des coûts macroéconomiques mondiaux en 2030 et 2050, relativement à la base de référence établie pour les voies les moins coûteuses de stabilisation à long terme. {GT III 3.3, 13.3, tableaux RiD.4 et RiD.6}

Niveau de stabilisation (ppm équiv.-CO <sub>2</sub> )	Médiane de la baisse du PIB <sup>a</sup> (%)		Baisse du PIB <sup>b</sup> (%)		Ralentissement de la progression moyenne du PIB par an (points de pourcentage) <sup>c, e</sup>	
	2030	2050	2030	2050	2030	2050
445-535 <sup>d</sup>	Non disponible		< 3	< 5,5	< 0,12	< 0,12
535-590	0,6	1,3	0,2 à 2,5	légèrement moins de 4	< 0,1	< 0,1
590-710	0,2	0,5	- 0,6 à 1,2	- 1 à 2	< 0,06	< 0,05

Notes :

Les valeurs présentées s'appuient sur l'ensemble des textes qui fournissent des chiffres sur le PIB, indépendamment des bases de référence et des scénarios d'atténuation.

a) PIB mondial calculé selon les taux de change du marché.

b) La fourchette correspondant aux 10<sup>e</sup> et 90<sup>e</sup> percentiles des données analysées est précisée, le cas échéant. Les valeurs négatives représentent une hausse du PIB. La première ligne (445-535 ppm équiv.-CO<sub>2</sub>) correspond uniquement à la limite supérieure des estimations fournies dans les textes.

c) Le ralentissement de la progression annuelle du PIB est le fléchissement moyen au cours de la période visée qui aboutirait à la décroissance du PIB indiquée en 2030 et 2050.

d) Les études sont peu nombreuses et s'appuient généralement sur des bases de référence basses. Des bases de référence plus élevées concernant les émissions majorent généralement les coûts.

e) Les valeurs correspondent à l'estimation maximale de la baisse du PIB apparaissant dans la troisième colonne.

<sup>33</sup>Voir les précisions données sur l'estimation des coûts et les hypothèses des modèles dans la note de bas de page 24.

et de leurs incidences seront déterminés par des choix humains définissant diverses évolutions socioéconomiques et mesures d'atténuation qui influenceront sur les modes d'émissions. La figure 3.2 montre clairement que les divers scénarios d'émissions SRES pourraient aboutir à une évolution très différente du climat tout au long du XXI<sup>e</sup> siècle. Certaines des incidences associées à des températures élevées à la figure 3.6 pourraient être évitées par l'adoption de voies de développement socioéconomique qui limitent les émissions et les changements climatiques connexes aux valeurs les plus basses des fourchettes présentées dans cette même figure. *{RSY 3.2, 3.3; GT III 3.5, 3.6, RiD}*

La figure 3.6 indique dans quelle mesure une réduction du réchauffement pourrait par exemple réduire le risque de perturbation de nombreux écosystèmes et d'extinction de diverses espèces et la probabilité d'une évolution à la baisse du rendement des cultures céréalières dans certaines régions. *{RSY 3.3, figure 3.6; GT II 4.4, 5.4, tableau 20.6}*

## 5.8 Considérations plus générales concernant l'environnement et la durabilité

**Le développement durable peut atténuer la vulnérabilité aux changements climatiques, lesquels peuvent affaiblir la capacité des nations de parvenir à des modes de développement durables.** *{GT II RiD}*

Il est *très probable* que les changements climatiques risquent de ralentir les progrès accomplis sur la voie du développement durable, soit directement par une exposition accrue à leurs effets néfastes, soit

indirectement par une altération de la capacité d'adaptation. Ils pourraient d'ailleurs empêcher la réalisation des objectifs du Millénaire pour le développement au cours du prochain demi-siècle. *{GT II RiD}*

Le changement climatique interagira à toutes les échelles avec d'autres sujets de préoccupation évolutifs concernant l'environnement et les ressources naturelles, dont la pollution des eaux, des sols et de l'air, les dangers sanitaires, les risques de catastrophes et le déboisement. En l'absence de mesures d'atténuation et d'adaptation intégrées, leurs effets conjugués pourraient s'exacerber à l'avenir. *{GT II 20.3, 20.7, 20.8, RiD}*

**Les mesures prises aux fins d'un développement plus durable peuvent accroître les capacités d'atténuation et d'adaptation, faire reculer les émissions et réduire la vulnérabilité, mais des obstacles peuvent s'opposer à leur mise en œuvre.** *{GT II 20.8; GT III 12.2, RiD}*

Les capacités d'adaptation et d'atténuation peuvent être renforcées par le développement durable. Celui-ci peut ainsi réduire la vulnérabilité au changement climatique en diminuant la sensibilité (par l'adaptation) et/ou l'exposition (par l'atténuation). Actuellement, peu de plans de promotion de la durabilité prévoient cependant explicitement l'adaptation aux effets des changements climatiques ou le renforcement des capacités d'adaptation. De même, l'adoption de nouveaux modes de développement pourrait concourir sensiblement à l'atténuation, mais exigerait des ressources pour surmonter les nombreux obstacles. *{GT II 20.3, 20.5, RiD; GT III 2.1, 2.5, 12.1, RiD}*

# 6

---

## Conclusions robustes, incertitudes clés

---

## Conclusions robustes, incertitudes clés

Dans le présent rapport comme dans le TRE, on entend par conclusion robuste en matière de changements climatiques toute conclusion qui reste valable pour un large éventail de démarches, de méthodes, de modèles et d'hypothèses et qui devrait généralement le rester malgré les incertitudes. Quant aux incertitudes clés, ce sont des incertitudes qui, une fois levées, peuvent donner lieu à de nouvelles conclusions robustes. *{TRE RSY Q.9}*

Les conclusions robustes n'englobent pas l'ensemble des conclusions essentielles du quatrième Rapport d'évaluation, dont certaines peuvent être pertinentes pour l'élaboration des politiques même si elles sont liées à d'importantes incertitudes. *{GT II 20.9}*

La liste des conclusions robustes et des incertitudes clés figurant ci-après n'est pas exhaustive.

### 6.1 Les changements climatiques observés, leurs effets et leurs causes

#### Conclusions robustes

Le réchauffement du système climatique est sans équivoque. On note déjà, à l'échelle du globe, une hausse des températures moyennes de l'atmosphère et de l'océan, une fonte massive de la neige et de la glace et une élévation du niveau moyen de la mer *{GT I 3.9, RiD}*

Sur tous les continents et dans certains océans, nombre de systèmes naturels sont perturbés par des changements climatiques régionaux. Les modifications observées de nombreux systèmes physiques et biologiques concordent avec ce réchauffement. Sous l'effet de l'absorption de CO<sub>2</sub> anthropique depuis 1750, l'acidité des couches superficielles de l'océan a augmenté. *{GT I 5.4, GT II 1.3}*

Les émissions anthropiques annuelles totales de GES, pondérées en fonction de leur potentiel de réchauffement global sur 100 ans, se sont accrues de 70 % entre 1970 et 2004. Sous l'effet de ces émissions, les valeurs de la concentration de N<sub>2</sub>O dans l'atmosphère sont actuellement bien supérieures aux valeurs préindustrielles couvrant plusieurs milliers d'années, et celles de la concentration de CH<sub>4</sub> et de CO<sub>2</sub> excèdent aujourd'hui largement l'intervalle de variation naturelle pour les 650 000 dernières années. *{GT I RiD, GT III 1.3}*

L'essentiel du réchauffement général moyen constaté depuis 50 ans est *très probablement* attribuable à l'augmentation de concentration des GES anthropiques. Il est en outre *probable* qu'en moyenne, tous les continents, à l'exception de l'Antarctique, ont subi les effets d'un réchauffement anthropique marqué. *{GT I 9.4, RiD}*

Il est *probable* que le réchauffement anthropique survenu depuis trente ans a joué un rôle notable à l'échelle du globe dans l'évolution observée de nombreux systèmes physiques et biologiques. *{GT II 1.4, RiD}*

#### Incertitudes clés

Les données relatives au climat restent insuffisantes dans certaines régions. De plus, les données et les études concernant les changements observés dans les systèmes naturels et aménagés sont très inégalement réparties d'une région à l'autre et sont particulièrement peu abondantes dans les pays en développement. *{GT I RiD ; GT II 1.3, RiD}*

La variabilité des phénomènes extrêmes, comme la sécheresse, les cyclones tropicaux, les températures extrêmes ou la fréquence et l'intensité des précipitations, est plus difficile à analyser et à surveiller que les moyennes climatiques, car cela nécessite de longues séries chronologiques de données à haute résolution spatiale et temporelle. *{GT I 3.8, RiD}*

Il est difficile de déceler les effets des changements climatiques sur les systèmes humains et certains systèmes naturels en raison de l'adaptation et des facteurs non climatiques. *{GT II 1.3}*

La simulation des variations de températures observées et leur attribution à des causes naturelles ou humaines à des échelles inférieures à l'échelle continentale soulèvent toujours des difficultés. A ces échelles, il est en effet malaisé de discerner l'influence du réchauffement anthropique sur les systèmes physiques et biologiques en raison de facteurs tels que les changements d'affectation des terres ou la pollution. *{GT I 8.3, 9.4, RiD ; GT II 1.4, RiD}*

Des incertitudes clés subsistent quant à l'ampleur des émissions de CO<sub>2</sub> dues aux changements d'affectation des terres et à celle des émissions de CH<sub>4</sub> provenant de diverses sources. *{GT I 2.3, 7.3, 7.4 ; GT III 1.3, RT.14}*

### 6.2 Éléments moteurs et projections concernant l'évolution future du climat et ses incidences

#### Conclusions robustes

Vu les politiques d'atténuation des effets des changements climatiques et les pratiques de développement durable déjà en place, les émissions mondiales de GES continueront d'augmenter au cours des prochaines décennies *{GT III 3.2, RiD}*

Un réchauffement d'environ 0,2 °C par décennie au cours des vingt prochaines années est anticipé dans plusieurs scénarios d'émissions SRES *{GT I 10.3, 10.7, RiD}*

La poursuite des émissions de GES au rythme actuel ou à un rythme plus élevé devrait accentuer le réchauffement et modifier profondément le système climatique au XXI<sup>e</sup> siècle. Il est *très probable* que ces changements seront plus importants que ceux observés pendant le XX<sup>e</sup> siècle. *{GT I 10.3, 11.1, RiD}*

Tous les scénarios prévoient que le réchauffement sera plus marqué sur les terres émergées que dans les océans voisins et qu'il sera particulièrement sensible aux latitudes élevées de l'hémisphère Nord. *{GT I 10.3, 11.1, RiD}*

Le réchauffement tend à freiner le piégeage du CO<sub>2</sub> atmosphérique par les écosystèmes terrestres et les océans, ce qui a pour conséquence d'augmenter la part des émissions anthropiques qui reste dans l'atmosphère. *{GT I 7.3, 10.4, 10.5, RiD}*

Même si les émissions de gaz à effet de serre diminuaient suffisamment pour stabiliser la concentration de ces gaz, le réchauffement anthropique et l'élévation du niveau de la mer se poursuivraient pendant des siècles en raison des échelles de temps propres aux processus et aux rétroactions climatiques. *{GT I 10.7, RiD}*

Il est *très improbable* que la sensibilité du climat à l'équilibre soit inférieure à 1,5 °C. *{GT I 8.6, 9.6, encadré 10.2, RiD}*

Il est *probable* que certains systèmes, secteurs et régions seront plus durement touchés que d'autres par l'évolution du climat. Au nombre de ces systèmes et secteurs figurent certains écosystèmes (toundra, forêt boréale et régions montagneuses, écosystèmes de type méditerranéen, mangroves, marais salants, récifs coralliens et biome des glaces de mer), les basses terres littorales, les ressources en eau dans les zones tropicales et subtropicales sèches et dans les zones tributaires de la fonte de la neige et de la glace, l'agriculture aux basses latitudes et l'état sanitaire des populations disposant d'une faible capacité d'adaptation. Les régions concernées sont l'Arctique, l'Afrique, les petites îles et les grands deltas asiatiques et africains. Dans les autres régions du globe, même prospères, des segments particuliers de la population, tout comme certaines zones et activités, risquent d'être gravement menacés. *{GT II RT.4.5}*

Il est *très probable* que la fréquence et l'intensité accrues de certains phénomènes météorologiques extrêmes accentueront les incidences. Comme l'ont montré divers événements récents, la vulnérabilité aux vagues de chaleur, aux cyclones tropicaux, aux inondations et à la sécheresse d'un certain nombre de secteurs et de régions, y compris de pays développés, est une source de préoccupation plus vive aujourd'hui qu'à l'époque du troisième Rapport d'évaluation. *{GT II tableau RiD.2, 19.3}*

### Incertitudes clés

L'incertitude quant à la sensibilité du climat à l'équilibre engendre une incertitude quant au réchauffement anticipé selon un scénario donné de stabilisation des émissions d'équivalent-CO<sub>2</sub>. L'incertitude quant à la rétroaction du cycle du carbone engendre une incertitude quant à l'évolution des émissions requise pour parvenir à un certain niveau de stabilisation. *{GT I 7.3, 10.4, 10.5, RiD}*

Les estimations relatives à l'influence des diverses rétroactions sur le système climatique varient considérablement selon les modèles, notamment en ce qui concerne les rétroactions liées à la nébulosité, à l'absorption de chaleur par les océans ou au cycle du carbone, malgré les progrès réalisés dans ce domaine. En outre, le degré de confiance accordé aux projections est plus élevé pour certaines variables (par exemple la température) que pour d'autres (par exemple les précipitations), et il l'est également plus dans le cas des grandes échelles spatiales et des périodes de longue durée pour la détermination des moyennes temporelles. *{GT I 7.3, 8.1-8.7, 9.6, 10.2, 10.7, RiD ; GT II 4.4}*

Les incidences des aérosols sur l'ampleur de la réaction des températures, sur la nébulosité et sur les précipitations demeurent incertaines. *{GT I 2.9, 7.5, 9.2, 9.4, 9.5}*

L'évolution future de la masse des nappes glaciaires du Groenland et de l'Antarctique, notamment sous l'effet des variations de l'écoulement glaciaire, est une source d'incertitude majeure susceptible de modifier à la hausse les projections concernant l'élévation du niveau de la mer. L'incertitude quant à l'absorption de la chaleur par les océans ajoute, elle aussi, à l'incertitude concernant cette élévation. *{GT I 4.6, 6.4, 10.3, 10.7, RiD}*

Il est impossible d'évaluer de façon fiable les variations de la circulation océanique à grande échelle au-delà du XXI<sup>e</sup> siècle en raison des incertitudes concernant la quantité d'eau de fonte en provenance de l'inlandsis groenlandais et la réponse des modèles au réchauffement. *{GT I 6.4, 8.7, 10.3}*

Les projections relatives aux changements climatiques et à leurs incidences au-delà de 2050 environ dépendent dans une large mesure des scénarios et des modèles. Une meilleure compréhension des sources d'incertitude et un renforcement des réseaux d'observation systématique permettraient de les améliorer. *{GT II RT.6}*

La recherche sur les incidences est entravée par les incertitudes qui entourent les projections régionales concernant les changements climatiques, en particulier les précipitations. *{GT II RT.6}*

Dans l'ensemble, la compréhension des phénomènes peu probables mais à fort impact ainsi que des incidences cumulées de phénomènes successifs de moindre ampleur est insuffisante, alors qu'elle est indispensable pour prendre des décisions fondées sur les risques. *{GT II 19.4, 20.2, 20.4, 20.9, TR.6}*

## 6.3 Réponses aux changements climatiques

### Conclusions robustes

On commence à prendre certaines mesures d'adaptation (des activités humaines) à une échelle limitée ; il faudra les développer et les généraliser pour réduire la vulnérabilité aux changements climatiques. *{GT II 17.RE, 20.5, tableau 20.6, RiD}*

Il est *probable* que, si l'évolution du climat se poursuivait sans intervention, la capacité d'adaptation des systèmes naturels, aménagés et humains, serait dépassée à longue échéance *{GT II 20.7, RiD}*

Un large éventail de possibilités d'atténuation sont déjà disponibles ou devraient l'être d'ici 2030 dans tous les secteurs, ce qui représente un potentiel économique d'atténuation (pour un coût s'échelonnant d'un coût net négatif à un coût pouvant atteindre 100 dollars É.-U./t équiv.-CO<sub>2</sub>) suffisant pour compenser la hausse anticipée des émissions globales ou ramener celles-ci au-dessous des niveaux actuels en 2030. *{GT III 11.3, RiD}*

Il est possible de diminuer, de différer ou d'éviter de nombreux effets grâce aux mesures d'atténuation. Les efforts et les investissements qui seront réalisés dans les vingt à trente prochaines années auront une incidence notable sur la possibilité de stabiliser les concentrations à un niveau relativement bas. Tout retard pris dans la réduction des émissions amenuiserait sensiblement cette possibilité et accentuerait les risques d'aggravation des effets *{GT II RiD, GT III RiD}*

Les divers niveaux de stabilisation de la concentration des GES qui ont été analysés pourraient être atteints en déployant un éventail de technologies qui sont déjà commercialisées ou qui devraient l'être d'ici quelques décennies, à condition toutefois que des mesures adaptées et efficaces soient prises et que les obstacles soient levés. En outre, il faudrait intensifier la RD&D en vue d'améliorer les performances techniques des nouvelles technologies, de réduire leurs coûts et de généraliser leur utilisation. Plus les niveaux de stabilisation seront bas, plus grande sera la nécessité d'investir dans de nouvelles technologies au cours des prochaines décennies. *{GT III 3.3, 3.4}*

Le choix d'orientations favorisant un développement plus durable peut grandement contribuer à atténuer les effets des changements climatiques, à faciliter l'adaptation à ces changements et à réduire la vulnérabilité à leur égard. *{GT II 18.7, 20.3, RiD ; GT III 13.2, RiD}*

Les décisions concernant les politiques d'ordre macroéconomique ou autre qui semblent sans rapport avec les changements climatiques peuvent avoir une incidence notable sur les taux d'émission. *{GT III 12.2}*

### Incertitudes clés

On connaît mal la façon dont les planificateurs du développement tiennent compte des informations sur la variabilité du climat et les changements climatiques, ce qui compromet toute évaluation d'ensemble de la vulnérabilité. *{GT II 18.8, 20.9}*

Les voies de développement socioéconomique déterminent l'évolution et l'utilisation des capacités d'adaptation et d'atténuation. *{GT II 17.3, 17.4, 18.6, 19.4, 20.9}*

Il existe des obstacles, des limites et des coûts que l'on ne cerne pas toujours parfaitement, notamment parce que l'efficacité des mesures d'adaptation dépend dans une large mesure de facteurs de risque géographiques et climatiques particuliers ainsi que de diverses contraintes institutionnelles, politiques et financières. *{GT II RiD}*

Les valeurs estimées des coûts et du potentiel d'atténuation sont établies en fonction d'un certain nombre d'hypothèses relatives à l'évolution future de la croissance socioéconomique, de l'évolution technologique et des modes de consommation. Les hypothèses concernant les facteurs de diffusion des technologies et les possibilités d'efficacité technologique et de réduction des coûts à longue échéance sont sources d'incertitude. Par ailleurs, on connaît mal les effets des changements de comportement et de mode de vie. *{GT III 3.3, 3.4, 11.3}*

Les effets des politiques non climatiques sur les émissions sont insuffisamment chiffrés. *{GT III 12.2}*



# Annexe I

---

## Guide de l'utilisateur et accès à des informations plus détaillées

Conformément à la définition donnée dans les procédures du GIEC, le Rapport de synthèse (RSY) fait la synthèse de l'ensemble des éléments d'information figurant dans les rapports d'évaluation et les rapports spéciaux du GIEC. Le RSY du quatrième Rapport d'évaluation contient des éléments d'information tirés des contributions des trois Groupes de travail du GIEC au quatrième Rapport d'évaluation et, selon les besoins, d'autres rapports du GIEC. Il se fonde exclusivement sur les évaluations effectuées par les Groupes de travail du GIEC et ne traite ni ne procède à l'évaluation des publications scientifiques originales proprement dites.

Si le Rapport de synthèse se suffit pour une bonne part à lui-même, il constitue cependant un résumé très condensé des informations les plus intéressantes tirées des rapports des trois Groupes de travail. Les utilisateurs qui le souhaiteraient peuvent accéder aux éléments d'information pertinents selon le niveau de détail requis de la façon suivante :

- Le résumé à l'intention des décideurs (RiD) du Rapport de synthèse correspond au résumé le plus condensé de nos connaissances actuelles en ce qui concerne les aspects scientifiques, techniques et socioéconomiques des changements climatiques. Toutes les références entre a □
- L'introduction et les six points du Rapport de synthèse proprement dit donnent des informations plus détaillées et plus complètes que le résumé à l'intention des décideurs. Les références entre accolades renvoient aux chapitres, aux résumés à l'intention des décideurs et aux résumés techniques des rapports élaborés par les trois Groupes de travail du GIEC et, dans certains cas, à d'autres sections thématiques du Rapport de synthèse lui-même. Les références au troisième Rapport d'évaluation (TRE) du GIEC (2001) portent la mention « TRE » avant celle du rapport cité.
- Les utilisateurs qui souhaitent en apprendre plus long sur les aspects scientifiques ou avoir accès aux ouvrages scientifiques sur lesquels le Rapport de synthèse est fondé se reporteront aux chapitres pertinents des rapports des Groupes de travail du GIEC qui sont mentionnés dans le RSY. Ces chapitres fournissent des références complètes au sujet des ouvrages scientifiques sur lesquels sont fondés les rapports d'évaluation du GIEC et proposent en outre des informations très détaillées par région et par secteur.

On trouvera ci après un glossaire détaillé, une liste d'acronymes, de sigles et d'unités de mesures et un index qui devraient faciliter la consultation du présent rapport par des lecteurs aussi nombreux que possible.

# Annexe II

## Glossaire

Rédacteur : Alfons P. M. Baede (Pays Bas)

Corédacteurs : Paul van der Linden (Royaume-Uni), Aviel Verbruggen (Belgique)

Le présent glossaire est fondé sur les glossaires figurant dans les contributions des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du GIEC. Des efforts particuliers ont été déployés en matière d'ajouts, de cohérence et de raccourcissement des définitions, afin d'en faciliter l'utilisation.

Les termes en italique ont la signification suivante : *Référence à une autre entrée du glossaire* ; *Référence secondaire au glossaire* (termes qui figurent dans un glossaire des contributions des Groupes de travail du GIEC au quatrième Rapport d'évaluation ou qui sont définis dans le texte d'une entrée du présent glossaire).

### A.

#### Absorption, diffusion et émission de rayonnement

Le rayonnement électromagnétique peut interagir de diverses façons avec la matière, que celle-ci se présente sous la forme des atomes ou des molécules d'un gaz (par exemple les gaz de l'*atmosphère*) ou sous la forme de matière particulaire, solide ou liquide (par exemple les *aérosols*). La matière **émet** elle-même un rayonnement en fonction de sa composition et de sa température. Le rayonnement peut aussi être absorbé par la matière, l'énergie **absorbée** étant alors transférée ou réémise. Enfin, le rayonnement peut être dévié de son trajet initial (**diffusé**) par suite de son interaction avec la matière.

#### Accord volontaire

Accord librement conclu entre une instance gouvernementale et une ou plusieurs parties relevant du secteur privé au sujet de la réalisation de certains objectifs environnementaux ou de l'amélioration des résultats en matière d'environnement au-delà des obligations à remplir. Les accords volontaires ne sont pas tous véritablement volontaires ; certains comportent des récompenses et/ou des pénalités liées à l'adhésion aux engagements pris ou à leur réalisation.

#### Acidification de l'océan

Diminution du *pH* de l'eau de mer due à l'absorption de *dioxyde de carbone anthropique*.

#### Action volontaire

Programmes non officiels, engagements personnels et déclarations par lesquels les parties prenantes (entreprises ou groupe d'entreprises) déterminent leurs propres objectifs et s'emploient souvent à assurer elles-mêmes leurs activités de surveillance et de compte rendu.

#### Activités exécutées conjointement

Phase pilote de la *mise en œuvre conjointe*, telle qu'elle est définie dans l'article 4.2(a) de la *Convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC)* et qui favorise la mise en œuvre d'activités de projets entre pays développés (et leurs entreprises) de même qu'entre pays développés et pays en développement (et leurs entreprises). Les activités exécutées conjointement devraient permettre aux Parties à la CCNUCC d'acquiescer de l'expérience en ce domaine. Il n'est pas prévu de valider les activités de ce genre pendant la phase pilote. Rien n'est encore décidé quant à l'avenir des projets d'activités exécutées conjointement et à la façon dont ils peuvent se rattacher aux *mécanismes de Kyoto*. Sous la forme simple de permis négociables, les activités exécutées conjointement et autres formules fondées sur le marché représentent des mécanismes qui pourraient grandement contribuer à la mobilisation de ressources supplémentaires pour la réduction des émissions. Voir aussi *Mécanisme pour un développement propre* et *Échange de droits d'émissions*.

#### Activité solaire

Le Soleil traverse des périodes de grande activité, qui se traduisent par une augmentation du nombre de taches solaires ainsi que par un accroissement du rayonnement solaire, de l'activité magnétique et des flux de particules de haute énergie. Ces fluctuations s'effectuent à des échelles de temps qui peuvent varier de plusieurs millions d'années à quelques minutes.

#### Actualisation

Opération mathématique permettant de comparer des montants en numéraire (ou autres) reçus ou dépensés à des moments (années) différents. L'opérateur utilise un taux d'actualisation fixe ou, éventuellement, variable ( $> 0$ ) d'une année à l'autre, qui fait qu'une valeur future vaut moins aujourd'hui. En cas d'*approche descriptive* de l'actualisation, on accepte les taux d'actualisation qui sont effectivement appliqués par les particuliers (épargnants et investisseurs) dans leurs décisions quotidiennes (*taux d'actualisation privé*). Dans le cas d'une *approche prescriptive (éthique ou normative)* de l'actualisation, le taux d'actualisation est fixé d'un point de vue social, fondé par exemple sur une appréciation éthique des intérêts des générations futures (*taux social d'actualisation*).

#### Adaptation

Initiatives et mesures prises pour réduire la vulnérabilité des systèmes naturels et humains aux effets des *changements climatiques* réels ou prévus. On distingue plusieurs sortes d'adaptation : *anticipative* ou *réactive*, de caractère *privé* ou *public, autonome* ou *planifiée*. Citons à titre d'exemple l'édification de digues le long des cours d'eau ou des côtes et le remplacement des plantes fragiles par des espèces résistant aux chocs thermiques.

#### Aérosols

Ensemble de particules solides ou liquides en suspension dans l'air, dont la taille varie généralement de 0,01 à 10  $\mu\text{m}$  (millionième de mètre) et qui séjournent dans l'atmosphère plusieurs heures au moins. Les aérosols peuvent être d'origine naturelle ou humaine (*anthropique*). Ils peuvent influencer sur le *climat* de diverses façons : directement, par diffusion ou *absorption* du rayonnement, et indirectement, en agissant comme des noyaux de condensation pour la formation de nuages ou en modifiant les propriétés optiques et la durée de vie des nuages.

#### Albédo

Fraction du *rayonnement solaire* réfléchi par une surface ou un objet, souvent exprimée en pourcentage. Les surfaces enneigées ont un albédo élevé, les sols de surface ont un albédo élevé à faible et les surfaces couvertes de végétation et les océans ont un albédo faible. L'albédo de la Terre varie principalement en fonction de la nébulosité, de l'enneigement, de l'englacement, de la surface foliaire et des variations du couvert terrestre.

#### Anthropique

Résultant de l'action de l'homme ou fait par lui.

#### Apprentissage par la pratique

À mesure que les chercheurs et les entreprises se familiarisent avec de nouveaux procédés technologiques ou qu'ils acquièrent de l'expérience par suite de l'accroissement de la production, ils peuvent découvrir des moyens d'améliorer ces procédés ou d'en réduire les coûts. L'apprentissage par la pratique est une forme d'évolution technologique fondée sur l'expérience.

#### Atmosphère

Enveloppe gazeuse de la Terre. L'atmosphère sèche est composée presque entièrement d'azote (rapport de mélange en volume de 78,1 %) et d'oxygène (rapport de mélange en volume de 20,9 %) ainsi que d'un certain nombre de gaz présents à l'état de trace, tels que l'argon (rapport de mélange en volume de 0,93 %), l'hélium et des gaz à effet de serre qui influent sur le rayonnement, notamment le *dioxyde de carbone* (rapport de mélange en volume de 0,035 %) et l'*ozone*. En outre, l'atmosphère contient de la vapeur d'eau en proportion très variable, mais généralement dans un rapport de mélange en volume d'environ 1 %. L'atmosphère contient également des nuages et des *aérosols*.

## Atténuation

Modification et substitution des techniques employées dans le but de réduire les ressources engagées et les émissions par unité de production. Bien que certaines politiques sociales, économiques et technologiques puissent contribuer à réduire les émissions, du point de vue du *changement climatique*, l'atténuation signifie la mise en œuvre de politiques destinées à réduire les émissions de *gaz à effet de serre* et à renforcer les *puits*.

## Attribution

Voir *Détection et attribution*.

## Avantages connexes

Avantages qu'offrent les politiques mises en œuvre pour de multiples raisons au même moment, étant entendu que la plupart des politiques d'*atténuation* des émissions de *gaz à effet de serre* ont d'autres motifs, souvent aussi importants (par exemple en matière de développement, de durabilité et d'équité).

## Avantages des mesures d'adaptation

Dépenses d'indemnisation évitées ou avantages résultant de l'adoption et de l'exécution de mesures d'*adaptation*.

## Avantages nets liés au marché

Le *changement climatique*, notamment lorsqu'il est modéré, devrait avoir des effets positifs et négatifs sur les secteurs fondés sur le marché, avec cependant des différences marquées selon les secteurs et les *régions* et selon son rythme et son ampleur. On appelle *avantages nets liés au marché* la somme des avantages et des *coûts* liés au marché propres à tous les secteurs et à toutes les régions pour une période déterminée. Ces avantages ne tiennent pas compte des *effets non liés au marché*.

## B.

### Base de référence

Référence pour des quantités mesurables à partir de laquelle on peut mesurer un autre résultat ; par exemple, un *scénario* de non intervention sert de référence pour l'analyse des scénarios fondés sur l'hypothèse d'une intervention.

### Bassin

Surface d'alimentation d'un cours d'eau ou d'un lac.

### Bassin hydrographique

Zone qui recueille et draine les eaux pluviales.

## Bilan de masse (des glaciers, calottes glaciaires ou nappes glaciaires)

Bilan entre le gain de masse de la masse de glace (accumulation) et la perte de masse (ablation, vêlage d'icebergs). La terminologie dans ce domaine comprend les termes suivants :

*Bilan de masse spécifique* : perte ou gain net de masse pendant la durée d'un *cycle hydrologique* en un point donné de la surface d'un *glacier* ;

*Bilan de masse totale* (d'un glacier) : bilan de masse spécifique intégré spatialement pour toute la surface du glacier ; perte ou gain total de masse d'un glacier pendant la durée d'un cycle hydrologique ;

*Bilan de masse spécifique moyen* : bilan de masse totale par unité de surface du glacier. Lorsque la surface est spécifiée (*bilan de masse surfacique spécifique*, etc.), on ne tient pas compte de l'écoulement glaciaire ; dans le cas contraire, l'écoulement glaciaire et le vêlage d'icebergs sont pris en compte dans le bilan massique. Le bilan de masse surfacique spécifique est positif dans la zone d'accumulation et négatif dans la zone d'ablation.

## Bilan énergétique

Différence entre l'énergie d'entrée totale et l'énergie de sortie totale dans le *système climatique*. Un bilan positif donne lieu à un réchauffement, un bilan négatif, à un refroidissement. Calculé en moyenne pour l'ensemble de la planète et sur des périodes prolongées, ce bilan doit être égal à zéro. Comme le *système climatique* tire pratiquement toute son énergie du Soleil, un bilan égal à zéro signifie que, globalement, la quantité de *rayonnement solaire* incident est en moyenne égale à la somme du rayonnement solaire réfléchi et du *rayonnement infrarouge thermique* ascendant émis par le système climatique. Toute perturbation de cet équilibre radiatif global, qu'elle soit *anthropique* ou d'origine naturelle, est appelée *forçage radiatif*.

## Biocarburant

Carburant obtenu à partir de matière organique sèche ou d'huiles combustibles d'origine végétale. L'alcool, la liqueur noire issue de la préparation de la pâte à

papier, le bois et l'huile de soja sont des exemples de biocarburants.

## Biodiversité

Diversité totale de tous les organismes et écosystèmes présents à diverses échelles spatiales (depuis les gènes jusqu'aux *biomes* entiers).

## Biomasse

Masse totale des organismes vivants présents dans un périmètre ou un volume donné ; les végétaux morts depuis peu sont souvent inclus en tant que biomasse morte. La quantité de biomasse est exprimée en poids sec, en contenu énergétique (*énergie*) ou en teneur en carbone ou en azote.

## Biome

Élément régional majeur et distinct de la *biosphère*, généralement constitué de plusieurs écosystèmes (*forêts*, cours d'eau, étangs, marécages, etc. dans une *région de même climat*). Les biomes se caractérisent par des communautés végétales et animales particulières.

## Biome des glaces de mer

*Biome* constitué de tous les organismes marins vivant dans ou sur la banquise (eau de mer gelée) des océans polaires.

## Biosphère (terrestre et marine)

Partie du système terrestre comprenant tous les *écosystèmes* et organismes vivants présents dans l'*atmosphère*, sur terre (*biosphère terrestre*) ou dans les océans (*biosphère marine*), y compris la matière organique morte qui en provient, telle que la litière, la matière organique des sols et les détritiques des océans.

## Blanchissement des coraux

Décoloration des *coraux* résultant de la disparition des organismes symbiotiques qui leur fournissent de l'énergie.

## Boisement

Plantation de nouvelles forêts sur des terres qui, historiquement, n'en possédaient pas (depuis 50 ans au moins). Pour une analyse plus approfondie du terme *forêt* et d'autres termes connexes tels que *boisement*, *reboisement* et *déboisement*, on se reportera au rapport spécial du GIEC intitulé « *Land Use, Land Use Change, and Forestry* » (Utilisation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie) (IPCC, 2000). Voir également le rapport intitulé « *Definitions and Methodological Options to Inventory Emissions from Direct Human-induced Degradation of Forests and Devegetation of Other Vegetation Types* » (Définitions et options méthodologiques en ce qui concerne les inventaires des émissions résultant de la dégradation des forêts et de la disparition d'autres types de végétaux directement liées aux activités humaines) (IPCC, 2003).

## C.

### Calotte glaciaire

Masse de glace en forme de dôme recouvrant une zone située en altitude, d'une superficie très inférieure à celle d'une *nappe glaciaire*.

### Capacité d'adaptation

Ensemble des capacités, des ressources et des institutions d'un pays ou d'une *région* lui permettant de mettre en œuvre des mesures d'*adaptation* efficaces.

### Capacité d'atténuation

Capacité d'un pays de réduire les émissions de *gaz à effet de serre anthropiques* ou de renforcer les *puits* naturels. Cette capacité se rapporte aux savoir-faire, aux aptitudes et aux compétences dont dispose un pays et dépend de la technologie, des institutions, de la richesse, de l'équité, des *infrastructures* et de l'information. La capacité d'atténuation est un élément essentiel de tout développement durable au niveau national.

### Carotte de glace

Cylindre de glace prélevé par forage dans un *glacier* ou une *nappe glaciaire*.

## Changement climatique

Variation de l'état du *climat*, que l'on peut déceler (par exemple au moyen de tests statistiques) par des modifications de la moyenne et/ou de la variabilité de ses propriétés et qui persiste pendant une longue période, généralement pendant des décennies ou plus. Les changements climatiques peuvent être dus à des processus internes naturels, à des *forçages externes* ou à des changements *anthropiques* persistants dans la composition de l'*atmosphère* ou dans l'*utilisation des terres*. On notera que la *Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC)*, dans son article premier, définit les changements climatiques comme des « changements 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 attribuables aux activités humaines altérant la composition de l'atmosphère et la variabilité du climat imputable à des causes naturelles. Voir également *Variabilité du climat ; Détection et attribution*.

### Changement climatique brusque

La non linéarité du *système climatique* peut conduire à des *changements climatiques* brusques, parfois dénommés *changements climatiques rapides*, *événements brusques* ou même *événements surprise*. Le terme *brusque* se réfère souvent à des échelles temporelles plus courtes que l'échelle temporelle type du forçage responsable. Toutefois, tous les changements climatiques brusques ne sont pas forcément imputables à des *forçages externes*. Au nombre des événements brusques possibles qui ont été envisagés figurent une réorganisation de grande ampleur de la circulation thermohaline, une déglaciation rapide et une fonte massive du *pergélisol* ou un accroissement de la respiration des sols entraînant de rapides changements dans le *cycle du carbone*. D'autres événements peuvent survenir de façon totalement inattendue, à la suite d'un forçage intense à évolution rapide d'un système non linéaire.

### Changement structurel

Changement, par exemple, des parts relatives du *produit intérieur brut* imputables aux différents secteurs de l'économie (industrie, agriculture, services, etc.). De façon plus générale, un changement structurel correspond à la transformation d'un système, à l'occasion de laquelle on remplace ou on prévoit de remplacer certains éléments par d'autres.

### Chlorofluorocarbones (CFC)

Voir *Hydrocarbures halogénés*.

### Circulation méridienne océanique

Circulation convective méridienne (nord-sud) à grande échelle, moyennée zonalement, dans les océans. Dans l'Atlantique, cette circulation mobilise les eaux relativement chaudes des couches supérieures vers le nord et les eaux relativement froides des couches profondes vers le sud. Le *Gulf Stream* fait partie de cette circulation atlantique.

### Climat

Au sens étroit du terme, le climat désigne en général « le temps moyen » ou, plus précisément, se réfère à une description statistique fondée sur les moyennes et la variabilité de grandeurs pertinentes sur des périodes variant de quelques mois à des milliers, voire à des millions d'années (la période type, définie par l'Organisation météorologique mondiale, est de 30 ans). Ces grandeurs sont le plus souvent des variables de surface telles que la température, la hauteur de précipitation et le vent. Dans un sens plus large, le climat désigne l'état du *système climatique*, y compris sa description statistique. Dans plusieurs sections du présent rapport, on utilise également des périodes types d'une durée différente, par exemple des périodes de 20 ans.

### Combustibles fossiles

Combustibles carbonés extraits des dépôts de carbone fossile (charbon, tourbe, pétrole, gaz naturel, etc.).

### Concentration d'équivalent dioxyde de carbone

Voir l'encadré intitulé « Émissions et concentration d'équivalent dioxyde de carbone (équivalent- $\text{CO}_2$ ) » dans la section consacrée au point 2 du présent rapport.

### Confiance

Le niveau de confiance dans la justesse d'un résultat est exprimé, dans le présent rapport, au moyen d'une terminologie standard définie comme suit :

Terminologie	Degré de confiance dans la justesse d'un résultat
Degré de confiance très élevé	Au moins 9 chances sur 10 de tomber juste
Degré de confiance élevé	Environ 8 chances sur 10
Degré de confiance moyen	Environ 5 chances sur 10
Faible degré de confiance	Environ 2 chances sur 10
Très faible degré de confiance	Moins de 1 chance sur 10

Voir également *Probabilité ; Incertitude*.

### Conformité

La conformité fait référence à la capacité des pays à se conformer aux dispositions d'un accord ainsi qu'à la mesure dans laquelle ils s'y conformeront. Elle dépend de la mise en œuvre des politiques ordonnées, mais aussi du degré de concordance des mesures appliquées avec ces politiques. La conformité indique à quel point les différents acteurs dont le comportement est remis en cause par l'accord (administrations locales, sociétés, organisations, particuliers, etc.) se sont effectivement conformés aux mesures de mise en œuvre et aux obligations y afférentes. Voir aussi *Mise en œuvre*.

### Consommation d'eau

Quantité d'eau irrémédiablement perdue lors de son utilisation (par évaporation et production de biens). La consommation d'eau correspond à la différence entre l'eau prélevée et l'eau rejetée.

### Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC)

Convention adoptée le 9 mai 1992 à New York et signée par plus de 150 pays et par la Communauté européenne lors du Sommet Planète Terre, qui s'est tenu à Rio de Janeiro en 1992. 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* (les pays faisant partie de l'OCDE en 1990 et les *pays à économie en transition*) doivent s'employer à ramener en 2000 les émissions de *gaz à effet de serre* non réglementées par le Protocole de Montréal à leur niveau de 1990. La Convention est entrée en vigueur en mars 1994. Voir *Protocole de Kyoto*.

### Convention-cadre sur les changements climatiques

Voir *Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC)*.

### Corail

Le terme « corail » a plusieurs significations, mais désigne habituellement l'ordre des Scléractinies, dont tous les membres possèdent des exosquelettes calcaires et qui se divisent en coraux qui construisent des récifs (hermatypiques) et en coraux qui n'en construisent pas ou en coraux d'eaux froides et en coraux d'eaux chaudes. Voir *Blanchissement des coraux ; Récifs de corail*.

### Couplage climat cycle du carbone

Les *changements climatiques* futurs causés par les émissions de *gaz à effet de serre* dans l'atmosphère auront une incidence sur le *cycle du carbone* à l'échelle du globe. Ces modifications du cycle mondial du carbone influenceront à leur tour sur la fraction des gaz à effet de serre anthropiques qui reste dans l'atmosphère et, par conséquent, sur la concentration atmosphérique de ces gaz, ce qui se traduira par de nouveaux changements climatiques. Cet effet de *réaction* est appelé *couplage climat cycle du carbone*. Les modèles couplés climat cycle du carbone de la première génération semblent indiquer que le réchauffement planétaire aura pour effet d'augmenter la proportion du dioxyde de carbone anthropique qui reste dans l'atmosphère.

### Coût

Consommation de ressources (temps de travail, capitaux, matériel, combustibles, etc.) considérée comme la conséquence d'une action. En économie, toutes les ressources sont évaluées à leur *coût de substitution*, qui est le coût du renoncement à une activité économique au profit d'une autre. Les coûts sont définis de multiples façons et en fonction de diverses hypothèses qui influent sur leur valeur. Il existe différents types de coût : les *frais d'administration*, les *coûts des dommages* (causés aux écosystèmes, à l'économie et aux personnes par les effets négatifs des *changements climatiques*) et les *coûts de mise en œuvre* pour toute politique nécessitant des modifications de la réglementation existante, des efforts pour renforcer les capacités, des activités d'information, de formation et de sensibilisation, etc. Les *coûts privés* sont supportés par des personnes, des entreprises ou autres entités privées qui engagent l'action, tandis que les *coûts sociaux* comprennent en plus les coûts externes pour l'environnement et pour la société dans son ensemble. Les *avantages* sont le contraire des coûts (on les qualifie parfois de *coûts négatifs*). Les *coûts nets* correspondent aux coûts, moins les avantages.

### Coûts des mesures d'adaptation

Coûts de la planification, de l'élaboration, de la préconisation et de l'application des mesures d'*adaptation*, y compris les coûts de transition.

## Coûts macroéconomiques

Correspondent généralement à des variations du *produit intérieur brut* ou à des variations de sa croissance ou encore à un affaiblissement du bien-être ou de la consommation.

## Cryosphère

Composante du *système climatique* constituée de la totalité de la neige, de la glace et du *gélisol* (y compris le *pergélisol*) au dessus et au dessous de la surface des terres émergées et des océans. Voir également *Glacier* ; *Nappe glaciaire*.

## Cycle du carbone

Expression utilisée pour désigner 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 hydrologique

Cycle selon lequel l'eau des océans et l'eau présente à la surface des terres émergées s'évapore, se déplace dans l'atmosphère sous la forme de vapeur d'eau, se condense pour former des nuages, retombe sous forme de pluie ou de neige, est interceptée par les arbres et la végétation, s'écoule par *ruissellement* à la surface des terres émergées, s'infiltre dans les sols, réalimente les nappes souterraines, se déverse dans les cours d'eau et, pour finir, se jette dans les océans, d'où elle s'évapore de nouveau (AMS, 2000). Les différents systèmes participant au cycle hydrologique sont habituellement qualifiés de *systèmes hydrologiques*.

## D.

### Déboisement

Conversion d'une forêt en zone non forestière. Pour une analyse détaillée du terme *forêt* et de termes apparentés tels que *boisement*, *reboisement* ou déboisement, on se reportera au rapport spécial du GIEC intitulé « Land Use, Land Use Change, and Forestry » (Utilisation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie) (IPCC, 2000). Voir également le rapport intitulé « Definitions and Methodological Options to Inventory Emissions from Direct Human-induced Degradation of Forests and Devegetation of Other Vegetation Types » (Définitions et options méthodologiques en ce qui concerne les inventaires des émissions résultant de la dégradation des forêts et de la disparition d'autres types de végétaux directement liées aux activités humaines) (IPCC, 2003).

### Dernière période interglaciaire (DPI)

Voir *Période interglaciaire*.

### Détection et attribution

Le *climat* varie continuellement à toutes les échelles temporelles. La *détection* des *changements climatiques* consiste à montrer que le climat a changé selon certains critères statistiques définis, sans donner la raison de ce changement. L'*attribution* consiste à établir, avec un certain degré de *confiance*, les causes les plus probables du changement détecté.

### Développement durable

La notion de développement durable, qui a été introduite dans la Stratégie mondiale de la conservation (UICN, 1980) et qui est centrée sur le concept de société durable et de gestion des ressources renouvelables, a été adoptée par la Commission mondiale de l'environnement et du développement en 1987, puis à la Conférence de Rio en 1992. Elle correspond à un processus de changement dans lequel l'exploitation des ressources, la gestion des investissements, l'orientation du développement technologique et les changements institutionnels s'articulent harmonieusement et renforcent le potentiel existant et futur pour répondre aux besoins et aux aspirations de l'homme. Le développement durable comporte des dimensions politiques, sociales, économiques et environnementales.

### Déversement de glace dynamique

Déversement de glace en provenance de *nappes glaciaires* et de *calottes glaciaires* plutôt sous l'effet de la dynamique de ces nappes ou calottes (par exemple sous forme de mouvements de *glaciers*, de courants glaciaires et de vâlage d'icebergs) que par suite de la fonte ou du *ruissellement*.

### Dilatation thermique

En relation avec l'*élévation du niveau de la mer*, augmentation de volume (et diminution de la densité) résultant du réchauffement de l'eau. Un réchauffement des océans entraîne une augmentation de leur volume et, par conséquent, une élévation du niveau de la mer. Voir *Variation du niveau de la mer*.

### Dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>)

Gaz d'origine naturelle ou résultant de la combustion des combustibles fossiles (pétrole, gaz, charbon, etc.) et de la *biomasse* ainsi que des *changements d'affectation des terres* et

d'autres procédés industriels. C'est le principal *gaz à effet de serre anthropique* qui influe sur le bilan radiatif de la Terre. C'est aussi le gaz de référence pour la mesure des autres gaz à effet de serre, dont le *potentiel de réchauffement global* est donc égal à 1.

## E.

### Échange de droits d'émission

Démarche axée sur le marché, adoptée pour atteindre des objectifs environnementaux et permettre en particulier à ceux qui réduisent leurs émissions de *gaz à effet de serre* au-dessous des niveaux prévus d'utiliser ou d'échanger ces réductions excédentaires afin de compenser des émissions en provenance d'une autre source située à l'intérieur même ou en dehors du pays considéré. Cet échange s'effectue en général à l'intérieur d'une entreprise ou à l'échelon national ou international. Dans son deuxième Rapport d'évaluation, le GIEC est convenu d'employer l'expression « permis d'émission » dans le cas des systèmes d'échange au plan national et l'expression « contingent d'émission » dans le cas des systèmes d'échange au plan international. Ainsi, l'échange de droits d'émission évoqué à l'article 17 du *Protocole de Kyoto* est un système de contingents négociables, fondé sur les quantités attribuées sur la base des engagements chiffrés de limitation ou de réduction des émissions qui figurent dans l'*annexe B* du Protocole.

### Échelles spatiales et temporelles

Le *climat* peut varier selon des échelles spatiales et temporelles très diverses. Les *échelles spatiales* vont de l'échelle locale (moins de 100 000 km<sup>2</sup>) ou régionale (100 000 à 10 millions de km<sup>2</sup>) à l'échelle continentale (de 10 à 100 millions de km<sup>2</sup>). Quant aux *échelles temporelles*, elles varient de l'échelle saisonnière à l'échelle géologique (correspondant à des périodes qui peuvent couvrir des centaines de millions d'années).

### Éclairement énergétique solaire total (TSI)

Quantité de *rayonnement solaire* reçue en dehors de l'*atmosphère* terrestre sur une surface perpendiculaire à ce rayonnement et à la distance moyenne de la Terre au Soleil. Des mesures fiables du rayonnement solaire ne peuvent être effectuées que depuis l'espace, et les premiers relevés précis ne remontent qu'à 1978. La valeur généralement acceptée est de 1 368 watts par mètre carré (W m<sup>-2</sup>), avec une précision d'environ 0,2 %. Des variations de l'ordre de quelques dixièmes de pourcent sont courantes et sont généralement liées à la présence de taches solaires sur le disque solaire. La variation du cycle solaire du TSI est de l'ordre de 0,1 % (AMS, 2000).

### Écosystème

Système d'organismes vivants en interaction les uns avec les autres et avec leur environnement physique. Les limites de ce qu'on peut appeler un écosystème sont quelque peu arbitraires et dépendent du centre d'intérêt ou du thème de l'étude effectuée. Un écosystème peut donc se limiter à un espace très réduit ou s'étendre à l'ensemble du globe.

### Écoulement fluvial

Mouvement de l'eau dans le lit d'un cours d'eau, généralement exprimé en m<sup>3</sup>/s. Synonyme de *débit fluvial*.

### Effet de serre

Les *gaz à effet de serre* absorbent efficacement le *rayonnement infrarouge thermique* émis par la surface de la Terre, par l'*atmosphère* elle-même en raison de la présence de ces gaz et par les nuages. Le rayonnement atmosphérique est émis dans toutes les directions, y compris vers la surface de la Terre. Par conséquent, les gaz à effet de serre retiennent la chaleur dans le système surface-*troposphère* : c'est ce qu'on appelle l'*effet de serre*. Dans la troposphère, le rayonnement infrarouge thermique est étroitement lié à la température de l'atmosphère à l'altitude à laquelle il est émis, cette température diminuant en général avec l'altitude. En fait, le rayonnement infrarouge émis vers l'espace provient d'une altitude où la température est en moyenne de -19 °C, en équilibre avec le *rayonnement solaire* net incident, alors que la surface de la Terre se maintient à une température beaucoup plus élevée, de +14 °C en moyenne. Une augmentation de la concentration de gaz à effet de serre accroît l'opacité de l'atmosphère au rayonnement infrarouge et entraîne donc un rayonnement effectif vers l'espace depuis une altitude plus élevée et à une température plus basse. Il en résulte un *forçage radiatif* qui entraîne un renforcement de l'effet de serre; c'est ce qu'on appelle l'*effet de serre renforcé*.

### Effets cumulés

Ensemble des *effets* observés dans des *régions* et/ou des secteurs donnés. Pour totaliser les effets, il faut avoir une idée claire de leur importance relative dans les différentes régions et les différents secteurs considérés (ou se fonder sur des hypothèses précises à ce sujet). L'évaluation des effets cumulés porte notamment sur le nombre total de personnes qui les subissent ou le coût économique total.

### Effets liés au marché

*Incidences* liées aux mécanismes du marché et qui ont une influence directe sur le *produit intérieur brut* (PIB) – par exemple des modifications de l’offre et du prix des denrées agricoles et d’autres biens. Voir également *Effets non liés au marché*.

### Effets non liés au marché

*Incidences* sur les *écosystèmes* ou le bien-être qui ne sont pas facilement chiffrables en termes monétaires – par exemple un risque accru de mort prématurée ou l’augmentation du nombre de personnes menacées de famine. Voir également *Effets liés au marché*.

### El Niño-oscillation australe (ENSO)

*El Niño*, au sens original du terme, est un courant marin chaud qui se manifeste périodiquement le long de la côte de l’Équateur et du Pérou, perturbant la pêche locale. Il a depuis lors été associé à une vaste zone de réchauffement située dans la partie tropicale de l’océan Pacifique, à l’est de la ligne de changement de jour. Cet événement océanique est lié à une fluctuation du régime de pression en surface dans les zones tropicales et subtropicales, dénommée *oscillation australe*. Le phénomène résultant de la combinaison de ces deux événements, qui se produit à des échelles de temps de 2 à 7 ans environ, est généralement connu sous le nom d’*El Niño-oscillation australe* (ENSO). Il est souvent mesuré par la différence de pression en surface entre Darwin et Tahiti et par les valeurs de la température de la mer en surface au centre et à l’est du Pacifique équatorial. Lors d’un épisode ENSO, les alizés dominants faiblissent, réduisant les remontées d’eau froide et modifiant les courants océaniques de telle sorte que la température de la mer en surface augmente, ce qui a pour effet d’affaiblir encore plus les alizés. Ce phénomène exerce une grande influence sur le vent, la température de la mer en surface et les précipitations dans la partie tropicale du Pacifique. Il a également des répercussions climatiques dans toute la *région* du Pacifique et dans d’autres régions du monde, par ses effets sur les téléconnexions mondiales. La phase froide du phénomène ENSO est appelée *La Niña*.

### Émissions anthropiques

Émissions de *gaz à effet de serre*, de précurseurs de gaz à effet de serre et d’*aérosols* dus aux activités humaines. Au nombre de ces activités figurent la combustion de *combustibles fossiles*, le *déboisement*, les *changements d’affectation des terres*, l’élevage et la fertilisation.

### Émissions d’équivalent-dioxyde de carbone

Voir l’encadré intitulé « Émissions et concentration d’équivalent dioxyde de carbone (équivalent- $\text{CO}_2$ ) » dans la section consacrée au point 2 du présent rapport et au chapitre 2.10 du rapport du Groupe de travail I.

### Énergie

Quantité de travail ou de chaleur fournie. L’énergie se classe en différentes catégories et devient utile à l’homme lorsqu’elle circule d’un point à un autre ou qu’elle est convertie d’une catégorie en une autre. L’*énergie primaire* (on parle également de *sources d’énergie*) est présente dans les ressources naturelles (charbon, pétrole brut, gaz naturel, uranium, etc.) et n’a encore fait l’objet d’aucun processus anthropique de conversion ou de transformation. Cette énergie doit être transformée et acheminée pour devenir de l’*énergie utile* (la lumière, par exemple). L’*énergie renouvelable* est obtenue à partir des flux d’énergie continus ou répétitifs qui se produisent dans le milieu naturel et comprend des technologies sans carbone, comme l’énergie solaire, l’énergie hydroélectrique, l’énergie éolienne, l’énergie marémotrice, l’énergie de la houle et l’énergie géothermique, ainsi que des technologies neutres en carbone, telles que la biomasse. L’*énergie intrinsèque* est l’énergie utilisée pour produire une substance (métal industriel ou matériau de construction), compte tenu de l’énergie utilisée dans l’unité de production (ordre zéro), de l’énergie utilisée pour produire des matières qui sont utilisées dans l’unité de production (premier ordre) et ainsi de suite.

### Équivalent $\text{CO}_2$

Voir l’encadré intitulé « Émissions et concentration d’équivalent dioxyde de carbone (équivalent- $\text{CO}_2$ ) » dans la section consacrée au point 2 du présent rapport et au chapitre 2.10 du rapport du Groupe de travail I.

### Érosion

Processus d’enlèvement et de transport des sols et des roches sous l’effet des phénomènes atmosphériques, des mouvements en masse et de l’action des cours d’eau, des *glaciers*, des vagues, du vent et des eaux souterraines.

### Évaluation des incidences (des changements climatiques)

Processus consistant à déceler et à évaluer les effets des *changements climatiques* sur les systèmes naturels ou les *systèmes humains* en termes financiers et/ou non financiers.

### Évaluation intégrée

Méthode d’analyse qui combine en un ensemble cohérent les résultats et modèles propres aux sciences physiques, biologiques, économiques et sociales ainsi que les interactions de ces divers éléments, de façon à pouvoir évaluer l’état et les conséquences des changements environnementaux de même que les mesures prises pour y remédier. Les modèles utilisés pour procéder à ce genre d’analyse sont appelés *modèles d’évaluation intégrée*.

### Évapotranspiration

Processus combiné d’évaporation à la surface de la Terre et de transpiration de la végétation.

### Événement météorologique extrême

Événement rare en un endroit et à un moment de l’année particuliers. Si les définitions du mot « rare » varient considérablement, un événement météorologique extrême devrait normalement être aussi rare, sinon plus, que le dixième ou le quatre-vingt dixième *percentile* de la fonction de densité de probabilité observée. Par définition, les caractéristiques de ce qu’on appelle *événements météorologiques extrêmes* peuvent, dans l’absolu, varier d’un endroit à un autre. Des événements extrêmes isolés ne peuvent pas être imputés purement et simplement à un *changement climatique anthropique*, car il existe toujours une chance infime pour que l’événement en question soit dû à des causes naturelles. Lorsque des conditions météorologiques extrêmes se prolongent pendant un certain temps, l’espace d’une saison par exemple, elles peuvent être considérées comme un *événement climatique extrême*, en particulier si elles correspondent à une moyenne ou à un total en lui-même extrême (par exemple une *sécheresse* ou de fortes pluies pendant toute une saison).

### Éventail

Ensemble cohérent de mesures et/ou de technologies que les décideurs peuvent utiliser pour atteindre un objectif donné. L’élargissement de la portée de telles mesures ou technologies peut permettre de prendre en compte une plus grande variété d’événements et d’incertitudes.

### Évolution technologique

Considérée habituellement comme synonyme d’*amélioration* technologique, en ce sens qu’avec une quantité donnée de ressources (facteurs de production), cette évolution permet d’obtenir des biens et services plus nombreux ou de meilleure qualité. Les modèles économiques distinguent l’évolution technologique autonome (exogène), endogène et induite. L’*évolution technologique autonome* (exogène) est un processus qui n’est pas pris en compte par le modèle et qui prend souvent la forme d’une évolution de la demande en énergie ou de la croissance de la production mondiale. L’*évolution technologique endogène* est le résultat d’une activité économique prise en compte par le modèle, c’est-à-dire que le choix des technologies est inclus dans le modèle et qu’il affecte la demande en énergie et/ou la croissance économique. L’*évolution technologique induite* englobe l’évolution technologique endogène, mais aussi d’autres changements induits par des politiques et des mesures telles que les taxes sur le carbone destinées à stimuler les activités de recherche développement.

### Évolution technologique induite

Voir *Évolution technologique*.

### Extinction

Disparition totale et irréversible d’une espèce tout entière.

### F.

#### Fertilisation par le $\text{CO}_2$

Voir *Fertilisation par le dioxyde de carbone*.

#### Fertilisation par le dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ )

Stimulation de la croissance des végétaux due à l’augmentation de la concentration atmosphérique de *dioxyde de carbone* ( $\text{CO}_2$ ). Selon leur mode de *photosynthèse*, certains types de plantes sont plus sensibles aux variations de la concentration atmosphérique de  $\text{CO}_2$ .

#### Fixation du carbone

Voir *Piégeage*.

#### Fleur d’eau

Prolifération d’algues dans un lac, un cours d’eau ou un océan.

#### Forçage

Voir *Forçage externe*.

## Forçage externe

Se rapporte à un agent de forçage extérieur au *système climatique* qui provoque un changement dans ce dernier. Les éruptions volcaniques, les variations du rayonnement solaire, les changements *anthropiques* de la composition de l'*atmosphère* ainsi que les *changements d'affectation des terres* sont des forçages externes.

## Forçage radiatif

Variation de l'éclairement énergétique net (différence entre l'éclairement descendant et l'éclairement ascendant, exprimée en  $W\ m^{-2}$ ) à la *tropopause* due à une modification d'un agent externe du *changement climatique*, comme par exemple une modification de la concentration de *dioxyde de carbone* ou du rayonnement solaire. On calcule le forçage radiatif après avoir laissé les températures *stratosphériques* éventuellement perturbées se réajuster à l'équilibre radiatif-dynamique, en maintenant toutefois toutes les propriétés *troposphériques* à leurs valeurs non perturbées. Le forçage radiatif est qualifié d'instantané si l'on n'observe aucune modification de la température stratosphérique. Dans le présent rapport, le forçage radiatif est en outre défini comme le changement par rapport à l'année 1750 et, sauf indication contraire, se rapporte à une valeur moyenne annuelle à l'échelle du globe.

## Forêt

Type de végétation dominée par les arbres. Un grand nombre de définitions du terme « forêt » sont utilisées dans le monde, du fait de la grande disparité des conditions biogéophysiques, des structures sociales et des conditions économiques. Des critères particuliers sont appliqués dans le cadre du *Protocole de Kyoto*. Pour une analyse détaillée du terme « forêt » et de termes apparentés tels que *boisement*, *reboisement* ou *déboisement*, on se reportera au rapport spécial du GIEC intitulé « Land Use, Land Use Change, and Forestry » (Utilisation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie) (IPCC, 2000). Voir également le rapport intitulé « Definitions and Methodological Options to Inventory Emissions from Direct Human-induced Degradation of Forests and Devegetation of Other Vegetation Types » (Définitions et options méthodologiques en ce qui concerne les inventaires des émissions résultant de la dégradation des forêts et de la disparition d'autres types de végétaux directement liées aux activités humaines) (IPCC, 2003).

## Forêt boréale

Forêts de pins, d'épicéas, de sapins et de mélèzes s'étendant de la côte est du Canada à l'Alaska et de la côte est de la Sibérie à la grande plaine européenne.

## G.

### Gaz à effet de serre (GES)

Constituants gazeux de l'*atmosphère*, tant naturels qu'*anthropiques*, qui absorbent et émettent un rayonnement à des longueurs d'onde données du spectre du *rayonnement infrarouge thermique* émis par la surface de la Terre, l'*atmosphère* et les nuages. C'est cette propriété qui est à l'origine de l'*effet de serre*. La vapeur d'eau ( $H_2O$ ), le *dioxyde de carbone* ( $CO_2$ ), l'*oxyde nitreux* ( $N_2O$ ), le *méthane* ( $CH_4$ ) et l'*ozone* ( $O_3$ ) sont les principaux gaz à effet de serre présents dans l'*atmosphère* terrestre. Il existe également des gaz à effet de serre résultant uniquement des activités humaines, tels que les *hydrocarbures halogénés* et autres substances contenant du chlore et du brome, dont traite le Protocole de Montréal. Outre le  $CO_2$ , le  $N_2O$  et le  $CH_4$ , le *Protocole de Kyoto* traite, quant à lui, d'autres gaz à effet de serre tels que l'*hexafluorure de soufre* ( $SF_6$ ), les *hydrofluorocarbones* (HFC) et les *hydrocarbures perfluorés* (PFC).

### Gaz fluorés

Groupe des *hydrofluorocarbones*, des *hydrocarbures perfluorés* et de l'*hexafluorure de soufre*, tous pris en compte par le *Protocole de Kyoto*.

### Gélisol

Sol ou roche dont une partie ou la totalité de l'eau interstitielle est gelée (Van Everdingen, 1998). Ce terme englobe également le *pergélisol*. Un sol qui gèle et dégèle chaque année est appelé *gélisol saisonnier*.

### Gélisol saisonnier

Voir *Gélisol*.

### Gestion de la demande

Politiques et programmes visant à influencer la demande de biens et/ou de services. Dans le secteur de l'énergie, la gestion de la demande consiste à réduire la demande d'électricité et d'autres formes d'énergie. La gestion de la demande contribue à réduire les *émissions de gaz à effet de serre*.

## Gestion intégrée des ressources en eau (IWRM)

Notion primordiale de la gestion des ressources en eau, cependant définie non sans ambiguïté. La gestion intégrée des ressources en eau est basée sur quatre principes énoncés lors de la Conférence internationale sur l'eau et l'environnement qui s'est tenue à Dublin, en 1992 : 1) l'eau douce est une ressource limitée et vulnérable, nécessaire à la vie, au développement et à l'environnement ; 2) la mise en valeur et la gestion des ressources en eau devraient être fondées sur une approche participative faisant intervenir les utilisateurs, les planificateurs et les décideurs de tous niveaux ; 3) les femmes ont un rôle prépondérant à jouer en matière d'approvisionnement en eau et de gestion et de conservation des ressources en eau ; 4) du fait de ses multiples usages concurrentiels, l'eau a une valeur économique et devrait être considérée comme un bien économique.

## Glace de mer

Toute forme de glace présente en mer et provenant de la congélation de l'eau de mer. Il peut s'agir de morceaux distincts (*floe*) qui se déplacent à la surface de l'océan sous l'effet du vent et des courants (*banquise dérivante*) ou d'une plate forme immobile rattachée à la côte (*banquise côtière*). La glace de mer de moins d'un an est appelée *glace de l'année*. La glace ayant survécu à au moins une période de fonte estivale est appelée *glace de plusieurs années*.

## Glacier

Masse de glace terrestre s'écoulant le long d'une pente (par déformation interne et/ou glissement à la base) et limitée dans ses mouvements par les contraintes internes et la friction à la base et sur les côtés. Les glaciers sont alimentés par la neige accumulée en altitude, cette accumulation étant elle-même compensée par la fonte à basse altitude ou le déversement en mer. Voir *Équilibre de masse*.

## H.

### Hexafluorure de soufre ( $SF_6$ )

L'un des six *gaz à effet de serre* dont il est prévu de réduire les émissions au titre du *Protocole de Kyoto*. Abondamment utilisé dans l'industrie lourde pour isoler l'appareillage haute tension et pour faciliter la fabrication des systèmes de refroidissement des câbles et des semi-conducteurs.

### Hierarchie de modèles

Voir *Modèle climatique*.

### Hydrocarbures halogénés

Terme collectif désignant le groupe des composés organiques partiellement halogénés comprenant notamment les chlorofluorocarbones (CFC), les hydrochlorofluorocarbones (HCFC), les hydrofluorocarbones (HFC), les halons, le chlorure de méthyle et le bromure de méthyle. Bon nombre d'entre eux ont un *potentiel de réchauffement global* élevé. Les hydrocarbures halogénés contenant du chlore et du brome contribuent également à l'appauvrissement de la couche d'*ozone*.

### Hydrocarbures perfluorés (PFC)

Figurent parmi les six *gaz à effet de serre* dont il est prévu de diminuer les émissions au titre du *Protocole de Kyoto*. Sous produits de la production d'aluminium et de l'enrichissement de l'uranium, ils remplacent aussi les *chlorofluorocarbones* dans la fabrication des semi-conducteurs.

### Hydrochlorofluorocarbones (HCFC)

Voir *Hydrocarbures halogénés*

### Hydrofluorocarbones (HFC)

Comptent parmi les six *gaz à effet de serre* dont les émissions doivent être réduites au titre du *Protocole de Kyoto*. Produits commercialement pour remplacer les chlorofluorocarbones, ils sont utilisés principalement dans le secteur de la réfrigération et de la fabrication des semi-conducteurs. Voir *Hydrocarbures halogénés*.

### Hydrosphère

Composante du *système climatique* formée des eaux superficielles et souterraines liquides, telles que les océans, les mers, les cours d'eau, les lacs d'eau douce, les eaux souterraines, etc.

## I.

### Incertitude

Expression du degré d'inconnaissance d'une valeur (l'état futur du *système climatique*, par exemple). L'incertitude peut être due à un manque d'information ou à un désaccord sur ce qui est connu, voire connaissable. Elle peut avoir des origines diverses et résulter ainsi d'erreurs chiffrables dans les données, d'une définition trop imprécise des concepts ou de la terminologie employés ou encore de *projections* incertaines du comportement humain. L'incertitude peut donc être

représentée par des mesures quantitatives (par exemple un ensemble de valeurs calculées par divers modèles) ou par des énoncés qualitatifs (reflétant par exemple l'opinion d'un groupe d'experts). (Voir Moss et Schneider, 2000 ; Manning et al., 2004). Voir également *Probabilité* ; *Confiance*.

### Incidences (des changements climatiques)

Effets des *changements climatiques* sur les systèmes naturels et les *systèmes humains*. Selon que l'on tient compte ou non de l'*adaptation*, on peut établir une distinction entre incidences potentielles et incidences résiduelles :

- *Incidences potentielles* : toutes les incidences susceptibles de se produire dans le cadre d'un changement climatique prévu, sans qu'il soit tenu compte de l'*adaptation*.
- *Incidences résiduelles* : incidences des changements climatiques après adaptation.

Voir également *Effets cumulés*, *Effets liés au marché* et *Effets non liés au marché*.

### Inertie

Pour ce qui est de l'*atténuation* des effets du *changement climatique*, l'inertie est liée aux difficultés que soulève toute évolution du fait des conditions préexistantes dans la société (capital physique créé par l'homme, capital naturel et capital social non physique – institutions, réglementation, normes, etc. –, par exemple). Les structures existantes figent les sociétés, les rendant moins aptes au changement.

Pour ce qui est du *système climatique*, l'inertie correspond au retard avec lequel se produit un changement climatique à la suite d'un *forçage externe* et à la poursuite du changement climatique même après stabilisation de ce forçage.

### Infrastructure

Matériel de base, équipements collectifs, entreprises productives, installations et services nécessaires au bon fonctionnement et au développement d'une organisation, d'une ville ou d'un pays.

### Intensité en carbone

Total des émissions de *dioxyde de carbone* par unité du *produit intérieur brut*.

### Intensité énergétique

Rapport de la consommation d'*énergie* à la production économique ou physique. Au niveau national, l'intensité énergétique correspond au rapport de la consommation totale d'énergie primaire ou de la consommation d'énergie finale au *produit intérieur brut*. Au niveau d'une activité particulière, on peut aussi utiliser des quantités physiques en dénominateur (on parlera par exemple du nombre de litres de carburant par kilomètre parcouru).

### Intrusion d'eau salée

Phénomène par lequel de l'eau salée, plus dense, repousse des eaux douces de surface ou souterraines, généralement dans des zones côtières ou des estuaires, soit en raison d'une diminution de l'influence continentale (par exemple du fait d'une réduction du *ruissellement* et de l'alimentation connexe de la nappe souterraine ou encore d'un prélèvement excessif d'eau dans les aquifères), soit en raison d'une influence maritime accrue (par exemple du fait de l'*élévation* relative *du niveau de la mer*).

## L.

### Lac glaciaire

Lac formé par les eaux de fonte d'un *glacier*, situé à l'avant du front (*lac proglaciaire*), à la surface (*lac supraglaciaire*), à l'intérieur (*lac intraglaciaire*) ou au dessous (*lac sous glaciaire*) du glacier en question.

## M.

### Maladie infectieuse

Toute maladie causée par des agents microbiologiques qui peut être transmise d'une personne à une autre ou d'un animal à l'homme. Cette transmission peut s'effectuer par contact physique direct, par manipulation d'un objet où se trouvent des agents infectieux, par le truchement d'un porteur de la maladie, par de l'eau contaminée ou par le biais de gouttelettes infectées expectorées ou exhalées dans l'air.

### Manteau neigeux

Accumulation saisonnière de neige fondant lentement.

### Marégraphe

Instrument installé sur la côte (et parfois en haute mer) qui sert à mesurer en permanence le niveau de la mer par rapport aux terres émergées adjacentes. Le calcul

de la moyenne dans le temps des valeurs du niveau de la mer ainsi enregistrées permet de déterminer les variations séculaires observées du niveau relatif de la mer. Voir *Variation/élévation du niveau de la mer*.

### Mécanisme pour un développement « propre »

Défini dans l'article 12 du *Protocole de Kyoto*, le mécanisme pour un développement « propre » poursuit un double objectif : 1) aider les Parties ne figurant pas à l'*annexe I* à parvenir à un *développement durable* ainsi qu'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 de leurs émissions. Les unités de réduction certifiée des émissions obtenues dans le cadre de projets relevant du mécanisme pour un développement « propre » exécutés dans des pays ne figurant pas à l'*annexe I* qui contribuent à limiter ou à réduire les émissions de GES, lorsqu'elles sont certifiées par des entités opérationnelles désignées par la Conférence des Parties agissant en tant que Réunion des Parties, peuvent être portées au crédit des investisseurs (publics ou privés) des Parties visées à l'*annexe B*. Une part des fonds provenant d'activités de projets certifiées est utilisée pour couvrir les dépenses administratives et aider les pays en développement Parties qui sont particulièrement vulnérables aux effets défavorables des *changements climatiques* à financer le coût de l'*adaptation*.

### Mécanismes de Kyoto (également appelés mécanismes de flexibilité)

Mécanismes économiques fondés sur des principes du marché, auxquels les Parties au *Protocole de Kyoto* peuvent recourir pour atténuer les incidences économiques possibles des mesures de réduction des émissions de *gaz à effet de serre*. Ces mécanismes comprennent en particulier la *mise en œuvre conjointe* (article 6), le *mécanisme pour un développement « propre »* (article 12) et l'*échange de droits d'émission* (article 17).

### Mesure métrique

Mesure cohérente d'une caractéristique d'un objet ou d'une activité qui est autrement difficile à quantifier.

### Mesures

Technologies, procédés ou pratiques visant à réduire les émissions de *gaz à effet de serre* ou leurs effets en deçà des niveaux anticipés pour l'avenir. Il peut s'agir, par exemple, de *technologies en matière d'énergies renouvelables*, de *procédés de réduction au minimum des déchets* ou d'*incitations à l'utilisation des transports en commun*. Voir également *Politiques*.

### Méthane (CH<sub>4</sub>)

L'un des six *gaz à effet de serre* dont les émissions doivent être réduites au titre du *Protocole de Kyoto*. Constituant principal du gaz naturel, le méthane est présent dans tous les combustibles hydrocarbonés et est aussi lié à l'élevage et à l'agriculture. Le *grisou* est le gaz que l'on trouve dans les filons de charbon.

### Mise en œuvre

Désigne les mesures prises pour satisfaire aux obligations d'un traité. Cette mise en œuvre comprend deux phases, l'une juridique et l'autre effective.

La *mise en œuvre juridique* fait référence aux dispositions législatives et réglementaires, aux décrets judiciaires et aux autres mesures (y compris les efforts déployés pour gérer les progrès) que les gouvernements prennent pour traduire les accords internationaux en lois et en politiques internes. La *mise en œuvre effective* nécessite des politiques et des programmes qui amènent un changement de comportement et des décisions des groupes cibles concernés. Ces groupes cibles prennent ensuite des mesures efficaces d'atténuation et d'adaptation. Voir aussi *Conformité*.

### Mise en œuvre conjointe (MOC)

Mécanisme de mise en œuvre axé sur le marché, défini à l'article 6 du *Protocole de Kyoto*, qui permet aux *pays visés à l'annexe I* ou aux entreprises établies dans ces pays de mettre en route des projets conjoints visant à limiter ou à réduire les émissions de *gaz à effet de serre* ou à renforcer les absorptions par les puits et d'échanger des unités de réduction des émissions. Ce processus de mise en œuvre conjointe est également mentionné à l'alinéa a du paragraphe 2 de l'article 4 de la *Convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC)*. Voir également *Mécanismes de Kyoto* ; *Activités exécutées conjointement*.

### Mode de développement

Évolution basée sur un réseau de caractéristiques technologiques, économiques, sociales, institutionnelles, culturelles, biologiques et physiques qui déterminent les relations réciproques entre les *systèmes humains* et naturels, y compris les schémas de production et de consommation dans tous les pays, à une échelle temporelle donnée. Les *modes alternatifs de développement* se rapportent à diverses

évolutions possibles en matière de développement, la continuation de l'évolution actuelle ne constituant qu'un mode parmi bien d'autres.

### Modèle

Voir *Modèle climatique* ; *Modèle ascendant* ; *Modèle descendant*.

### Modèle climatique

Représentation numérique du *système climatique* fondée sur les propriétés physiques, chimiques et biologiques de ses composantes et sur leurs processus d'interaction et de *rétroaction* et qui tient compte de la totalité ou d'une partie de ses propriétés connues. Le système climatique peut être représenté par des modèles d'une complexité variable : autrement dit, pour une composante ou une combinaison de composantes donnée, on peut définir un spectre ou une hiérarchie de modèles différant par certains aspects tels que le nombre de dimensions spatiales, le degré de représentation explicite des processus physiques, chimiques ou biologiques ou le degré d'inclusion de paramétrisations empiriques. Les *modèles de la circulation générale couplés atmosphère océan (MCGAO)* fournissent une représentation d'ensemble du système climatique, qui est une des plus complètes du spectre actuellement disponible. Une évolution se dessine vers des modèles plus complexes à chimie et biologie interactives (voir chapitre 8 du rapport du Groupe de travail I). Les modèles climatiques sont des outils de recherche pour l'étude et la simulation du *climat* et servent aussi à des fins opérationnelles, notamment pour les *prévisions climatiques* mensuelles, saisonnières et interannuelles.

### Modèle descendant

Modèle appliquant la théorie macroéconomique et diverses techniques économétriques et d'optimisation pour regrouper des variables économiques. Au moyen de données historiques sur la consommation, les prix, les revenus et les coûts des facteurs de production, les modèles descendants évaluent la demande finale de biens et de services ainsi que l'offre émanant de secteurs de premier plan tels que ceux de l'énergie, des transports, de l'agriculture et de l'industrie. Certains modèles descendants prennent en compte des données technologiques, ce qui les rapproche des *modèles ascendants*.

### Modèles ascendants

Modèles rendant compte de la réalité par agrégation des caractéristiques d'activités et de processus particuliers, compte tenu d'informations d'ordre technique, technologique et financier les concernant. Voir aussi *Modèles descendants*.

### Modes de variabilité climatique

La variabilité naturelle du *système climatique*, en particulier à l'échelle de la saison ou à plus long terme, se manifeste principalement selon des configurations spatiales et des échelles temporelles bien définies, par le biais des caractéristiques dynamiques de la circulation atmosphérique et de ses interactions avec les terres émergées et les océans. Ces configurations sont souvent qualifiées de *régimes*, de *modes* ou de *téléconnexions*. L'oscillation nord atlantique (NAO), la téléconnexion Pacifique Amérique du Nord (PNA), le phénomène *El Niño-oscillation australe (ENSO)*, le Mode annulaire boréal (NAM ; anciennement dénommé « oscillation arctique ») et le Mode annulaire austral (SAM ; anciennement dénommé « oscillation antarctique ») en sont des exemples. Bon nombre de modes de variabilité climatique importants sont évoqués à la section 3.6 du rapport du Groupe de travail I.

### Modification climatique

Modification brusque ou saute des valeurs moyennes, signalant un changement de régime du climat (voir *Modes de variabilité climatique*). Se réfère le plus souvent à la modification climatique de 1976 1977 qui semble correspondre à un changement de comportement du phénomène *El Niño-oscillation australe (ENSO)*.

### Morbidité

Fréquence d'une maladie ou de tout autre trouble de santé dans une population donnée, compte tenu du taux de morbidité par âge. Parmi les indicateurs de morbidité figurent l'incidence ou la prévalence des maladies chroniques, les taux d'hospitalisation, les consultations pour soins de santé primaires, les jours de congés-maladie (jours d'absence au travail) et la prévalence des symptômes.

### Mortalité

Fréquence des décès au sein d'une population sur une période de temps donnée ; pour calculer la mortalité, on tient compte du taux de mortalité par âge, ce qui permet de déterminer l'espérance de vie et la proportion des morts prématurées.

### Mousson

Inversion saisonnière tropicale et subtropicale des vents au sol et des précipitations associées, due à l'échauffement différentiel entre une masse continentale et l'océan adjacent. Les pluies de mousson se produisent principalement au-dessus des terres en été.

## N.

### Nappe glaciaire (ou inlandsis)

Masse de glace terrestre suffisamment épaisse pour recouvrir la majeure partie des formations rocheuses sous jacentes, de sorte que sa forme est déterminée principalement par sa dynamique interne (écoulement de la glace à mesure qu'elle se déforme intérieurement et/ou qu'elle glisse à sa base). Une nappe glaciaire se déplace à partir d'un haut plateau central selon une très faible pente moyenne en surface. Ses bords sont fortement inclinés, et la glace s'écoule par le biais de courants de glace rapides ou de *glaciers* émissaires, parfois dans la mer ou dans des plates formes de glace flottant sur la mer. Il n'existe actuellement que trois grandes nappes glaciaires, une au Groenland et deux en Antarctique – les nappes glaciaires antarctiques est et ouest –, séparées par la chaîne transantarctique. Les nappes glaciaires étaient plus nombreuses pendant les périodes glaciaires.

### Niveau de compréhension scientifique (NCSc)

Indice sur une échelle de cinq niveaux (haut, moyen, moyen-faible, faible et très faible) servant à caractériser le degré de compréhension scientifique des agents de *forçage radiatif* qui influent sur le *changement climatique*. Pour chaque agent, l'indice représente une appréciation subjective des indications disponibles sur les mécanismes physico-chimiques déterminant le forçage et du degré de consensus au sujet de l'estimation quantitative et de l'*incertitude* liée à cette estimation.

### Niveau moyen de la mer

Généralement défini comme le niveau relatif moyen de la mer sur une période donnée (un mois ou une année, par exemple), suffisamment longue pour qu'il soit possible d'établir une moyenne pour des phénomènes transitoires tels que les vagues ou les marées. Le *niveau relatif de la mer* est mesuré à l'aide d'un marégraphe par rapport au lieu d'implantation de ce dernier. Voir *Variation/élévation du niveau de la mer*.

### Normes

Ensemble de règles ou de codes prescrivant ou définissant les performances des produits (classification, dimensions, caractéristiques, méthodes d'essai, règles d'utilisation, etc.). Les *normes relatives aux produits, aux technologies ou aux performances* établissent les prescriptions minimales requises pour les produits ou les technologies concernés. Les normes imposent une réduction des émissions de *gaz à effet de serre* liées à la fabrication ou à l'utilisation des produits et/ou à l'application des technologies employées.

## O.

### Objectifs du Millénaire pour le développement (OMD)

Ensemble d'objectifs à échéance déterminée et mesurables visant à lutter contre la pauvreté, la famine, les maladies, l'analphabétisme, la discrimination à l'égard des femmes et la dégradation de l'environnement, adoptés en 2000 lors du Sommet du Millénaire des Nations Unies.

### Obstacle

Toute difficulté qui s'oppose à la réalisation d'un but ou d'un potentiel d'*adaptation* ou d'*atténuation* et qui peut être surmontée ou atténuée par une politique, un programme ou une mesure. Le processus de *suppression des obstacles* comprend la correction directe des défaillances du marché ou la diminution des coûts de transaction dans les secteurs public et privé, notamment par l'amélioration des capacités institutionnelles, la réduction des risques et des incertitudes, la facilitation des opérations de bourse et le renforcement des politiques de réglementation.

### Onde de tempête

Élévation temporaire du niveau de la mer, en un lieu donné, en raison de conditions météorologiques extrêmes (basse pression atmosphérique et/ou vents forts). L'onde de tempête est définie comme la différence entre la marée effective et la marée habituellement prévue à l'endroit et au moment considérés.

### Organisation non gouvernementale (ONG)

Groupe ou association à but non lucratif, organisé en dehors des structures politiques institutionnalisées en vue d'atteindre des objectifs sociaux et/ou environnementaux particuliers ou de servir la cause de groupes d'intérêt particuliers. Source : <http://www.edu.gov.nf.ca/curriculum/teched/resources/glos-biodiversity.html>.

### Oxyde nitreux (N<sub>2</sub>O)

L'un des six *gaz à effet de serre* dont il est prévu de réduire les émissions au titre du *Protocole de Kyoto*. L'agriculture (gestion des sols et des effluents d'élevage) est la principale source anthropique d'oxyde nitreux, même si l'épuration des eaux usées, la combustion des combustibles fossiles et les procédés de l'industrie chimique jouent également un rôle important à cet égard. L'oxyde nitreux est aussi émis naturellement par toute une série de sources biologiques dans les sols

et dans l'eau, et notamment par l'action microbienne dans les forêts tropicales humides.

### Ozone (O<sub>3</sub>)

Forme triatomique de l'oxygène (O<sub>2</sub>), l'ozone est un constituant gazeux de l'*atmosphère*. Dans la *troposphère*, il se forme naturellement, mais aussi par suite de réactions photochimiques faisant intervenir des gaz dus à l'activité humaine (smog). L'ozone troposphérique agit comme un *gaz à effet de serre*. Dans la *stratosphère*, l'ozone résulte de l'interaction du rayonnement ultraviolet solaire et de l'oxygène moléculaire (O<sub>2</sub>). 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.

## P.

### Paléoclimat

*Climat* propre à des périodes antérieures à l'invention d'instruments de mesure, y compris pour les temps historiques et géologiques, pour lesquels nous ne disposons que de données climatiques indirectes.

### Paludisme

Maladie parasitaire endémique ou épidémique causée par un parasite protozoaire du genre *Plasmodium* et transmise par les moustiques du genre *Anopheles* ; provoque de fortes fièvres et des troubles systémiques, touche environ 300 millions de personnes et cause la mort de quelque 2 millions de personnes chaque année.

### Parité de pouvoir d'achat (PPA)

Le pouvoir d'achat d'une monnaie s'évalue au moyen d'un ensemble de biens et de services qui peuvent être achetés avec un certain montant dans le pays d'origine. Par exemple, pour comparer sur le plan international le *produit intérieur brut (PIB)* de différents pays, on peut se fonder sur le pouvoir d'achat des monnaies plutôt que sur les taux de change actuels. Les évaluations de la parité de pouvoir d'achat ont tendance à sous estimer le PIB par habitant des pays industrialisés et à surestimer le PIB par habitant des pays en développement.

### Partie prenante

Personne ou organisation ayant un intérêt légitime dans un projet ou une entité ou qui pourrait subir les effets de certaines mesures ou *politiques*.

### Pays à économie en transition

Pays dont l'économie passe d'un système d'économie planifiée à une économie de marché.

### Pays visés à l'annexe I

Groupe de pays figurant dans l'annexe I (sous sa forme amendée en 1998) de la *Convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC)*, comprenant tous les pays faisant partie de l'OCDE en 1990 ainsi qu'un certain nombre de pays à économie en transition. Conformément aux articles 4.2(a) et 4.2(b) de la Convention, les pays visés à l'annexe I s'engagent à ramener individuellement ou conjointement à leurs niveaux de 1990 les émissions de gaz à *effet de serre* d'ici à 2000. Les autres pays sont appelés, par défaut, *pays ne figurant pas dans l'annexe I*. Pour consulter la liste des pays visés à l'annexe I, voir le site <http://unfccc.int>.

### Pays visés à l'annexe II

Groupe de pays figurant dans l'annexe II de la *Convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC)*, comprenant tous les pays faisant partie de l'OCDE en 1990. Conformément à l'article 4.2(g) de la Convention, ces pays s'engagent à fournir des ressources financières afin d'aider les pays en développement à s'acquitter de leurs obligations, notamment pour ce qui concerne l'établissement des communications nationales. Les pays visés à l'annexe II sont aussi censés faciliter le transfert de technologies écologiquement rationnelles aux pays en développement. Pour consulter la liste des pays visés à l'annexe II, voir le site <http://unfccc.int>.

### Pays visés à l'annexe B

Pays figurant dans l'annexe B du *Protocole de Kyoto* qui sont convenus d'un objectif précis pour leurs émissions de gaz à effet de serre et comprenant tous les *pays visés à l'annexe I* (sous sa forme amendée de 1998), à l'exception de la Turquie et du Bélarus. Pour consulter la liste des pays visés à l'annexe I, voir le site <http://unfccc.int>. Voir *Protocole de Kyoto*.

### Percentile

Sur une échelle de 100, valeur indiquant le pourcentage des valeurs d'un ensemble de données qui lui sont égales ou inférieures. Le percentile est souvent utilisé pour évaluer les extrêmes d'une répartition. Par exemple, le quatre-vingt-dixième

(ou le dixième) percentile peut servir de seuil pour les extrêmes supérieurs (ou inférieurs).

### Pergélisol

Sol (sol proprement dit ou roche, y compris la glace et les substances organiques) dont la température reste égale ou inférieure à 0 °C pendant au moins deux années consécutives (Van Everdingen, 1998). Voir aussi *Gélisol*.

### Période interglaciaire

Période chaude entre deux glaciations d'une période glaciaire. La période interglaciaire précédente, qui a eu lieu il y a 129 000 à 116 000 ans environ, est appelée *dernière période interglaciaire* (AMS, 2000).

### Permis négociable

Instrument de politique économique qui permet d'échanger des droits à polluer (dans le cas présent pour l'émission d'une certaine quantité de *gaz à effet de serre*) dans le cadre d'un marché de permis libre ou contrôlé. Un *permis d'émission* est un droit d'émission d'une quantité donnée d'une substance, non transférable ou négociable, accordé par un gouvernement à une entité légale (une entreprise ou une autre source d'émission).

### pH

Mesure adimensionnelle de l'acidité de l'eau (ou de toute autre solution). L'eau pure a un pH égal à 7. Les solutions acides ont un pH inférieur à 7 et les solutions basiques ont un pH supérieur à 7. Le pH est mesuré sur une échelle logarithmique. Par conséquent, une diminution du pH de une unité correspond à un décuplement de l'acidité.

### Phénologie

Étude des phénomènes naturels périodiques (par exemple les stades de développement ou la migration) et de leur rapport avec le *climat* et les changements saisonniers.

### Photosynthèse

Processus par lequel les plantes vertes, les algues et certaines bactéries absorbent le *dioxyde de carbone* de l'air (ou le bicarbonate de l'eau) pour produire des hydrates de carbone et rejettent de l'oxygène. La photosynthèse s'effectue selon des processus qui varient en fonction de la concentration de dioxyde de carbone dans l'atmosphère. Voir également *Fertilisation par le dioxyde de carbone*.

### Piégeage

Incorporation d'une substance potentiellement nocive dans un réservoir. Le piéage de substances contenant du carbone, en particulier le *dioxyde de carbone*, est souvent appelé *fixation* (du carbone).

### Piégeage et stockage du (dioxyde de) carbone

Processus consistant à extraire le *dioxyde de carbone* des sources d'émissions industrielles et énergétiques, à le transporter vers un site de stockage et à l'isoler de l'*atmosphère* pendant une longue période de temps.

### Pile à combustible

Pile produisant de l'électricité de façon directe et continue à partir d'une réaction électrochimique contrôlée de l'hydrogène ou d'un autre combustible et de l'oxygène. Lorsque l'hydrogène sert de combustible, la réaction produit uniquement de l'eau (et pas de *dioxyde de carbone*) et de la chaleur, laquelle peut être utilisée. Voir *Production combinée de chaleur et d'électricité*.

### Plancton

Microorganismes vivant dans les couches supérieures des milieux aquatiques. Il convient de distinguer le *phytoplancton*, qui tire son énergie de la *photosynthèse*, et le *zooplancton*, qui se nourrit de phytoplancton.

### Politiques

Dans le contexte de la *Convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC)*, les politiques sont engagées et/ou prescrites par un gouvernement – souvent de concert avec les milieux d'affaires et des entreprises établies dans le pays considéré ou avec d'autres pays –, afin d'accélérer l'application des mesures d'*atténuation* et d'*adaptation*. Au nombre des politiques figurent les taxes sur le carbone ou autres taxes sur l'énergie et les normes en matière de rendement des carburants pour les véhicules automobiles. Par *politiques communes et coordonnées* ou *politiques harmonisées*, on entend les politiques adoptées conjointement par les Parties à la Convention. Voir également *Mesures*.

## Population autochtone

Il n'existe pas de définition du terme « population autochtone » qui soit reconstruite sur le plan international. Au nombre des critères communs souvent retenus par le droit international et les organismes des Nations Unies pour caractériser les populations autochtones figurent : la résidence dans ou l'attachement à des habitats traditionnels géographiquement distincts, des territoires ancestraux et leurs ressources naturelles ; le maintien d'identités culturelles et sociales ainsi que d'institutions sociales, économiques, culturelles et politiques autres que celles des sociétés ou cultures dominantes ; le fait d'être issu de populations présentes dans une région donnée, généralement avant la création d'États ou de territoires modernes et avant l'établissement des frontières actuelles ; enfin, le fait de se considérer comme faisant partie d'un groupe culturel indigène distinct et la volonté de préserver son identité culturelle.

## Possibilités

Circonstances permettant de réduire l'écart entre le *potentiel de marché* d'une technologie ou d'une méthode et le *potentiel économique* ou technique.

## Post SRES (scénarios)

*Scénarios d'émissions* en matière de situation de départ et d'atténuation, publiés après parachèvement du rapport spécial du GIEC consacré aux scénarios d'émissions (SRES) (Nakićenović et Swart, 2000), c'est à dire après l'an 2000.

## Potentiel d'atténuation

Dans le contexte d'une *atténuation* des effets des *changements climatiques*, le potentiel d'atténuation est le degré d'atténuation qui pourrait être – mais n'est pas encore – atteint à la longue.

Le *potentiel de marché* correspond au potentiel d'atténuation fondé sur les *coûts* et les *taux d'actualisation* privés, dont on peut escompter la réalisation dans les conditions prévues du marché, y compris pour ce qui concerne les politiques et les mesures actuellement en cours, compte tenu du fait qu'un certain nombre d'*obstacles* limitent la mise en œuvre effective. Les coûts et les taux d'actualisation privés reflètent le point de vue des entreprises et des consommateurs privés.

Le *potentiel économique* correspond au potentiel d'atténuation qui prend en compte les coûts et avantages et les taux d'actualisation sociaux, étant entendu que les politiques et les mesures mises en œuvre renforcent l'efficacité du marché et que les obstacles sont levés. Les coûts et les taux d'actualisation sociaux reflètent le point de vue de la société. Les taux d'actualisation sociaux sont inférieurs à ceux utilisés par les investisseurs du secteur privé.

Les études du potentiel de marché peuvent servir à informer les décideurs du potentiel d'atténuation correspondant aux politiques et aux obstacles existants, alors que les études du potentiel économique indiquent ce qui peut être réalisé si de nouvelles politiques ou des politiques complémentaires appropriées sont mises en œuvre pour lever les obstacles et prendre en compte les coûts et avantages sociaux. De fait, le potentiel économique est généralement supérieur au potentiel de marché.

Le *potentiel technique* indique dans quelle mesure il est possible de réduire les émissions de *gaz à effet de serre* ou d'améliorer le rendement énergétique en appliquant des techniques ou des méthodes déjà éprouvées. S'il n'est pas fait explicitement référence aux coûts, l'adoption de « contraintes pratiques » peut nécessiter la prise en compte de considérations économiques implicites.

## Potentiel de marché

Voir *Potentiel d'atténuation*.

## Potentiel de réchauffement global (PRG)

Indice fondé sur les propriétés radiatives d'un mélange homogène de *gaz à effet de serre*, qui sert à mesurer le *forçage radiatif* d'une unité de masse d'un tel mélange dans l'*atmosphère* actuelle, intégré pour un horizon temporel donné par rapport à celui du *dioxyde de carbone*. Le PRG représente l'effet combiné des temps de séjour différents de ces gaz dans l'atmosphère et de leur pouvoir relatif d'absorption du *rayonnement infrarouge thermique* sortant. Le *Protocole de Kyoto* est basé sur des PRG à partir d'émissions d'impulsions sur une durée de 100 ans.

## Potentiel économique (d'atténuation)

Voir *Potentiel d'atténuation*.

## Préindustriel

Voir *Révolution industrielle*.

## Prévision

Voir *Prévision climatique* ; *Projection climatique* ; *Projection*.

## Prévision climatique

Une prévision climatique est le résultat d'une tentative d'estimation de l'évolution réelle du *climat* à l'avenir (à des échelles de temps saisonnières, interannuelles ou à long terme, par exemple). Comme il est possible que l'évolution future du *système climatique* soit fortement influencée par les conditions initiales, de telles prévisions sont, en général, de nature probabiliste. Voir également *Projection climatique* ; *Scénario climatique*.

## Probabilité

La probabilité de réalisation d'un événement ou d'un résultat, lorsqu'une telle estimation probabiliste est possible, est exprimée dans les rapports du GIEC à l'aide d'une terminologie standard indiquée ci après :

Terminologie	Probabilité de réalisation d'un événement ou d'un résultat
Pratiquement certain	Probabilité de réalisation supérieure à 99 %
Très probable	Probabilité supérieure à 90 %
Probable	Probabilité supérieure à 66 %
Plus probable qu'improbable	Probabilité supérieure à 50 %
À peu près aussi probable qu'improbable	Probabilité de 33 à 66 %
Improbable	Probabilité inférieure à 33 %
Très improbable	Probabilité inférieure à 10 %
Exceptionnellement improbable	Probabilité inférieure à 1 %

Voir aussi *Confiance* ; *Incertitude*.

## Production combinée de chaleur et d'électricité

Utilisation de la chaleur dissipée par les centrales thermiques – par exemple, la chaleur dégagée par les turbines à vapeur à condensation ou à l'échappement des turbines à gaz – à des fins industrielles ou pour le chauffage à distance. Synonyme de cogénération.

## Produit intérieur brut (PIB)

Valeur monétaire de tous les biens et services produits dans un pays donné.

## Projection

Indication de l'évolution future possible d'une grandeur ou d'un ensemble de grandeurs, souvent calculée à l'aide d'un modèle. Les projections se distinguent des prévisions en ce sens qu'elles reposent sur des hypothèses concernant par exemple l'évolution des conditions socioéconomiques ou des techniques qui peuvent ou non se concrétiser et qu'elles sont donc sujettes à une forte *incertitude*. Voir également *Projection climatique* ; *Prévision climatique*.

## Projection climatique

*Projection* de la réaction du *système climatique* à des *scénarios d'émissions* ou de concentration de *gaz à effet de serre* et d'*aérosols* ou à des scénarios de *forçage radiatif*, basée généralement sur des simulations par des *modèles climatiques*. Les projections climatiques se distinguent des *prévisions climatiques* par le fait qu'elles sont fonction des scénarios d'émissions, de concentration ou de forçage radiatif utilisés, qui reposent sur des hypothèses concernant, par exemple, l'évolution socioéconomique et technologique à venir. Or, ces hypothèses peuvent se réaliser ou non, et sont donc sujettes à une forte *incertitude*.

## Protocole de Kyoto

Le Protocole de Kyoto à la *Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC)* a été adopté en 1997 à Kyoto (Japon), lors de la troisième session de la Conférence des Parties (CdP) de la CCNUCC. Il comporte des engagements contraignants, en plus de ceux qui figurent dans la CCNUCC. Les *pays visés à l'annexe B* du Protocole (la plupart des pays de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) et des *pays à économie en transition*) se sont engagés à ramener leurs émissions *anthropiques* de *gaz à effet de serre* (*dioxyde de carbone*, *méthane*, *oxyde nitreux*, *hydrofluorocarbones*, *hydrocarbures perfluorés* et *hexafluorure de soufre*) à 5 % au moins au dessous de leurs niveaux de 1990 pendant la période d'engagement (2008-2012). Le Protocole de Kyoto est entré en vigueur le 16 février 2005.

## Puits

Tout processus, activité ou mécanisme qui élimine de l'*atmosphère* un *gaz à effet de serre*, un *aérosol* ou un précurseur de gaz à effet de serre ou d'aérosol.

## R.

### Rayonnement infrarouge thermique

Rayonnement émis par la surface de la Terre, l'*atmosphère* et les nuages. Également connu sous le nom de *rayonnement terrestre* ou de *rayonnement de grandes longueurs d'onde*, il ne doit pas être confondu avec le rayonnement dans le proche infrarouge, qui fait partie du spectre solaire. Le rayonnement infrarouge correspond en général à une gamme particulière de longueurs d'onde (*spectre*) supérieures à celle de la couleur rouge dans la partie visible du spectre. Le spectre du rayonnement infrarouge thermique diffère de celui du rayonnement de courtes longueurs d'onde ou *rayonnement solaire* en raison de la différence de température entre le Soleil et le système Terre-atmosphère.

### Rayonnement solaire

Rayonnement électromagnétique émis par le Soleil. Également appelé *rayonnement de courtes longueurs d'onde*. Le rayonnement solaire correspond à une gamme de longueurs d'onde (un spectre) très précise, déterminée par la température du Soleil, qui atteint son maximum dans les longueurs d'onde visibles. Voir également *Rayonnement infrarouge thermique* ; *Éclairement énergétique solaire total (TSI)*.

### Reboisement

Plantation de *forêts* sur des terres anciennement forestières, mais converties à d'autres usages. Pour une analyse détaillée du terme forêt et de termes apparentés tels que *boisement*, *reboisement* ou *déboisement*, on se reportera au rapport spécial du GIEC intitulé « Land Use, Land Use Change, and Forestry » (Utilisation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie) (IPCC, 2000). Voir également le rapport intitulé « Definitions and Methodological Options to Inventory Emissions from Direct Human-induced Degradation of Forests and Devegetation of Other Vegetation Types » (Définitions et options méthodologiques en ce qui concerne les inventaires des émissions résultant de la dégradation des forêts et de la disparition d'autres types de végétaux directement liées aux activités humaines) (IPCC, 2003).

### Récifs de corail

Structures calcaires ressemblant à des rochers édifiées par les *coraux* le long des côtes océaniques (*récifs côtiers*) ou sur les bancs ou les plates formes continentales immergés à faible profondeur (*récifs barrières*, *atolls*), surtout présentes dans les eaux océaniques tropicales et subtropicales.

### Récupération du méthane

Technique consistant à piéger les émissions de *méthane* rejetées, en particulier, par les puits de pétrole ou de gaz, les mines de charbon, les tourbières, les gazoducs, les décharges et les digesteurs anaérobies et à les utiliser comme combustibles ou à d'autres fins économiques (charges d'alimentation, par exemple).

### Région

Territoire se caractérisant par un certain nombre de particularités géographiques ou climatologiques. Le *climat* d'une région est soumis à l'influence de forçages à l'échelle locale et régionale tels que le relief, les modes d'*utilisation des terres* ou la présence de lacs ainsi qu'aux influences plus lointaines d'autres régions.

### Remise à niveau

Fait d'ajouter à une *infrastructure* existante des éléments ou des équipements nouveaux ou modifiés ou de lui apporter des modifications structurelles qui, au moment de sa construction, n'étaient pas disponibles ou n'étaient pas considérées comme nécessaires. Dans le contexte du *changement climatique*, la remise à niveau a généralement pour objet de faire en sorte que l'infrastructure existante satisfasse aux nouvelles spécifications de conception parfois imposées par l'altération des conditions climatiques.

### Rendement énergétique

Rapport de la quantité d'*énergie* utile produite par un procédé de conversion ou un système à la quantité d'énergie consommée.

### Réponse climatique

Voir *Sensibilité du climat*.

### Résilience

Capacité d'un système social ou écologique d'absorber des perturbations tout en conservant sa structure de base et ses modes de fonctionnement, la capacité de s'organiser et la capacité de s'adapter au stress et aux changements.

### Rétroaction

Voir *Rétroaction climatique*.

### Rétroaction climatique

Un mécanisme d'interaction de certains processus du *système climatique* est appelé rétroaction climatique lorsque le résultat d'un processus initial provoque, dans un second processus, des changements qui influent à leur tour sur le processus initial. Une rétroaction positive renforce le processus initial, alors qu'une rétroaction négative l'atténue.

### Rétroaction d'albédo

*Rétroaction climatique* entraînant des changements dans l'*albédo* terrestre. Ce terme s'applique généralement à des changements dans la *cryosphère*, dont l'albédo est bien supérieur (~0,8) à l'albédo terrestre moyen (~0,3). En cas de réchauffement du climat, on prévoit que la cryosphère pourrait rétrécir, que l'albédo global de la terre diminuerait et qu'une plus grande quantité d'énergie solaire serait absorbée, ce qui entraînerait un réchauffement encore plus important de la Terre.

### Rétroaction nuageuse

*Rétroaction climatique* se caractérisant par des changements de n'importe quelle propriété des nuages en réponse à d'autres changements atmosphériques. Pour pouvoir comprendre les rétroactions nuageuses et déterminer leur ampleur et leur signe, il est indispensable de comprendre en quoi un *changement climatique* peut influencer sur les différents types de nuages, sur la nébulosité et la hauteur des nuages et sur leurs propriétés radiatives et d'évaluer l'incidence de ces changements sur le bilan radiatif de la Terre. Pour l'heure, les rétroactions nuageuses constituent la principale source d'*incertitude* des estimations de la *sensibilité du climat*. Voir également *Forçage radiatif*.

### Révolution industrielle

Période de croissance industrielle rapide aux profondes répercussions sociales et économiques, qui a débuté en Angleterre pendant la deuxième moitié du XVIII<sup>e</sup> siècle et s'est poursuivie en Europe, puis dans d'autres pays, dont les États Unis. L'invention de la machine à vapeur a été un facteur majeur de cette évolution. La révolution industrielle marque le début d'une augmentation importante de l'utilisation des *combustibles fossiles* et des émissions, notamment de *dioxyde de carbone* fossile. Dans le présent rapport, les termes « préindustriel » et « industriel » se réfèrent respectivement, de manière quelque peu arbitraire, aux époques antérieure et postérieure à 1750.

### Ruissellement

Partie des précipitations qui ne s'évapore pas ou ne transpire pas, mais qui s'écoule à la surface du sol et se déverse dans les masses d'eau. Voir *Cycle hydrologique*.

## S.

### Salinisation

Accumulation de sels dans les sols.

### Scénario

Description vraisemblable et souvent simplifiée de ce que nous réserve l'avenir, fondée sur un ensemble cohérent et intrinsèquement homogène d'hypothèses concernant les principales relations et forces motrices en jeu. Les scénarios peuvent être établis à partir de *projections*, mais sont souvent basés sur des informations complémentaires émanant d'autres sources, parfois accompagnées d'un « canevas circonstancié ». Voir également *Scénarios SRES* ; *Scénario climatique* ; *Scénario d'émissions*.

### Scénario climatique

Représentation vraisemblable et souvent simplifiée du *climat* futur, fondée sur un ensemble intrinsèquement cohérent de relations climatologiques et établie expressément pour déterminer les conséquences possibles des *changements climatiques anthropiques*, qui sert souvent à alimenter les modèles d'impact. Les *projections climatiques* servent fréquemment de matière première aux scénarios climatiques, quoique ces derniers nécessitent généralement des informations supplémentaires, par exemple sur le climat observé actuellement. Un *scénario de changement climatique* correspond à la différence entre un scénario climatique et le climat actuel.

### Scénario d'émissions

Représentation plausible de l'évolution future des émissions de substances susceptibles d'avoir des effets radiatifs (*gaz à effet de serre*, *aérosols*, par exemple), fondée sur un ensemble cohérent et homogène d'hypothèses relatives aux éléments moteurs (évolution démographique et socio-économique, progrès technologique, etc.) et à leurs interactions principales. Les *scénarios de concentration*, découlant des scénarios d'émissions, servent d'entrées dans les *modèles climatiques* pour le calcul des *projections climatiques*. Le GIEC a présenté en 1992 un ensemble de scénarios d'émissions qui lui ont servi à établir des projections climatiques (1996).

Ces scénarios d'émissions ont été appelés *scénarios IS92*. Dans le rapport spécial du GIEC consacré aux scénarios d'émissions (Nakičenič et Swart, 2000), de nouveaux scénarios d'émissions, appelés « scénarios SRES », ont été publiés. Pour le sens de certains termes concernant ces scénarios, voir *Scénarios SRES*.

### Scénarios SRES

*Scénarios d'émissions* élaborés par Nakičenič et Swart (2000), sur lesquels sont notamment fondées certaines *projections climatiques* présentées dans le quatrième Rapport d'évaluation. Les définitions ci après permettent de mieux comprendre l'agencement et l'utilisation de l'ensemble de ces scénarios :

*Famille de scénarios* : Scénarios fondés sur le même canevas pour ce qui est de l'évolution démographique, sociétale, économique et technologique. L'ensemble des scénarios SRES comprend quatre familles de scénarios : A1, A2, B1 et B2.

*Scénario illustratif* : Scénario qui sert à l'illustration de chacun des six groupes de scénarios présentés dans le Résumé à l'intention des décideurs de Nakičenič et Swart (2000). Ces scénarios illustratifs consistent en quatre scénarios de référence révisés pour les groupes de scénarios A1B, A2, B1 et B2 ainsi qu'en deux scénarios supplémentaires pour les groupes A1FI et A1T. Tous les groupes de scénarios sont également fiables.

*Scénario de référence* : Scénario diffusé à l'origine, dans sa version préliminaire, sur le site Web consacré au SRES pour représenter une famille de scénarios donnée. Pour choisir les scénarios de référence, on s'est fondé sur les quantifications initiales qui reflétaient le mieux les canevas ainsi que sur les caractéristiques des modèles utilisés. Si les scénarios de référence ne sont ni plus ni moins vraisemblables que n'importe quel autre scénario, l'équipe de rédaction du SRES a cependant estimé qu'ils illustraient fort bien les canevas considérés. Ces scénarios – qui figurent sous une forme revue et corrigée dans Nakičenič et Swart (2000) – ont été examinés avec la plus grande attention par toute l'équipe de rédaction et dans le cadre du processus ouvert propre au SRES. Des scénarios ont également été choisis pour illustrer les deux autres groupes de scénarios.

*Canevas* : Description circonstanciée d'un scénario (ou d'une famille de scénarios), qui met en lumière les principales caractéristiques du scénario, les relations entre les principaux éléments moteurs et la dynamique de leur évolution.

### Sécheresse

En termes généraux, la sécheresse est « une absence prolongée ou une insuffisance marquée des précipitations », « une insuffisance des précipitations entraînant une pénurie d'eau pour certaines activités ou certains groupes » ou « une période de temps anormalement sec suffisamment longue pour que le manque de précipitations cause un déséquilibre hydrologique sérieux » (Heim, 2002). La sécheresse est définie de plusieurs façons. La *sécheresse agricole* désigne un déficit hydrique dans la couche supérieure (1 mètre environ) du sol (la zone racinaire), qui affecte les cultures ; la *sécheresse météorologique* est essentiellement un manque prolongé de précipitations ; quant à la *sécheresse hydrologique*, elle se caractérise par un débit des cours d'eau et un niveau des lacs et des nappes souterraines inférieurs à la normale. Une *mégasécheresse* est une sécheresse persistante et étendue, d'une durée très supérieure à la normale (en général une décennie ou plus).

### Sécurité alimentaire

Situation dans laquelle des personnes ont un accès assuré à une nourriture saine et nutritive en quantités suffisantes pour leur garantir une croissance normale et une vie saine et active. L'*insécurité alimentaire* peut résulter d'un manque de nourriture, d'un pouvoir d'achat insuffisant, de problèmes de distribution ou d'une mauvaise utilisation des aliments dans les ménages.

### Sensibilité

Degré auquel un système est influencé, positivement ou négativement, par la *variabilité du climat* ou les *changements climatiques*. Les effets peuvent être directs (par exemple la modification des rendements agricoles due à un changement de la valeur moyenne, de l'amplitude ou de la variabilité de la température) ou *indirects* (par exemple les dommages causés par une augmentation de fréquence des inondations côtières en raison d'une *élévation du niveau de la mer*).

Cette notion de sensibilité ne doit pas être confondue avec celle de *sensibilité du climat*, qui fait l'objet d'une définition distincte.

### Sensibilité du climat

Dans les rapports du GIEC, la sensibilité du climat à l'équilibre désigne les variations à l'équilibre de la *température à la surface du globe* annuelle moyenne à la suite d'un doublement de la *concentration d'équivalent CO<sub>2</sub>* dans l'atmosphère. En raison de contraintes informatiques, la sensibilité du climat à l'équilibre dans un *modèle climatique* est généralement estimée à l'aide d'un modèle de la circulation générale de l'atmosphère couplé à un modèle de la couche de mélange océanique, étant donné que cette sensibilité est déterminée en grande partie par des processus atmosphériques. Des modèles efficaces peuvent fonctionner à l'équilibre avec un océan dynamique.

La *réponse climatique transitoire* désigne un changement dans la *température à la surface du globe*, moyennée sur une période de 20 ans et centrée sur l'époque du doublement de la concentration de dioxyde de carbone atmosphérique, c'est-à-dire sur l'année 1970 dans le cadre d'une expérience d'augmentation de 1 % par an de la concentration d'équivalent CO<sub>2</sub> menée à l'aide d'un modèle couplé du climat mondial. C'est une mesure de l'ampleur et de la rapidité de la réaction de la température en surface au forçage dû aux *gaz à effet de serre*.

### Singularité

Caractère remarquable d'un phénomène ou d'un aspect qui le distingue des autres ; caractère de ce qui est singulier, distinct, particulier, peu courant ou inhabituel.

### Source

Tout procédé, activité ou mécanisme qui libère dans l'*atmosphère* des *gaz à effet de serre*, des *aérosols* ou des précurseurs de gaz à effet de serre ou d'aérosols. Le terme source peut aussi se rapporter à une source d'*énergie*, par exemple.

### Stabilisation

Maintien à un niveau stable de la concentration atmosphérique d'un ou de plusieurs *gaz à effet de serre* (par exemple le *dioxyde de carbone*) ou d'un ensemble de gaz à effet de serre exprimés en *équivalent CO<sub>2</sub>*. Les analyses ou les *scénarios* de stabilisation concernent la stabilisation de la concentration des gaz à effet de serre dans l'*atmosphère*.

### Stratosphère

Région très stratifiée de l'*atmosphère* située au-dessus de la *troposphère* et s'étendant de 10 kilomètres (9 kilomètres aux hautes latitudes et 16 kilomètres en zone tropicale en moyenne) à 50 kilomètres d'altitude environ.

### Stress hydrique

Un pays est soumis à un stress hydrique lorsque la nécessité d'une alimentation en eau douce assurée par prélèvement d'eau est un frein au développement. Dans les évaluations à l'échelle du globe, les bassins soumis à un stress hydrique sont souvent définis comme des bassins où les disponibilités en eau par habitant sont inférieures à 1 000 m<sup>3</sup>/an (sur la base du ruissellement moyen à long terme). Des prélèvements d'eau représentant plus de 20 % de l'alimentation en eau renouvelable sont considérés comme un indice de stress hydrique. Les cultures sont soumises à un stress hydrique si l'humidité du sol, donc l'*évapotranspiration* effective, est inférieure aux besoins potentiels en la matière.

### Substitution de combustible

En règle générale, remplacement d'un combustible B par un combustible A. Dans le cadre du débat sur les changements climatiques, on considère implicitement que le combustible A contient moins de carbone que le combustible B (remplacement du charbon par du gaz naturel, par exemple).

### Système climatique

Système extrêmement complexe comprenant cinq grands éléments (l'*atmosphère*, l'*hydrosphère*, la *cryosphère*, les terres émergées et la *biosphère*) et qui résulte de leurs interactions. Ce système évolue avec le temps sous l'effet de sa propre dynamique interne et en raison de *forçages externes* tels que les éruptions volcaniques, les variations de l'activité solaire ou les forçages *anthropiques* (par exemple les variations de la composition de l'atmosphère ou les *changements d'affectation des terres*).

### Système humain

Tout système où l'organisation humaine joue un rôle de premier plan. Souvent, mais pas toujours, synonyme de « *société* » ou de « *système social* » (système agricole, système politique, système technologique, système économique, etc.) ; tous ces systèmes sont des systèmes humains, selon l'acception retenue dans le quatrième Rapport d'évaluation.

### Systèmes hydrologiques

Voir *Cycle hydrologique*.

## T.

### Taux d'actualisation

Voir *Actualisation*.

### Taux de change du marché

Taux de change des devises. Dans la plupart des économies, ces taux sont affichés quotidiennement et varient peu au cours des échanges. Dans certains pays en développement, les taux officiels et ceux du marché noir peuvent être très différents, et la détermination exacte du taux de change du marché soulève des difficultés.

### Taxe

La *taxe sur le carbone* est un impôt sur la teneur en carbone des *combustibles fossiles*. Puisque pratiquement tout le carbone présent dans ces combustibles est en définitive rejeté sous forme de *dioxyde de carbone*, une taxe sur le carbone équivaut à une taxe sur les émissions pour chaque unité d'*équivalent-CO<sub>2</sub>* rejeté. Une *taxe sur l'énergie* – un impôt sur le contenu énergétique des combustibles – contribue à réduire la demande d'énergie et, par conséquent, les émissions de dioxyde de carbone dues à l'emploi de combustibles fossiles. Une *écotaxe* vise à influencer le comportement humain (notamment sur le plan économique), de sorte qu'il ne porte pas atteinte à l'environnement. Une *taxe internationale sur les émissions*, le *carbone* ou *l'énergie* est une taxe appliquée à certaines sources dans les pays participants en vertu d'un accord international. L'*harmonisation des taxes* est un processus en vertu duquel les pays participants s'engagent à instituer une taxe en appliquant un taux d'imposition commun aux mêmes sources. Un *crédit d'impôt* est une réduction de taxe visant à stimuler l'achat d'un produit donné ou l'investissement dans un produit, par exemple certaines techniques de réduction des émissions de GES. Une *imposition du carbone* est l'équivalent d'une taxe sur le carbone.

### Technologie

Mise en pratique de connaissances en vue d'accomplir des tâches particulières qui nécessitent à la fois des artefacts techniques (matériel et équipement) et des informations (sociales) (« logiciels », savoir-faire pour la production et l'utilisation des artefacts).

### Température à la surface du globe

Estimation de la température moyenne de l'air à la surface du globe. Cependant, pour ce qui est des changements avec le temps, seules les anomalies par rapport aux conditions climatiques normales sont utilisées, le plus souvent fondées sur la moyenne mondiale pondérée selon la surface de l'anomalie de la température de la mer en surface et de l'anomalie de la température de l'air à la surface des terres émergées.

### Température de fond

Les températures de fond sont mesurées dans des forages profonds de plusieurs dizaines à plusieurs centaines de mètres. On se sert souvent des profils de profondeur relatifs à la température de fond pour en déduire les variations dans le temps de la température à la surface du sol à l'échelle du siècle.

### Température du sol

Température du sol près de la surface (généralement sur les 10 premiers centimètres).

### Température en surface

Voir *Température à la surface du globe*.

### Trajectoire d'émissions

Évolution prévue dans le temps des émissions d'un ou de plusieurs *gaz à effet de serre*, d'*aérosols* et de précurseurs de gaz à effet de serre.

### Trajectoires des tempêtes

Terme désignant, à l'origine, les tracés de systèmes cycloniques particuliers, mais souvent utilisé de nos jours pour désigner, de façon plus générale, les *régions* où l'on observe le passage fréquent de perturbations extratropicales liées à des séries de systèmes de basses pressions (dépressionnaires ou cycloniques) et de hautes pressions (anticycloniques).

### Transfert d'émissions de carbone

Fraction des réductions d'émissions dans les *pays visés à l'annexe B* qui peut être compensée, dans des pays exempts d'obligations, par une augmentation des émissions au-dessus des niveaux de référence. Ce transfert peut être lié 1) à une

relocalisation des activités de production à forte intensité énergétique dans des régions exemptes d'obligations ; 2) à une consommation accrue de combustibles fossiles dans des régions exemptes d'obligations par suite de la baisse des prix internationaux du pétrole et du gaz découlant d'une diminution de la demande de ces formes d'énergie ; 3) à une évolution des revenus (et par conséquent de la demande d'énergie) due à une amélioration des termes de l'échange.

### Transfert de technologie

Échange de connaissances, de matériel et des logiciels connexes, de moyens financiers et de biens entre les différentes parties prenantes, qui favorise la diffusion des *technologies d'adaptation* aux changements climatiques ou d'*atténuation* de leurs effets. Sur un plan plus général, le transfert de technologie recouvre à la fois la diffusion de technologies et la mise en place d'une coopération technique dans les pays et entre les pays.

### Tropopause

Limite entre la *troposphère* et la *stratosphère*.

### Troposphère

Partie inférieure de l'*atmosphère*, s'étendant de la surface de la Terre à environ 10 kilomètres d'altitude aux latitudes moyennes (cette altitude variant en moyenne de 9 kilomètres aux latitudes élevées à 16 kilomètres en zone tropicale), où se forment les nuages et se produisent les phénomènes météorologiques. Dans la troposphère, la température diminue généralement avec l'altitude.

## U.

### Urbanisation

Conversion de terres à l'état naturel, exploitées (à des fins agricoles, par exemple) ou non, en zones urbaines ; le processus va de pair avec un exode rural, une proportion croissante de la population venant s'installer dans des établissements définis comme des *centres urbains*.

### Utilisation des terres et changement d'affectation des terres

Le terme « *utilisation des terres* » désigne l'ensemble des dispositions, activités et apports par type de couverture terrestre (ensemble d'activités humaines). Ce terme est également utilisé pour définir les objectifs sociaux et économiques de l'exploitation des terres (pâturage, exploitation forestière et conservation, par exemple).

Le terme « *changement d'affectation des terres* » désigne un changement apporté par l'homme dans l'utilisation ou la gestion des terres, qui peut entraîner une modification de la couverture terrestre. Tant cette modification que le changement d'affectation des terres peuvent avoir une incidence sur l'*albédo* de la surface du globe, l'*évapotranspiration*, les *sources* et les *puits de gaz à effet de serre* ou sur d'autres propriétés du *système climatique* et peuvent donc entraîner un *forçage radiatif* et/ou avoir d'autres répercussions sur le *climat*, à l'échelle locale ou mondiale. Voir également le rapport spécial du GIEC intitulé « Land Use, Land Use Change, and Forestry » (Utilisation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie) (IPCC, 2000).

## V.

### Variabilité du climat

Variations de l'état moyen et d'autres variables statistiques (écarts types, phénomènes extrêmes, etc.) du *climat* à toutes les échelles temporelles et spatiales au delà de la variabilité propre à des phénomènes climatiques particuliers. 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 *Changement climatique*.

### Variation/élévation du niveau de la mer

Le niveau de la mer peut varier, à l'échelle mondiale et locale, à la suite de modifications i) de la forme des bassins océaniques, ii) de la masse totale d'eau et iii) de la densité de l'eau. Au nombre des facteurs qui concourent à une élévation du niveau de la mer dans le contexte d'un réchauffement général figurent à la fois l'augmentation de la masse totale d'eau due à la fonte de la neige et de la glace présentes sur les terres émergées et les variations de la densité de l'eau dues à une hausse de la température des eaux océaniques et à des modifications de la salinité. L'*élévation relative du niveau de la mer* correspond à une augmentation locale du niveau de l'océan par rapport à la terre, qui peut être provoquée par la montée des eaux océaniques et/ou par une subsidence des terres émergées. Voir également *Niveau moyen de la mer* ; *Dilatation thermique*.

**Vecteur**

Organisme (un insecte, par exemple) susceptible de transmettre un agent pathogène d'un hôte à un autre.

**Vulnérabilité**

Mesure dans laquelle un système est sensible – ou incapable de faire face – aux effets défavorables des *changements climatiques*, y compris la *variabilité du climat* et les phénomènes extrêmes. La vulnérabilité est fonction de la nature, de l'ampleur et du rythme de l'évolution et de la variation du climat à laquelle le système considéré est exposé, de la *sensibilité* de ce système et de sa *capacité d'adaptation*.

**Z.****Zone alpine**

Zone biogéographique correspondant aux régions escarpées qui se trouvent au-dessus de la limite des arbres et caractérisée par la présence de plantes herbacées à rosettes et de plantes arbustives ligneuses à croissance lente.

**Zone aride**

Région des terres émergées à faible pluviosité, « faible » signifiant généralement que la précipitation y est inférieure à 250 millimètres par an.

**Zooplancton**

Voir *Plancton*.

**Références**

Glossaires des contributions des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du GIEC.

AMS, 2000 : *AMS Glossary of Meteorology*, 2nd Ed. American Meteorological Society, Boston, MA, <http://amsglossary.allenpress.com/glossary/browse>.

Cleveland C.J. et C. Morris, 2006 : *Dictionary of Energy*, Elsevier, Amsterdam, 502 pages.

Heim, R.R., 2002 : *A Review of Twentieth-Century Drought Indices Used in the United States*. Bull. Am. Meteorol. Soc., 83, p. 1149-1165

IPCC, 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* [Publié sous la direction de Houghton, J.T., et al.]. Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New York, NY, États Unis d'Amérique, 572 pages.

IPCC, 2000 : *Land Use, Land-Use Change, and Forestry. Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Publié sous la direction de Watson, R.T., et al.]. Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni, et New York, NY, États Unis d'Amérique, 377 pages.

IPCC, 2003 : *Definitions and Methodological Options to Inventory Emissions from Direct Human-Induced Degradation of Forests and Devegetation of Other Vegetation Types* [Publié sous la direction de Penman, J., et al.]. The Institute for Global Environmental Strategies (IGES), Japon, 32 pages.

IUCN, 1980 : *The World Conservation Strategy: living resource conservation for sustainable development*, Gland, Suisse, IUCN/UNEP/WWF.

Manning, M., et al., 2004 : *IPCC Workshop on Describing Scientific Uncertainties in Climate Change to Support Analysis of Risk of Options*. Workshop Report. Intergovernmental Panel on Climate Change, Genève.

Moss, R., et S. Schneider, 2000 : *Uncertainties in the IPCC TAR: Recommendations to Lead Authors for More Consistent Assessment and Reporting*. In: IPCC Supporting Material: Guidance Papers on Cross Cutting Issues in the Third Assessment Report of the IPCC. [Publié sous la direction de Pachauri, R., T. Taniguchi et K. Tanaka]. Intergovernmental Panel on Climate Change, Genève, p. 33–51.

Nakićenović, N., et R. Swart (Publié sous la direction de), 2000 : *Special Report on 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, États Unis d'Amérique, 599 pages.

Van Everdingen, R. (Publié sous la direction de), 1998 : *Multi-Language Glossary of Permafrost and Related Ground-Ice Terms*, édition mise à jour en mai 2005. National Snow and Ice Data Center/World Data Center for Glaciology, Boulder, CO, États Unis d'Amérique, <http://nsidc.org/fgdc/glossary/>.

# Annexe III

## Acronymes et symboles chimiques ; unités de mesure ; groupements de pays

### III.1 Acronymes et symboles chimiques

A1	Famille de scénarios dans le Rapport spécial du GIEC sur les scénarios d'émissions; voir <i>glossaire</i> , <i>Scénarios d'émissions</i>	CH <sub>4</sub>	Méthane; voir <i>glossaire</i>
A1T	L'un des six scénarios SRES de référence; voir <i>glossaire</i> , <i>Scénarios SRES</i>	CFC	Chlorofluorocarbones; voir <i>glossaire</i>
A1B	L'un des six scénarios SRES de référence; voir <i>glossaire</i> , <i>Scénarios SRES</i>	CO <sub>2</sub>	Dioxyde de carbone; voir <i>glossaire</i>
A1FI	L'un des six scénarios SRES de référence; voir <i>glossaire</i> , <i>Scénarios SRES</i>	ENSO	El Niño-oscillation australe; voir <i>glossaire</i>
A2	Famille de scénarios dans le Rapport spécial du GIEC sur les scénarios d'émissions; également l'un des six scénarios SRES de référence; voir <i>glossaire</i> , <i>Scénarios SRES</i>	PIB	Produit intérieur brut; voir <i>glossaire</i>
MCGAO	Modèle de la circulation générale couplé atmosphère-océan; voir <i>glossaire</i> , <i>Modèle climatique</i>	HCFC	Hydrochlorofluorocarbones; voir <i>glossaire</i>
B1	Famille de scénarios dans le Rapport spécial du GIEC sur les scénarios d'émissions; également l'un des six scénarios SRES de référence; voir <i>glossaire</i> , <i>Scénarios SRES</i>	HFC	Hydrofluorocarbones; voir <i>glossaire</i>
B2	Famille de scénarios dans le Rapport spécial du GIEC sur les scénarios d'émissions; également l'un des six scénarios SRES de référence; voir <i>glossaire</i> , <i>Scénarios SRES</i>	N <sub>2</sub> O	Oxyde nitreux; voir <i>glossaire</i>
		OCDE	Organisation de coopération et de développement économiques; voir <i>www.oecd.org</i>
		PFC	Hydrocarbures perfluorés; voir <i>glossaire</i>
		pH	Voir <i>glossaire</i>
		PPA	Parité de pouvoir d'achat; voir <i>glossaire</i>
		RD&D	Recherche, développement et démonstration
		SF <sub>6</sub>	Hexafluorure de soufre; voir <i>glossaire</i>
		SRES	Special Report on Emission Scenarios (Rapport spécial sur les scénarios d'émissions); voir <i>glossaire</i> , <i>Scénarios SRES</i>
		CCNUCC	Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques; voir <i>www.unfccc.int</i>

### III.2 Unités de mesure

Unités SI (Système international)					
Quantité physique	Nom de l'unité			Symbole	
longueur	mètre			m	
masse	kilogramme			kg	
temps	seconde			s	
température thermodynamique	kelvin			K	
Fractions et multiples					
Fraction	Préfixe	Symbole	Multiple	Préfixe	Symbole
10 <sup>-1</sup>	déci	d	10	déca	da
10 <sup>-2</sup>	centi	c	10 <sup>2</sup>	hecto	h
10 <sup>-3</sup>	milli	m	10 <sup>3</sup>	kilo	k
10 <sup>-6</sup>	micro	μ	10 <sup>6</sup>	méga	M
10 <sup>-9</sup>	nano	n	10 <sup>9</sup>	giga	G
10 <sup>-12</sup>	pico	p	10 <sup>12</sup>	téra	T
10 <sup>-15</sup>	femto	f	10 <sup>15</sup>	péta	P
Unités hors SI, quantités et abréviations connexes					
°C	degré Celsius (0 °C = 273 K approximativement) ; les différences de température sont également indiquées en °C (= K) plutôt que sous la forme plus correcte de « degrés Celsius ».				
ppmv	rapport de mélange (servant à mesurer la concentration des GES) : parties par million (10 <sup>6</sup> ) en volume				
ppbv	rapport de mélange (servant à mesurer la concentration des GES) : parties par milliard (10 <sup>9</sup> ) en volume				
pptv	rapport de mélange (servant à mesurer la concentration des GES) : parties par billion (10 <sup>12</sup> ) en volume				
watt	puissance ou flux énergétique ; 1 watt = 1 Joule/seconde = 1 kg m <sup>2</sup> s <sup>-3</sup>				
a	année				
ka	millier d'années				
bp	avant le présent				
GtC	gigatonne (métrique) de carbone				
GtCO <sub>2</sub>	gigatonne (métrique) de dioxyde de carbone (1 GtC = 3,7 GtCO <sub>2</sub> )				
équiv.-CO <sub>2</sub>	équivalent-dioxyde de carbone, servant à mesurer la quantité émise (généralement en équiv.-GtCO <sub>2</sub> ) ou la concentration (généralement en équiv.-ppm CO <sub>2</sub> ) de GES ; pour plus de précisions, voir l'encadré intitulé « Émissions et concentration d'équivalent-dioxyde de carbone (équiv.-CO <sub>2</sub> ) » dans la section consacrée au point 2 du présent rapport.				

### III.3 Groupements de pays

Pour plus de précisions sur l'ensemble complet des pays figurant et ne figurant pas à l'annexe I de la CCNUCC et des pays faisant partie de l'OCDE, voir <http://www.unfccc.int> et <http://www.oecd.org>.

Lorsque cela s'imposait dans le présent rapport, les pays ont été regroupés par région selon la classification de la CCNUCC et de son Protocole de Kyoto. En conséquence, les pays qui ont rejoint l'Union européenne depuis 1997 figurent encore sur la liste des pays en transition vers une économie de marché visés à l'annexe I. Les pays faisant partie des divers groupements régionaux mentionnés dans le présent rapport sont notamment les suivants\* :

- **Pays en transition visés à l'annexe I** : Bélarus, Bulgarie, Croatie, Estonie, Fédération de Russie, Hongrie, Lettonie, Lituanie, Pologne, République tchèque, Roumanie, Slovaquie, Slovénie, Ukraine
- **Pays d'Europe (plus Monaco et la Turquie) visés à l'annexe II** : Allemagne, Autriche, Belgique, Danemark, Espagne, Finlande, France, Grèce, Islande, Irlande, Italie, Liechtenstein, Luxembourg, Norvège, Pays-Bas, Portugal, Royaume-Uni, Suède, Suisse ; Monaco et Turquie
- **JANZ** : Japon, Australie, Nouvelle-Zélande
- **Moyen-Orient** : Arabie saoudite, Bahreïn, Émirats arabes unis, Israël, Jordanie, Koweït, Liban, Oman, Qatar, République islamique d'Iran, Syrie, Yémen
- **Amérique latine et Caraïbes** : Antigua-et-Barbuda, Argentine, Bahamas, Barbade, Belize, Bolivie, Brésil, Chili, Colombie, Costa Rica, Cuba, Dominique, Équateur, El Salvador, Grenade, Guatemala, Guyana, Haïti, Honduras, Jamaïque, Mexique, Nicaragua, Panama, Paraguay, Pérou, République dominicaine, Sainte-Lucie, Saint-Kitts-et-Nevis, Saint-Vincent et-les-Grenadines, Suriname, Trinité-et-Tobago, Uruguay, Venezuela
- **Pays d'Asie de l'Est ne figurant pas à l'annexe I** : Cambodge, Chine, Mongolie, République de Corée, République démocratique populaire lao, République populaire démocratique de Corée, Viet Nam
- **Asie du Sud** : Afghanistan, Bangladesh, Bhoutan, Comores, Îles Cook, Fidji, Inde, Indonésie, Kiribati, Malaisie, Maldives, Îles Marshall, Micronésie (États fédérés de), Myanmar, Nauru, Nioué, Népal, Pakistan, Palaos, Papouasie-Nouvelle-Guinée, Philippines, Samoa, Singapour, Îles Salomon, Sri Lanka, Thaïlande, Timor oriental, Tonga, Tuvalu, Vanuatu
- **Amérique du Nord** : Canada, États-Unis d'Amérique
- **Autres pays ne figurant pas à l'annexe I** : Albanie, Arménie, Azerbaïdjan, Bosnie-Herzégovine, Chypre, Géorgie, Kazakhstan, Kirghizistan, Malte, Moldova, Saint-Marin, Serbie, Tadjikistan, Turkménistan, Ouzbékistan, République de Macédoine
- **Afrique** : Afrique du Sud, Algérie, Angola, Bénin, Botswana, Burkina Faso, Burundi, Cameroun, Cap-Vert, Congo, Côte d'Ivoire, Djibouti, Égypte, Érythrée, Éthiopie, Gabon, Gambie, Ghana, Guinée, Guinée-Bissau, Guinée équatoriale, Kenya, Lesotho, Liberia, Libye, Madagascar, Malawi, Mali, Maroc, Mauritanie, Maurice, Mozambique, Namibie, Niger, Nigéria, Ouganda, République centrafricaine, République démocratique du Congo, République-Unie de Tanzanie, Rwanda, Sao Tomé-et-Principe, Sénégal, Seychelles, Sierra Leone, Soudan, Swaziland, Tchad, Togo, Tunisie, Zambie, Zimbabwe

\*Il n'a pas été possible d'obtenir un ensemble complet de données relatives à tous les pays pour toutes les régions en 2004.

# Annexe IV

## Liste des auteurs

Si le(s) pays de résidence diffère(nt) du pays d'origine, celui-ci est mentionné en dernier.

### IV.1 Membres de l'Équipe de rédaction principale

BERNSTEIN, Lenny

L.S. Bernstein & Associates, L.L.C.

ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE

BOSCH, Peter

Unité d'appui technique du Groupe de travail III du GIEC,  
Ecofys Netherlands et Agence néerlandaise d'évaluation envi-  
ronnementale

PAYS-BAS

CANZIANI, Osvaldo

Coprésident du Groupe de travail II du GIEC, Buenos Aires

ARGENTINE

CHEN, Zhenlin

Département de la coopération internationale, Administration  
météorologique chinoise

CHINE

CHRIST, Renate

Secrétariat du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évo-  
lution du climat (GIEC)

SUISSE/AUTRICHE

DAVIDSON, Ogunlade

Coprésident du Groupe de travail III du GIEC, Faculté d'ingé-  
nierie, Université de Sierra Leone

SIERRA LEONE

HARE, William

Institut de recherche de Potsdam sur les incidences du climat

ALLEMAGNE/AUSTRALIE

HUQ, Saleemul

Institut international pour l'environnement et le développement

ROYAUME-UNI/BANGLADESH

KAROLY, David

École de météorologie, Université d'Oklahoma, États-Unis  
d'Amérique, et Université de Melbourne, Australie

ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE/AUSTRALIE

KATTSOV, Vladimir

Observatoire principal de géophysique Voeikov

RUSSIE

KUNDZEWICZ, Zbyszek

Centre de recherche pour l'agriculture et l'environnement  
forestier, Académie polonaise des sciences

POLOGNE

LIU, Jian

Secrétariat du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évo-  
lution du climat (GIEC)

SUISSE/CHINE

LOHMANN, Ulrike

Institut des sciences de l'atmosphère et du climat, École poly-  
technique fédérale de Zürich (ETHZ)

SUISSE

MANNING, Martin

Unité d'appui technique du Groupe de travail I du GIEC, Cor-  
poration universitaire pour la recherche atmosphérique

ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE/NOUVELLE-ZÉLANDE

MATSUNO, Taroh

Centre de recherche avancée sur les changements planétaires  
JAMSTEC (Japan Agency for Marine-Earth Science and  
Technology)

JAPON

MENNE, Bettina

Centre européen de l'environnement et de la santé,  
Organisation mondiale de la santé (OMS)

ITALIE/ALLEMAGNE

METZ, Bert

Coprésident du Groupe de travail III du GIEC, Division de  
l'évaluation environnementale à l'échelle du globe, Agence  
néerlandaise d'évaluation environnementale

PAYS-BAS

MIRZA, Monirul

Division de recherche sur l'adaptation et les répercussions  
(DRAR), Environnement Canada, et Département des sciences  
physiques et environnementales, Université de Toronto

CANADA/BANGLADESH

NICHOLLS, Neville

École de géographie et de science environnementale,  
Université Monash

AUSTRALIE

NURSE, Leonard

Centre barbadien de gestion des ressources et d'études  
environnementales, Université des Indes orientales

BARBADE

- PACHAURI, Rajendra  
Président du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) et Directeur général de  
The Energy and Resources Institute (TERI)  
INDE
- PALUTIKOF, Jean  
Unité d'appui technique du Groupe de travail II du GIEC, Met Office Hadley Centre  
ROYAUME-UNI
- PARRY, Martin  
Coprésident du Groupe de travail II du GIEC, Met Office Hadley Centre et Centre for Environmental Policy, Imperial College, Université de Londres  
ROYAUME-UNI
- QIN, Dahe  
Coprésident du Groupe de travail I du GIEC, Administration météorologique chinoise  
CHINE
- RAVINDRANATH, Nijavalli  
Centre des sciences écologiques, Institut scientifique indien  
INDE
- REISINGER, Andy  
Unité d'appui technique pour le RSY du GIEC, Met Office Hadley Centre, Royaume-Uni, et The Energy and Resources Institute (TERI), Inde  
ROYAUME-UNI/INDE/ALLEMAGNE
- REN, Jiawen  
Institut de recherche en science de l'environnement et en ingénierie pour les régions froides et arides, Académie chinoise des sciences  
CHINE
- RIAHI, Keywan  
Institut international pour l'analyse des systèmes appliqués (IIASA) et Université de Technologie de Graz  
AUTRICHE
- ROSENZWEIG, Cynthia  
Goddard Institute for Space Studies, National Aeronautics and Space Administration (NASA)  
ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE
- RUSTICUCCI, Matilde  
Sciences de l'atmosphère et des océans, Université de Buenos Aires  
ARGENTINE
- SCHNEIDER, Stephen  
Département des sciences biologiques, Université Stanford  
ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE
- SOKONA, Youba  
Observatoire du Sahara et du Sahel (OSS)  
TUNISIE/MALI
- SOLOMON, Susan  
Coprésident du Groupe de travail I du GIEC, NOAA Earth System Research Laboratory,  
ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE
- STOTT, Peter  
Met Office Hadley Centre  
ROYAUME-UNI
- STOUFFER, Ronald  
NOAA Geophysical Fluid Dynamics Laboratory, Université Princeton  
ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE
- SUGIYAMA, Taishi  
Projet sur les politiques relatives au climat, Institut central de recherche de l'industrie de l'électricité (CRIEPI)  
JAPON
- SWART, Rob  
Agence néerlandaise d'évaluation environnementale  
PAYS-BAS
- TIRPAK, Dennis  
Direction de l'environnement, OCDE, et Institut international du développement durable (IIDD), Winnipeg, Canada  
FRANCE/ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE
- VOGEL, Coleen  
Département de géographie, Université de Witwatersrand  
AFRIQUE DU SUD
- YOHE, Gary  
Département d'économie, Université de Wesleyan  
ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE

## IV.2 Membre de l'Équipe de rédaction élargie

- BARKER, Terry  
Cambridge Centre for Climate Change Mitigation Research, Université de Cambridge  
ROYAUME-UNI

# Annexe V

## Liste des examinateurs et des éditeurs-réviseurs

### V.1 Examineurs

Conformément aux règles et procédures du GIEC, la version préliminaire du RSY a été envoyée, pour examen officiel, à plus de 2 400 experts ainsi qu'aux 193 gouvernements membres du GIEC. Le présent appendice donne la liste des experts avec indication de l'organisme, de l'administration ou de l'établissement dont ils relevaient au moment de leur intervention et des organisations internationales qui ont formulé des observations au sujet de cette version préliminaire du RSY et dont les observations ont été prises en compte par l'Équipe de rédaction principale lors de la révision du projet de rapport.

Note : Les organisations internationales sont mentionnées en dernier.

#### Argentine

DEVIA, Leila  
Technologie industrielle nationale

TRAVASSO, María Isabel  
Institut national de technologie agricole

WEHBE, Monica Beatriz  
Université nationale de Rio Cuarto

#### Australie

BARNETT, Jon  
Université de Melbourne

BINDOFF, Nathaniel  
CSIRO MAR et Université de Tasmanie

BRUNSKILL, Gregg  
Australian Institute of Marine Science

CHAMBERS, Lynda  
Bureau of Meteorology Research Centre

CHURCH, John  
CSIRO

JONES, Roger  
CSIRO

KAY, Robert  
Coastal Zone Management Pty Ltd

LOUGH, Janice  
Australian Institute of Marine Science

MANTON, Michael  
Université Monash

SHEARMAN, David  
Université d'Adelaïde

WALKER, George  
Aon Re Asia Pacific

WATKINS, Andrew  
National Climate Centre, Australian  
Bureau of Meteorology

WHITE, David  
ASIT Consulting

YOUNUS, Aboul Fazal  
Bangladesh Unnaya Parishad et Université d'Adelaïde

#### Autriche

CLEMENS, Torsten  
OMV Exploration et Production

KASER, Georg  
Institut de géographie  
Université d'Innsbruck

KIRCHENGAST, Gottfried  
Centre Wegener pour le climat et le changement planétaire, Université de Graz

MA, Tiejun  
Institut international d'analyse des systèmes appliqués

PAULI, Harald  
Université de Vienne et Académie autrichienne des sciences

SCHRÖTER, Dagmar  
Umweltbundesamt GmbH

#### Belgique

KJAER, Christian  
European Wind Energy Association

SAWYER, Steve  
Conseil mondial de l'énergie éolienne

VERHASSELT, Yola  
Université Libre de Bruxelles

#### Bénin

YABI, Ibouaïma Fidele  
Université d'Aborney-Calavi

#### Bolivie

HALLOY, Stephan  
Conservation International

#### Brésil

AMBRIZZI, Tercio  
Université de São Paulo

BUSTAMANTE, Mercedes  
Université de Brasilia

GOMES, Marcos  
Université pontificale catholique de Rio de Janeiro

MOREIRA, José  
Institut d'électrotechnique et d'énergie

SANT'ANA, Silvio  
Fundação Grupo Esquel Brasil

#### Bulgarie

YOTOVA, Antoaneta  
Institut national de météorologie et d'hydrologie

#### Canada

AMIRO, Brian  
Université du Manitoba

BARBER, David  
Université du Manitoba

BELTRAMI, Hugo  
Université St. Francis Xavier

BERRY, Peter  
Santé Canada

BRADY, Michael  
Ressources naturelles Canada – Service  
canadien des forêts

CHURCH, Ian  
Gouvernement du Yukon

CLARKE, R. Allyn  
Pêches et Océans, Institut océanographi-  
que de Bedford

FISHER, David A.  
Ressources naturelles Canada

GRANDIA, Kevin  
DeSmogBlog Society of British  
Columbia

HUPE, Jane  
OACI

JACKSON, David  
Institut McMaster pour les études sur  
l'énergie

JANZEN, Henry  
Agriculture et agroalimentaire Canada

JEFFERIES, Robert  
Université de Toronto

LEMMEN, Donald  
Ressources naturelles Canada

MICHAUD, Yves  
Commission géologique du Canada

NYBOER, John  
Université Simon Fraser

SMITH, Sharon  
Commission géologique du Canada

### Chine

FANG, Xiuqi  
Université normale de Beijing

GUO, Xueliang  
Institut de physique de l'atmosphère,  
Académie chinoise des sciences

LAM, Chiu-Ying  
Observatoire de Hong Kong

REN, Guoyu  
Centre climatologique national

SU, Jilan  
Second Institut d'océanographie,  
Administration chinoise des océans

WANG, Bangzhong  
Administration météorologique chinoise

YINGJIE, Liu  
Institut de l'environnement et du  
développement durable en agriculture

ZHAO, Zong-Ci  
Administration météorologique chinoise

ZHOU, Guangsheng  
Institut de botanique, Académie chinoise  
des sciences

### Colombie

POVEDA, Germán  
Université nationale de Colombie

### Cuba

DIAZ MOREJON, Cristobal Felix  
Ministère de la science, de la technologie  
et de l'environnement

SUAREZ RODRIGUEZ, Avelino G.  
Institut d'écologie et de systématique,  
Agence de l'environnement

### République tchèque

HALENKA, Tomas  
Faculté de mathématiques et de  
physique, Université Charles de Prague

### Danemark

ERHARD, Markus  
Agence européenne pour l'environne-  
ment

MELTOFTE, Hans  
Institut national de recherche  
environnementale, Université de Aarhus

PORTER, John R.  
Université de Copenhague

### El Salvador

MUNGUÍA DE AGUILAR, Martha  
Yvette  
Ministère de l'environnement et des  
ressources naturelles

### France

CAMPBELL, Nick  
Arkema SA

CANEILL, Jean-Yves  
Electricité de France

DE T'SERCLAES, Philippine  
Agence Internationale de l'énergie

DOUGUÉDROIT, Annick  
Université de Provence

HÉQUETTE, Arnaud  
Université du Littoral Côte d'Opale

LENÔTRE, Nicole  
Bureau de recherches géologiques  
et minières

MUIRHEID, Ben  
Association internationale de l'industrie  
des engrais

PHILIBERT, Cédric  
Agence Internationale de l'énergie

PLANTON, Serge  
Météo-France

RILLING, Jacques  
Centre scientifique et technique du  
bâtiment

RUFFING, Kenneth

### Allemagne

BRUCKNER, Thomas  
Université technique de Berlin

GERTEN, Dieter  
Institut de recherche de Potsdam sur les  
incidences du climat

GRASSL, Hartmut  
Institut Max Planck de météorologie

KUCKSHINRICHS, Wilhelm  
Centre de recherche Jülich

LAWRENCE, Mark  
Institut Max Planck de chimie

MATZARAKIS, Andreas  
Institut météorologique, Université  
de Fribourg

MUELLER, Rolf  
Centre de recherche Jülich

SCHWARZER, Klaus  
Institut de géosciences, Université  
de Kiel

TREBER, Manfred  
Germanwatch

WALTHER, Gian-Reto  
Université de Bayreuth

WELP, Martin  
Université des sciences appliquées,  
Eberswalde

WILLEBRAND, Jürgen  
Institut Leibniz des sciences maritimes

WINDHORST, Wilhelm  
Centre d'écologie, Université de Kiel

WURZLER, Sabine  
Agence de Rhénanie-du-Nord-Westpha-  
lie pour la nature, l'environnement et la  
protection des consommateurs

#### **Hongrie**

BÉLA, Nováky  
Université Szent István

SOMOGYI, Zoltán  
Institut hongrois de recherche forestière

#### **Inde**

ROY, Joyashree  
Université de Jadavpur

SHARMA, Upasna  
Institut indien de technologie, Bombay

SRIKANTHAN, Ramachandran  
Laboratoire de recherches physiques

#### **Irlande**

FINNEGAN, Pat  
Greenhouse Ireland Action Network

TOL, Richard  
Institut de recherches économiques  
et sociales

#### **Italie**

CASERINI, Stefano  
École polytechnique de Milan

MARIOTTI, Annarita  
Agence nationale pour les  
nouvelles technologies, l'énergie et  
l'environnement

RIXEN, Michel  
Centre de recherches sous-marines de  
l'OTAN

#### **Jamaïque**

CLAYTON, Anthony  
Université des Indes occidentales

#### **Japon**

AKIMOTO, Keigo  
Institut de recherche en technologie  
innovante pour la Terre

ALEXANDROV, Georgii  
Institut national d'études  
environnementales

ANDO, Mitsuru  
Université Toyama d'études  
internationales

IKEDA, Motoyoshi  
Université de Hokkaido

INOUE, Takashi  
Université des sciences de Tokyo

KOBAYASHI, Noriyuki  
Université Nihon (École de droit)

KOBAYASHI, Shigeki  
Toyota Research and Development  
Laboratories, Inc.

KOIDE, Hitoshi  
Université Waseda

KOMIYAMA, Ryoichi  
Institut d'économie énergétique, Japon

MARUYAMA, Koki  
Institut central de recherche de l'indus-  
trie de l'électricité

MASUI, Toshihiko  
Institut national d'études  
environnementales

MATSUI, Tetsuya  
Centre de recherche de Hokkaido,  
Institut de recherche en foresterie et  
produits forestiers

MIKIKO, Kainuma  
Institut national d'études  
environnementales

MORI, Shunsuke  
Université des sciences de Tokyo

MORISUGI, Hisayoshi  
Institut de recherche du Japon

NAKAKUKI, Shinichi  
Compagnie d'électricité de Tokyo

NAKAMARU, Susumu  
Sun Management Institute

ONO, Tsuneo  
Institut national de recherche sur  
les pêches de Hokkaido, Agence de  
recherche sur les pêches

YAMAGUCHI, Mitsutsune  
Université de Tokyo

YOSHINO, Masatoshi

#### **Kenya**

DEMKINE, Volodymyr  
PNUE

#### **Mexique**

OSORNIO VARGAS, Alvaro  
Université nationale autonome  
de Mexico

#### **Moldova**

COROBOV, Roman  
Institut moderne d'humanités

#### **Pays-Bas**

BREGMAN, Bram  
Organisation néerlandaise de recherches  
appliquées

BRINKMAN, Robert

MARCHAND, Marcel  
Delft Hydraulics

MISDORP, Robbert  
Centre international d'aménagement des  
zones côtières, Ministère des transports,  
des travaux publics et de la gestion des  
eaux

SCHYNS, Vianney  
Changements climatiques et efficacité  
énergétique, Groupe d'appui des services  
essentiels

STORM VAN LEEUWEN, Jan Willem  
Ceedata Consultancy

VAN NOIJE, Twan  
Royal Netherlands Meteorological  
Institute

WORRELL, Ernst  
Ecofys

#### **Nouvelle-Zélande**

CRAMPTON, James  
GNS Science

GRAY, Vincent

SCHALLENBERG, Marc  
Université d'Otago

#### **Nigéria**

ANTIA, Effiom  
Université de Calabar

#### **Norvège**

ERIKSEN, Siri  
Université d'Oslo

HOFGAARD, Annika  
Institut norvégien de recherche en  
sciences naturelles

KRISTJANSSON, Jon Egill  
Université d'Oslo

#### **Pérou**

GAMBOA FUENTES, Nadia Rosa  
Université pontificale catholique du  
Pérou

#### **Philippines**

OGAWA, Hisashi  
Organisation mondiale de la santé,  
Bureau régional pour le Pacifique  
occidental

TIBIG, Lourdes  
Administration philippine des services  
atmosphériques, géophysiques et  
astronomiques

#### **Portugal**

DAS NEVES, Luciana  
Université de Porto

PAIVA, Maria Rosa  
Université nouvelle de Lisbonne

RAMOS-PEREIRA, Ana  
Université de Lisbonne

#### **République de Corée**

KIM, Suam  
Université nationale de Pukyong

#### **Roumanie**

BORONEANT, Constanta  
Administration météorologique nationale

#### **Fédération de Russie**

GYTARSKY, Michael  
Institut d'études du climat mondial et de  
l'écologie

#### **Arabie saoudite**

ALFEHAID, Mohammed  
Ministère du pétrole

BABIKER, Mustafa  
Saudi Aramco

#### **Afrique du Sud**

TANSER, Frank  
Centre africain d'études pour la santé  
et la population

WINKLER, Harald  
Centre de recherche énergétique,  
Université du Cap

#### **Espagne**

ALONSO, Sergio  
Université des îles Baléares

ANADÓN, Ricardo  
Université d'Oviedo

HERNÁNDEZ, Félix  
IEG-CSIC

MARTIN-VIDE, Javier  
Département de géographie physique,  
Université de Barcelone

MORENO, Jose M.  
Faculté des sciences de l'environnement,  
Université de Castille-La Manche

RIBERA, Pedro  
Université Pablo de Olavide

RODRIGUEZ ALVAREZ, Dionisio  
Gouvernement régional de Galice

#### **Suède**

LECK, Caroline  
Département de météorologie, Université  
de Stockholm

MOLAU, Ulf  
Université de Göteborg

MÖLLERSTEN, Kenneth  
Agence suédoise de l'énergie

RUMMUKAINEN, Markku  
Institut météorologique et hydrologique  
suédois

WEYHENMEYER, Gesa  
Université suédoise des sciences  
agricoles

#### **Suisse**

APPENZELLER, Christof  
Office fédéral de météorologie et de  
climatologie, MétéoSuisse

CHERUBINI, Paolo  
Institut fédéral de recherches sur la forêt,  
la neige et le paysage

FISCHLIN, Andreas  
Écologie des systèmes continentaux,  
ETH-Zürich

JUERG, Fuhrer  
Station de recherche Agroscope ART

MAZZOTTI, Marco  
ETH-Zürich

ROSSI, Michel J.  
Ecole Polytechnique Fédérale  
de Lausanne

#### **Thaïlande**

HENOCQUE, Yves  
Département des pêches

SCHIPPER, Lisa  
Centre régional START pour l'Asie du  
Sud-Est, Université Chulalongkorn

#### **Turquie**

SENSOY, Serhat  
Service météorologique national turc

#### **Royaume-Uni**

ALLAN, Richard  
University de Reading

BARKER, Terry  
Cambridge Centre for Climate Change  
Mitigation Research

CLAY, Edward Overseas Development Institute	SMITH, Leonard Allen London School of Economics	GURWICK, Noel Carnegie Institution
CONVEY, Peter British Antarctic Survey	SPENCER, Thomas Université de Cambridge	HAAS, Peter Université du Massachusetts
CRABBE, M. James C. Université du Bedfordshire	SROKOSZ, Meric National Oceanography Centre	HEGERL, Gabriele Université Duke
GILLETT, Nathan Université d'East Anglia	STONE, Dáithí Université d'Oxford	KIMBALL, Bruce USDA, Agricultural Research Service
HAIGH, Joanna Imperial College	STREET, Roger UK Climate Impacts Programmes, Oxford University Centre for the Environment	KNOWLTON, Kim Université Columbia
HARRISON, Paula Oxford University Centre for the Environment	USHER, Michael Université de Stirling	LEE, Arthur Chevron Corporation
HAWKINS, Stephen Association de biologie marine du Royaume-Uni	WOODWORTH, Philip Proudman Oceanographic Laboratory	LIOTTA, Peter Pell Center for International Relations and Public Policy
JEFFERSON, Michael World Renewable Energy Congress/ Network	<b>États-Unis d'Amérique</b> ANYAH, Richard Université Rutgers	MACCRACKEN, Michael Climate Institute
JONES, Chris Met Office Hadley Centre	ATKINSON, David Centre international de recherche sur l'Arctique, Université d'Alaska, Fair- banks	MALONE, Elizabeth L Pacific Northwest National Laboratory
McCULLOCH, Archie Université de Bristol	BRIENO RANKIN, Veronica GeoSeq International LLC	MASTRANDREA, Michael Université Stanford
MORSE, Andy Université de Liverpool	CHAPIN, III, F. Stuart Université d'Alaska, Fairbanks	MATSUMOTO, Katsumi Université du Minnesota
MUIR, Magdalena Environmental and Legal Services Ltd.	CLEMENS, Steven Université Brown	MATSUOKA, Kenichi Université de Washington
PAAVOLA, Jouni Université de Leeds	CROWLEY, Tom Université Duke	McCARL, Bruce Texas A & M University
RAVETZ, Joe Université de Manchester	DELHOTAL, Katherine Casey RTI International	MILLER, Alan International Finance Corporation – CESEF
SHINE, Keith Université de Reading	EPSTEIN, Paul Harvard Medical School	MOLINARI, Robert Université de Miami
SIMMONS, Adrian Centre européen pour les prévisions météorologiques à moyen terme	EVERETT, John Ocean Associates, Inc.	MORGAN, Jack Crops Research Lab
SIVETER, Robert Association internationale de l'industrie pétrolière pour la sauvegarde de l'environnement	FAHEY, David NOAA Earth Science Research Laboratory	MURPHY, Daniel NOAA Earth System Research Laboratory
		NADELHOFFER, Knute Université du Michigan

NEELIN, J. David UCLA	SIDDIQI, Toufiq Global Environment and Energy in 21 <sup>st</sup> century	SIMS, Ralph Agence internationale de l'énergie
OPPENHEIMER, Michael Université Princeton	SIEVERING, Herman Université du Colorado	SINGER, Stephan WWF International
PARK, Jacob Green Mountain College	SOULEN, Richard	STEFANSKI, Robert Organisation météorologique mondiale
PARKINSON, Claire NASA Goddard Space Flight Center	TRENBERTH, Kevin National Centre for Atmospheric Research	YAN, Hong Organisation météorologique mondiale
ROBOCK, Alan Université Rutgers		
SCHWING, Franklin Ministère du commerce	<b>Organisations internationales</b> LLOSA, Silvia Stratégie internationale de prévention des catastrophes	
SHERWOOD, Steven Université Yale	McCULLOCH, Archie Chambre de commerce internationale	

## V.2 Éditeurs-réviseurs

Le rôle des éditeurs-réviseurs consiste à s'assurer que toutes les observations importantes formulées par les experts et les gouvernements ont bien été prises en compte par l'Équipe de rédaction principale. Deux éditeurs-réviseurs ont été désignés pour  aux procédures du GIEC.

### Point 1

JALLOW, Bubu Pateh  
Département des ressources en eau  
GAMBIE

KAJFEŽ-BOGATAJ, Lučka  
Université de Ljubljana  
SLOVÉNIE

### Point 2

BOJARIU, Roxana  
Institut national de météorologie et  
d'hydrologie  
ROUMANIE

HAWKINS, David  
Natural Resources Defence Council  
Climate Center  
ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE

### Point 3

DIAZ, Sandra  
CONICET-Université nationale de  
Córdoba  
ARGENTINE

LEE, Hoesung  
République de Corée

### Point 4

ALLALI, Abdelkader  
Ministère de l'Agriculture, du Dévelop-  
pement rural et des Pêches  
MAROC

ELGIZOULI, Ismail  
Conseil supérieur pour l'environnement  
et les ressources naturelles  
SOUDAN

### Point 5

WRATT, David  
National Institute of Water and  
Atmospheric Research  
NOUVELLE-ZÉLANDE

HOHMEYER, Olav  
Université de Flensburg  
ALLEMAGNE

### Point 6

GRIGGS, Dave  
Université Monash  
AUSTRALIE/ROYAUME-UNI

LEARY, Neil  
Secrétariat international du START  
ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE

# Annexe VI

## Index

### A.

**acidification** (*voir acidification des océans*)

**adaptation**

capacité d'~

**aérosols**

**Afrique**

**agriculture/cultures**

**alimentaire**

production ~

**Amérique du Nord**

**Amérique latine**

**anthropique**

émissions ~

réchauffement ~

**Antarctique**

**Arctique**

**article 2 (de la CCNUCC)**

**Asie**

**atténuation**

avantages des mesures d'~

coûts des mesures d'~

possibilités d'~

politiques d'~

éventail de mesures d'~

potentiel d'~

**Australie et Nouvelle-Zélande**

**avantages connexes**

### B.

**boisement**

### C.

**carbone organique**

**CCNUCC**

**changement climatique**

~ brusque

~ après stabilisation des GES

~ et pollution de l'air

le ~ et l'eau

attribution du ~

au-delà du XXI<sup>e</sup> siècle

définitions

facteurs du ~

incidences du ~ (*voir incidence*)

~ irréversible

~ observable

projections relatives au ~

~ régional

**circulation méridienne océanique**

**climat**

couplage ~-cycle du carbone

changement du ~ (*voir changement climatique*)

variabilité du ~

**combustibles fossiles**

**comportement** (*voir mode de vie*)

**concentration**

~ atmosphérique

~ d'équivalent-CO<sub>2</sub>

**coopération (internationale)**

**côtes**

protection des ~

inondation des ~

**coût**

~ d'adaptation

(*voir atténuation*)

(*voir ~ social du carbone*)

**coût social du carbone**

**croissance démographique**

**cyclones (tropicaux)**

### D.

**déboisement**

**delta**

grand ~

**développement durable**

**développement économique**

**dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>)**

concentration de ~

émissions de ~

**dommages**

### E.

**eau/hydrique**

possibilités d'adaptation

plan national de gestion des ressources en

~ du Bangladesh

stress ~

ressources en ~

**écosystèmes**

**élévation/variation du niveau de la mer**

**émissions**

~ d'équivalent-CO<sub>2</sub>

voie/trajectoire des ~

réduction des ~ (*voir atténuation*)

scénario d'~

**énergie/énergétique**

demande d'~

efficacité ~

intensité ~

sources d'~ à faible teneur en carbone

~ nucléaire

~ renouvelable

approvisionnement ~/production d'~

**équilibre**

niveau de la mer à l'~ (dilatation

thermique)

température à l'~

**équité**

**établissements humains**

**Europe**

**évolution technologique**

**extinction**

**extrêmes**

### F.

**forçage radiatif**

**foudre**

### G.

**gaz à effet de serre (GES)**

concentration de ~

émissions de ~

**gestion des risques**

**glace/glaciaire**

~ terrestre/nappe ~/calotte ~

~ de mer

**glacier**

**Groenland**

**grêle**

### H.

**hémisphère Nord**

**hydrocarbures halogénés**

**hydroélectricité**

**hydrologique**

cycle/système ~

### I.

**incendie**

**incertitude**

~ clé

terminologie

**incidence (du changement climatique)**

~ évitée/atténuée/retardée

~ bénéfique

~ irréversible

~ observée

~ anticipée

~ régionale

~ sectorielle

**inertie**

**industrie**

**infrastructure**

**inondation**

~ côtière

~ fluviale

**intervalle de confiance**

### J.

**jours**

~ froides

~ chaudes

### M.

**mécanisme pour un développement**

« propre »

**Méditerranée/méditerranéen**

mer ~  
 bassin ~  
**méthane (CH<sub>4</sub>)**  
**migration**  
 ~ des oiseaux  
 ~ des poissons  
 ~ des populations  
**mode de vie**  
**mortalité**  
**motifs de préoccupation**  
**Moyen-Orient**

**N.**  
**neige (couverture/manteau)**  
**nitrate**  
**nuits**  
 ~ froides  
 ~ chaudes

**O.**  
**objectifs du Millénaire pour le développement**  
**obstacles**  
 ~ à l'adaptation  
 ~ à l'atténuation  
**océan**  
 acidification des ~  
 température/contenu thermique des ~  
**oxyde nitreux (N<sub>2</sub>O)**

**P.**  
**par habitant**  
 émissions par ~  
 revenu par ~  
**pays en développement**

**petites îles**  
**piégeage et stockage du carbone (PSC)**  
**pluie (voir précipitations)**  
**polaire**  
 nappes glaciaires ~  
 régions ~  
**poussière**  
**potentiel de réchauffement global (PRG)**  
**précipitations**  
 fortes ~  
 régime des ~  
**prix du carbone**  
**produit intérieur brut (PIB)**  
**Protocole de Kyoto**

**R.**  
**ravageurs (régimes de perturbation)**  
**recherche**  
 financement de la ~  
 ~, développement et démonstration (RD&D)  
**répercussions**  
**rétroaction**  
 ~ entre le climat et le cycle du carbone  
**ruissellement**

**S.**  
**Sahel**  
**santé**  
**sécheresse**  
**sensibilité du climat**  
**société**  
**soufre**  
 dioxyde/sulfate de ~  
**SRES**

scénarios d'émissions ~  
 canevas ~  
**stabilisation**  
 niveaux de ~  
 modes de ~  
**stress (multiples)**  
**système climatique**

**T.**  
**technologies**  
 investissement dans les ~  
**technologies peu polluantes/faisant peu appel au carbone**  
**température**  
 variations de la ~  
 variabilité de la ~  
**tempête**  
**tempête de poussière**  
**tornades**  
**tourisme**  
**transfert d'émissions de carbone**  
**transports**  
**troisième Rapport d'évaluation (TRE)**

**U.**  
**utilisation des terres**

**V.**  
**vague de chaleur**  
**vent**  
 régime des ~  
**verdissement (de la végétation)**  
**voie de développement**  
**vulnérabilité**  
 ~ critique

# Annexe VII

## Publications du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat

### Rapports d'évaluation

#### Quatrième Rapport d'évaluation

##### **Bilan 2007 des changements climatiques : Les bases scientifiques physiques**

Contribution du Groupe de travail I au quatrième Rapport d'évaluation

##### **Bilan 2007 des changements climatiques : Conséquences, adaptation et vulnérabilité**

Contribution du Groupe de travail II au quatrième Rapport d'évaluation

##### **Bilan 2007 des changements climatiques : Rapport de synthèse**

Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation

#### Troisième Rapport d'évaluation

##### **Bilan 2001 des changements climatiques : Les éléments scientifiques**

Contribution du Groupe de travail I au troisième Rapport d'évaluation

##### **Bilan 2001 des changements climatiques : Conséquences, adaptation et vulnérabilité**

Contribution du Groupe de travail II au troisième Rapport d'évaluation

##### **Bilan 2001 des changements climatiques : Rapport de synthèse**

Contribution des Groupes de travail I, II et III au troisième Rapport d'évaluation

#### Deuxième Rapport d'évaluation

##### **Changements climatiques 1995 : Aspects scientifiques de l'évolution du climat**

Contribution du Groupe de travail I au deuxième Rapport d'évaluation

##### **Changements climatiques 1995 : Analyse scientifique et technique des incidences de l'évolution du climat, mesures d'adaptation et d'atténuation**

Contribution du Groupe de travail II au deuxième Rapport d'évaluation

##### **Changements climatiques 1995 : Aspects socioéconomiques de l'évolution du climat**

Contribution du Groupe de travail III au deuxième Rapport d'évaluation

##### **Changements climatiques 1995 : 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**

Contribution des Groupes de travail I, II et III au deuxième Rapport d'évaluation

#### Supplément du premier Rapport d'évaluation

##### **Climate Change 1992: The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment**

Rapport supplémentaire du Groupe de travail I du GIEC chargé des aspects scientifiques du changement climatique

##### **Climate Change 1992: The Supplementary Report to the IPCC Impacts Assessment**

Rapport supplémentaire du Groupe de travail II du GIEC chargé des incidences potentielles du changement climatique

##### **Changement climatique : Les évaluations du GIEC de 1990 et 1992**

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

#### Premier Rapport d'évaluation

##### **Aspects scientifiques du changement climatique**

Rapport rédigé en 1990 par le Groupe de travail I du GIEC chargé des aspects scientifiques du changement climatique

##### **Incidences potentielles du changement climatique**

Rapport rédigé en 1990 par le Groupe de travail II du GIEC chargé des incidences potentielles du changement climatique

##### **Stratégies d'adaptation au changement climatique**

Rapport rédigé en 1990 par le Groupe de travail III du GIEC chargé des stratégies d'adaptation au changement climatique

#### Rapports spéciaux

##### **Carbon Dioxide Capture and Storage (Piégeage et stockage du dioxyde de carbone) 2005**

**Safeguarding the Ozone Layer and the Global Climate System: Issues Related to Hydrofluorocarbons and Perfluorocarbons (Préservation de la couche d'ozone et du système climatique planétaire : Questions relatives aux hydrofluorocarbures et aux hydrocarbures perfluorés)** (rapport établi conjointement par le GIEC et le GETE) 2005

##### **Land Use, Land-Use Change and Forestry (Utilisation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie) 2000**

##### **Emissions Scenarios (Scénarios d'émissions) 2000**

**Methodological and Technological Issues in Technology Transfer (Questions méthodologiques et technologiques dans le transfert de technologie) 2000**

**Aviation and the Global Atmosphere (L'aviation et l'atmosphère planétaire) 1999**

**The Regional Impacts of Climate Change: An Assessment of Vulnerability (Incidences de l'évolution du climat dans les régions : évaluation de la vulnérabilité) 1997**

**Climate Change 1994: Radiative Forcing of Climate Change and an Evaluation of the IPCC IS92 Emissions Scenarios 1994**

### **Rapports méthodologiques et directives techniques**

**Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre (5 volumes) 2006**

**Definitions and Methodological Options to Inventory Emissions from Direct Human-induced Degradation of Forests and Devegetation of Other Vegetation Types (Définitions et options méthodologiques en ce qui concerne les inventaires des émissions résultant de la dégradation des forêts et de la disparition d'autres types de végétaux directement liées aux activités humaines) 2003**

**Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques pour l'utilisation des terres, les changements d'affectation des terres et la foresterie. Programme d'inventaires nationaux des gaz à effet de serre du GIEC, 2003**

**Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques et de gestion des incertitudes pour les inventaires nationaux Programme d'inventaires nationaux des gaz à effet de serre du GIEC, 2000**

**Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre – version révisée (3 volumes) 1996**

**Directives techniques du GIEC pour l'évaluation des incidences de l'évolution du climat et des stratégies d'adaptation 1995**

**Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre (3 volumes) 1994**

**Preliminary Guidelines for Assessing Impacts of Climate Change 1992**

**Assessment of the Vulnerability of Coastal Areas to Sea Level Rise – A Common Methodology 1991**

### **Documents techniques**

**Les changements climatiques et la biodiversité**  
Document technique 5 du GIEC, 2002

**Incidences des propositions de limitation des émissions de CO<sub>2</sub>**  
Document technique 4 du GIEC, 1997

**Stabilisation des gaz atmosphériques à effet de serre : conséquences physiques, biologiques et socio-économiques**  
Document technique 3 du GIEC, 1997

**Introduction aux modèles climatiques simples employés dans le deuxième Rapport d'évaluation du GIEC**  
Document technique 2 du GIEC, 1997

**Techniques, politiques et mesures d'atténuation des changements climatiques**  
Document technique 1 du GIEC, 1996

### **Documents supplémentaires**

**Global Climate Change and the Rising Challenge of the Sea**  
Sous-groupe de l'aménagement du littoral relevant du Groupe de travail des stratégies de parade du GIEC, 1992

**Emissions Scenarios**  
Rapport établi par le Groupe de travail des stratégies de parade du GIEC, 1990

Pour une liste plus complète des documents supplémentaires publiés par le GIEC, veuillez consulter le site [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch) ou prendre contact avec le secrétariat du GIEC.

Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) a été établi conjointement par l'Organisation météorologique mondiale (OMM) et le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE), qui l'ont chargé de faire le point sur l'état des connaissances scientifiques relatives aux changements climatiques en s'appuyant sur des sources internationales sûres. Les évaluations qu'il produit à intervalles réguliers sur les causes de ces changements, leurs conséquences et les stratégies de parade possibles constituent les rapports les plus complets et les plus à jour sur le sujet, qui font autorité dans les milieux universitaires, les instances gouvernementales et les entreprises du monde entier. Le présent Rapport de synthèse est le quatrième volume du quatrième Rapport d'évaluation du GIEC intitulé Bilan 2007 des changements climatiques. Plusieurs centaines d'experts, réunis au sein de trois Groupes de travail, y évaluent les informations disponibles sur les changements climatiques. Les contributions de ces trois Groupes de travail sont publiées par Cambridge University Press :

*Climate Change 2007 – The Physical Science Basis*

Contribution du Groupe de travail I au quatrième Rapport d'évaluation du GIEC  
ISBN 978 0521 88009-1 (édition reliée), 978 0521 70596-7 (édition brochée)

*Climate Change 2007 – Impacts, Adaptation and Vulnerability*

Contribution du Groupe de travail II au quatrième Rapport d'évaluation du GIEC  
ISBN 978 0521 88010-7 (édition reliée), 978 0521 70597-4 (édition brochée)

*Climate Change 2007 – Mitigation of Climate Change*

Contribution du Groupe de travail III au Quatrième rapport d'évaluation du GIEC  
ISBN 978 0521 88011-4 (édition reliée), 978 0521 70598-1 (édition brochée)

---

*Le Rapport de synthèse du Bilan 2007 des changements climatiques* a été établi par une Équipe de rédaction principale spécialement constituée à cette fin. Sur la base de l'évaluation effectuée par les trois Groupes de travail, il fait le bilan de l'évolution du climat en examinant les points ci-après :

- Les changements climatiques observés et leurs effets ;
- Les causes de l'évolution du climat ;
- Le changement climatique et ses incidences à court et à long terme selon divers scénarios ;
- Les possibilités et mesures d'adaptation et d'atténuation et les corrélations avec le développement durable, à l'échelle mondiale et régionale ;
- Les perspectives à long terme : aspects scientifiques et socioéconomiques de l'adaptation et de l'atténuation dans la ligne des objectifs et des dispositions de la Convention et dans le cadre du développement durable ;
- Les conclusions robustes et les incertitudes clés.





---

**PARTIE II**  
**CHANGEMENT CLIMATIQUE :**  
**ENJEUX ET PERSPECTIVES AU MAGHREB**

---



# CHAPITRE 1

## CHANGEMENT CLIMATIQUE EN ALGERIE : EVOLUTION FUTURE DU CLIMAT, ENJEUX ET PERSPECTIVES

**M. SENOUCI\***

Membre du Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat  
Association de Recherche Climat Environnement  
Algérie

### RESUME

Deuxième plus grand pays d'Afrique, situé au Sud de la Méditerranée, l'Algérie se compose d'ensembles géographiques contrastés et subit au plan climatique une double influence des systèmes tempérés et tropicaux. Sa situation particulière l'expose à une grande vulnérabilité aux impacts du changement climatique global. Le climat a varié au cours du 20ème siècle et le signal du changement climatique apparaît dans les ruptures des séries pluviométriques. Les scénarios climatiques pour le siècle actuel indiquent un risque de réduction des pluies pouvant atteindre 20%. Malgré les incertitudes qui subsistent, ces projections risquent d'affecter des secteurs stratégiques, tels que l'agriculture. Le risque climatique s'ajoute à d'autres facteurs de vulnérabilité liés au mode de développement économique et social dans un environnement naturel fragile et parfois à la limite d'une dégradation avancée. L'Algérie a ratifié la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC) en 1994 et le Protocole de Kyoto en 2005. Elle a élaboré sa Communication Nationale en 2001, incluant le Plan National d'Action pour les Changements Climatiques (PNA-ACC). Les actions engagées depuis 1996 se sont traduites sur le plan réglementaire et institutionnel par des dispositions juridiques liées à divers domaines (tels que le climat, les ressources en eau, l'énergie) ainsi que la mise en œuvre d'institutions dédiées au climat (Agence Nationale des Changements Climatiques). La prise en compte progressive de la dimension des changements climatiques nécessite des actions fortes de renforcement des capacités dans les domaines scientifiques, économiques et éducatifs. En Algérie, l'accès au marché du carbone demeure limité et sera sous-tendu à l'avenir par le potentiel offert dans le domaine de l'énergie (tel que la maîtrise de l'énergie, la séquestration du CO<sub>2</sub>, les énergies renouvelables). Les stratégies futures doivent s'appuyer sur une plus grande intégration de la problématique des changements climatiques à travers une approche pluridisciplinaire et multisectorielle, incluant la nécessité de l'intégration régionale au Maghreb.

Mots clés : Algérie, Maghreb, changements climatiques, impacts, développement, énergie.

---

\* Auteur correspondant : M. SENOUCI Mohamed – Email : [msenouci@hotmail.com](mailto:msenouci@hotmail.com)

## CLIMAT : EVOLUTION ET TENDANCE OBSERVEES DURANT LE 20<sup>EME</sup> SIECLE

### L'observation météorologique

Héritant d'un système d'observation météorologique colonial essentiellement orienté vers des besoins aéronautiques, l'Algérie a développé depuis les années 1970 un ambitieux programme de réseaux d'observation et de collecte des données. Le pays dispose actuellement d'un réseau incluant 76 stations météorologiques principales, 22 stations automatiques à transmission en temps réel, 178 stations automatiques à collecte mensuelle, 200 postes climatologiques et 3 centres de recherche et d'observations spéciales. Dans le domaine du suivi climatique, une station de Veille de l'Atmosphère Globale (VAG) est opérationnelle à l'Assekrem (Hoggar). Au plan institutionnel, ces actions ont été appuyées par la création en 1970 de l'Institut Hydrométéorologique de Formation et de Recherche (IHFR) qui est un établissement régional pour la formation des météorologistes de la région africaine. A ce titre, il est homologué comme centre régional de formation de l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM). Après diverses mutations, le service météorologique a fait l'objet de la création d'un Office National de la Météorologie (ONM) en 1975 qui est chargé de centraliser l'ensemble des fonctions météorologiques et climatiques. Enfin, il faut noter l'existence de divers réseaux relevant des secteurs de l'hydraulique et de l'agriculture.

### Evolution et tendance des principaux paramètres climatiques

Pays de la région Nord-africaine et Sud-méditerranéenne, l'Algérie est située entre 18° et 38° de latitude Nord et entre 9° et 12° de longitude. Les trois ensembles géographiques distincts qui composent le territoire (Figure 1) sont le littoral au Nord, qui constitue la façade méditerranéenne, les Hauts Plateaux et la Steppe compris entre l'Atlas Tellien au Nord et l'Atlas Saharien au Sud, et enfin le Sahara.

Sur le plan climatique, le climat de l'Algérie passe d'un milieu méditerranéen humide à un milieu désertique et sec en transitant par un climat semi-aride.

Par ailleurs, le climat de l'Algérie est sous une double influence de la circulation atmosphérique des latitudes moyennes et de la circulation tropicale et saharienne. La Méditerranée en constitue une zone de transition entre ces composantes climatiques. Le climat méditerranéen est marqué par des hivers doux et humides, des printemps et des automnes souvent humides et des étés secs. Au niveau de la circulation générale de l'atmosphère, la Méditerranée se situe au Nord de la région de subsidence de la cellule de Hadley localisée sur le Sahara. Plus au Nord, la circulation d'Ouest des régions tempérées permet le développement des perturbations d'Ouest dont certaines affectent l'Algérie en hiver. Les effets orographiques et le passage des systèmes frontaux sur la Méditerranée engendrent souvent une amplification de cette cyclogenèse.

Le bioclimat de l'Algérie (Figure 2) permet de distinguer les tonalités suivantes :

- Un climat méditerranéen sur la côte et l'Atlas Tellien, avec de rares gelées en hiver et des étés chauds. La partie orientale est plus arrosée que l'Ouest avec 2000 mm de pluie par an et l'existence de sommets enneigés d'octobre à juillet ;
- Un climat aride au Sud de l'Atlas Tellien, de nature sèche et tropicale, marqué par une grande amplitude thermique hivernale (36 °C le jour et 5 °C la nuit.). Les précipitations d'automne et de printemps sont influencées par des advections humides venant des côtes. Ces pluies sont plus abondantes à l'Ouest qu'à l'Est. L'influence du désert se fait sentir jusque sur la côte par l'action du « sirocco », vent sec et chaud, soufflant du Sud au Nord ;
- Un climat continental sur les Hautes Plaines et l'Atlas Saharien. La température peut descendre au-dessous de 0 °C en hiver et excéder 40 °C en été. Les pluies sont rares, notamment sur les Hautes Plaines de l'Oranie que celles du Constantinois ;

- Un climat désertique avec des pluies rares et très irrégulières, se produisant parfois sous forme orageuse. Le Sahara est une des régions les plus chaudes du monde où les températures de jour peuvent atteindre, voire dépasser, 50 °C. Par contre les nuits sont très froides, surtout en hiver, où il gèle souvent.

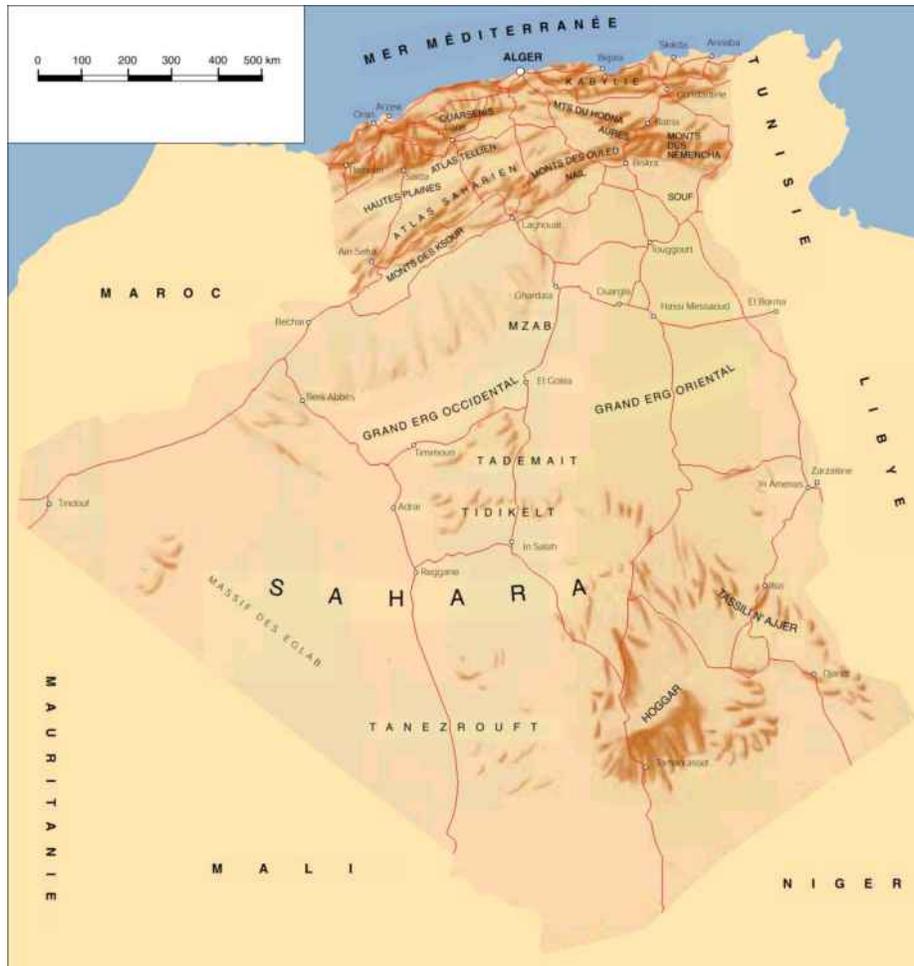


Figure 1. Principaux ensembles géographiques de l'Algérie

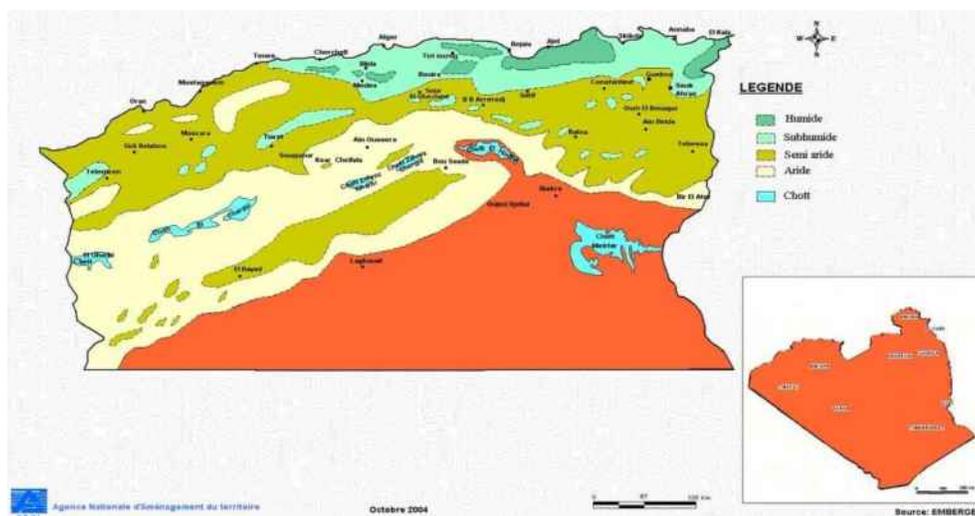


Figure 2. Etages bioclimatiques de l'Algérie (Nedjraoui et Bédrani, 2008)

Le régime pluviométrique marque nettement la séparation entre les différents étages climatiques. Il peut passer de 2000 mm sur les hauts reliefs de l'Est algérien, à 200-400 mm sur les Hauts Plateaux et l'Atlas Saharien, pour être inférieures à 130 mm par an sur le Sahara (Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, 2001). Les précipitations sont très irrégulières à l'échelle journalière, annuelle et interannuelle.

### Précipitations

La période de novembre à décembre est la plus pluvieuse, notamment sur l'Atlas Tellien qui est plus arrosé que le Littoral et les Hauts plateaux. Au mois de janvier, la quantité des pluies mensuelles est de 3,7 mm à Ain Salah, 33,4 mm à Djelfa, 80,0 mm à Alger et 120,5 mm à Miliana. En été, les pluies sont rares et se produisent plus sur le littoral que partout ailleurs. En Automne, le régime des pluies est quasiment le même sur l'Atlas Tellien et les Hauts Plateaux. La quantité annuelle des pluies est de 15,8 mm à Ain Salah, de 347,4 mm à Djelfa, 686,6 mm à Alger et 827,3 mm à Miliana. (Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, 2001).

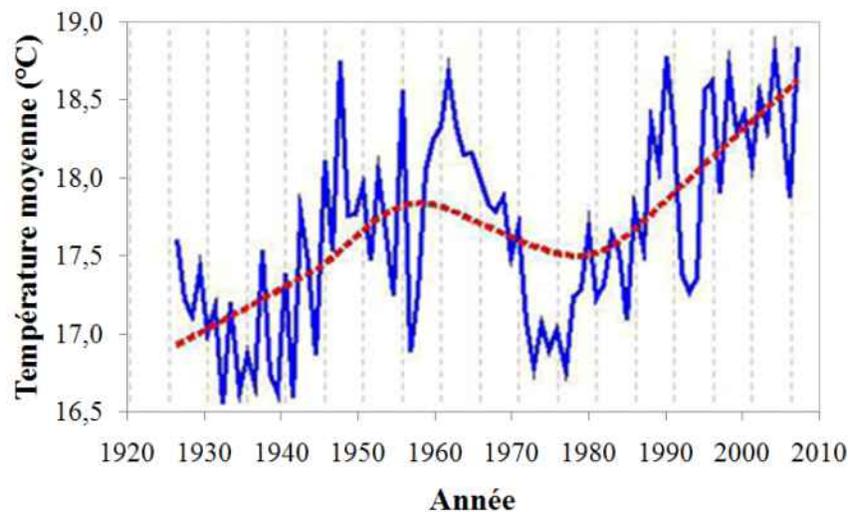
### Température

Le régime thermique sépare les différentes régions climatiques (Littoral, Atlas Tellien, Hauts Plateaux et Steppe, Sahara). En hiver, les Hauts Plateaux et Steppe sont plus froids que l'Atlas Tellien, le Littoral et le Sahara. Le mois de janvier est le plus froid de l'année, la température moyenne est de 5 °C à Djelfa, 8,5 °C à Miliana, 11,3 °C à Alger et 14,5 °C à Ain Salah. En été, la température moyenne est de 25,3 °C à Alger, 25,7 °C à Tiaret et 26,7 °C à Miliana. En été et en hiver, le littoral jouit de l'effet adoucissant de la mer (Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, 2001).

### Evolution climatique

L'analyse de longues séries permet de déceler d'éventuels changements dans le régime pluviométrique. Dans le cas du Nord Ouest Algérien des travaux (Meddi et Meddi, 2007) indiquent une rupture durant la décennie 1970 pour la quasi-totalité des stations et postes étudiés. La variabilité interannuelle des pluies augmente en se rapprochant des régions arides. L'augmentation de la variabilité suit l'accroissement de la longitude et la diminution de la latitude. L'altitude atténue cet accroissement. En Algérie, environ 13% seulement des terres ont un climat méditerranéen, le reste étant dominé par un climat semi-aride à désertique.

Les données de la station d'Oran durant la période 1926-2006 indiquent une augmentation de température comprise entre 0,65 et 1,45 °C et une baisse des précipitations comprise entre 5 et 13% (Tabet-Aoul, 2008).



**Figure 3. Evolution de la température moyenne annuelle à Oran en °C (1926-2006) (Tabet-Aoul, 2008)**

Les régions du Nord Ouest et du Sud Ouest de l'Algérie seront les plus affectées à la fois par un réchauffement important et une baisse des pluies. D'une façon générale, les analyses de longues séries sur le Nord de l'Algérie

(Figures 3 et 4) confirment le réchauffement global au cours du 20<sup>ème</sup> siècle ainsi qu'une réduction sensible du régime pluviométrique à partir des années 70 ce qui correspond au signal du changement climatique global (Meddi et al., 2009).

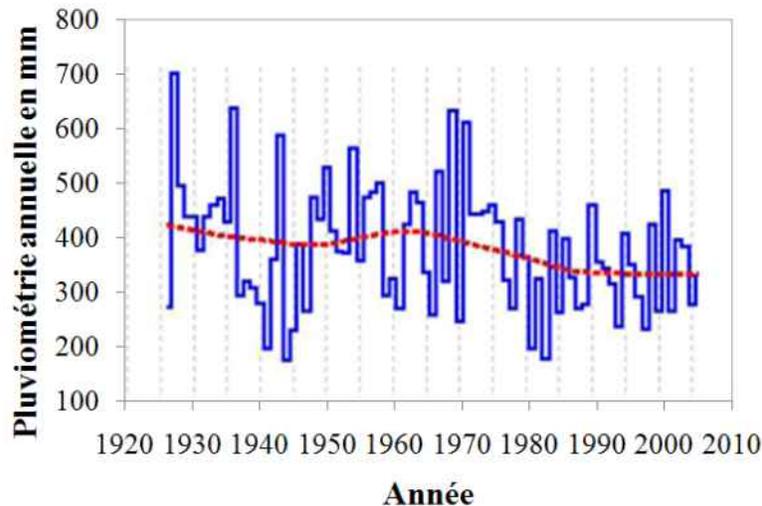


Figure 4. Evolution des précipitations moyennes annuelles à Oran en mm (1926-2006) (Tabet-Aoul, 2008)

## EVOLUTION FUTURE DU CLIMAT A L'HORIZON 2030

### Aspects méthodologiques

Reposant sur des fondements physiques solides, les techniques de modélisation météorologique et climatique ont considérablement évolué depuis les années 1960 grâce à l'accroissement de la puissance de calcul et des dispositifs d'observation de la terre et de l'atmosphère, notamment par satellite. Historiquement, les premiers modèles purement atmosphériques traitaient des équations météorologiques simplifiées. Au cours des années 1980, les premiers modèles de circulation générale (MCG) ont permis de reproduire les aspects essentiels de la circulation générale de l'atmosphère. A partir des années 1990, apparaîtront des modèles globaux couplant le fonctionnement de l'atmosphère, de l'océan et de la glace marine, avec des résolutions horizontales et verticales plus fines. A l'heure actuelle, ces modèles constituent le seul outil de diagnostic et de prédiction du climat global à moyen et long termes. Ils sont largement utilisés par la communauté scientifique internationale, notamment dans le cadre des travaux du Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC). Les projections climatiques sont bâties sur des scénarios d'émissions des gaz à effet de serre (GES) au cours des années et décennies à venir. Il faut noter qu'à l'échelle régionale, des efforts importants restent à faire pour interpréter de façon correcte les projections climatiques. Plusieurs MCG (tels que GISS, HadCM2, UKTR, GFDL, CCCM et ECHAM3) sont utilisés comme outils de référence et soumis à un processus permanent d'intercomparaison (Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat, 2007a). Selon les conclusions du 4<sup>ème</sup> rapport du GIEC (Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat, 2007a), ces modèles de référence fournissent des scénarios consistants pour la température mais encore contradictoires pour les précipitations à l'échelle de plusieurs régions africaines. Les modèles globaux sont réalisés avec des résolutions spatiales de l'ordre de 300 km ce qui en rend risqué l'interprétation fiable à des échelles plus fines. L'analyse des impacts du changement climatique exige une modélisation régionale à des échelles de l'ordre de 20 km. Des expériences existent en diverses parties du monde et récemment la région Méditerranéenne peut tirer profit du projet CIRCE (CIRCE Integrated Project, 2008).

La modélisation demeure l'unique outil de prévision climatique à des échelles étendues. Fondés sur les principes physiques fondamentaux, les modèles subissent des améliorations constantes pour les rendre plus performants dans la description et la restitution des climats passés, ainsi que l'élaboration de projections climatiques. Depuis

le 3<sup>ème</sup> rapport du GIEC (Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat, 2001), les améliorations majeures ont porté sur la paramétrisation des processus physiques (notamment l'incorporation du rôle des aérosols, des surfaces continentales et des glaces des mers) ainsi que l'affinement des résolutions horizontales et verticales. Le 4<sup>ème</sup> rapport du GIEC (Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat, 2007a) a utilisé les résultats de 23 modèles couplés globaux de référence mondiale (Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat, 2007b). L'intercomparaison des modèles globaux est un exercice permanent qui permet, *in fine*, d'obtenir une synthèse consensuelle des futurs climatiques possibles. Les modèles utilisés sont différents dans leurs résolutions ou leurs schémas de paramétrisation physique. Les résolutions peuvent varier de 1°x 1° (p. ex. UKMO-HadGEM1) à 2°x2° (p. ex. IPSL-CM4). Par ailleurs, les projections se font sous divers scénarios (Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat, 2007c).

Elaborer un scénario climatique futur sur l'Algérie nécessite l'utilisation de plusieurs sources. Dans le cas du 4<sup>ème</sup> rapport du GIEC (Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat, 2007a), l'Algérie (et généralement le Maghreb) peut être intégrée dans deux domaines possibles : Méditerranée/Europe du Sud et Afrique.

### Projections de la température et des précipitations à l'horizon 2030.

Plusieurs sources peuvent être utilisées pour obtenir une image consensuelle des projections climatiques sur l'Algérie à divers horizons de temps. L'élaboration de scénarios climatiques valables pour l'Algérie nécessite l'utilisation de différentes sources scientifiques. Cet exercice exige de situer l'Algérie dans une aire proche d'un ou plusieurs domaines pris en compte dans les études synthétisées dans le 4<sup>ème</sup> Rapport d'évaluation du GIEC (Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat, 2007a). D'un autre côté, les efforts de modélisation climatique globale font l'objet depuis plusieurs années d'une comparaison systématique des simulations produites par différents modèles de référence. Ceci permet de disposer d'une véritable synthèse de l'état de l'art dans ce domaine. En utilisant le générateur SCENGEN couplé au modèle climatique MAGICC développé par le Climatic Research Unit (CRU - UK), l'évolution climatique de l'Algérie a été analysée sur la base des MCG UKHI et ECHAM3TR et le scénario IS92a du GIEC d'émission de GES. A l'horizon 2020, les projections climatiques saisonnières indiqueraient les variations résumées dans le Tableau 1 (Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, 2001).

**Tableau 1. Projections climatiques saisonnières des températures et des pluies sur l'Algérie à l'horizon 2020 pour deux modèles du GIEC (Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, 2001)**

		Automne	Hiver	Printemps	Eté
Modèle UKHI	Température (°C)	0,8-1,1	0,65-0,8	0,85-0,95	0,85-1,05
	Pluie (%)	-6 à -8	-10	-5 à -9	-8 à -13
Modèle ECHAM3TR	Température (°C)	0,8-1,3	0,9-1	0,95-1,1	0,95-1,45
	Pluie (%)	Pas de changement	-5	-7 à -10	-5

Il est possible d'analyser le climat futur de l'Algérie dans le contexte d'une région particulière, telle que l'Afrique, le Maghreb ou la Méditerranée.

Différentes simulations indiqueraient une baisse probable des précipitations sur l’Afrique du Nord de l’ordre de 10-25% en juin-juillet-août et 10-60% en mars-avril-mai. Les phénomènes extrêmes, tels que les sécheresses, les inondations et les vagues de chaleur, seraient certainement plus fréquentes à l’avenir sur cette région (Giannakopoulos et al., 2005).

A l’échelle de la Méditerranée, les projections climatiques indiqueraient une hausse des températures de 2.2 à 5.1 °C et une baisse des précipitations 4 à 27% d’ici la fin du siècle. Le déficit pluviométrique du Maghreb peut atteindre 20% en moyenne annuelle (Giannakopoulos et al., 2005).

A l’échelle de l’Afrique, le réchauffement au cours du 21<sup>ème</sup> siècle serait de façon plus marquée que la moyenne globale, notamment dans les régions subtropicales (dont le Maghreb). Les pluies hivernales sur le Maghreb sont liées aux dépressions des latitudes moyennes elles-mêmes gouvernées par l’Oscillation Nord-Atlantique (ONA). La migration vers le Nord de ces systèmes pourrait expliquer la baisse future du régime pluviométrique (Groupe d’experts Intergouvernemental sur l’Evolution du Climat, 2007a).

Les travaux de Giorgi et Lionello (2008) constituent une synthèse des résultats majeurs des simulations climatiques intéressant la région méditerranéenne. Plusieurs conclusions peuvent être déduites pour l’Algérie (Tableau 2).

**Tableau 2. Projections climatiques pour la pluviométrie en Algérie à l’horizon 2071-2100 sous trois scénarios du GIEC (Adapté de Giorgi et Lionello (2008))**

Saison	Scénario A1B	Scénario B1	Scénario A2
Hiver (DJF*)	-20 à -30% Ouest et Centre de l’Algérie -10 à -20% Est de l’Algérie	-10 à -20%	-20 à -30%
Printemps (MAM*)	-30 à -40% Ouest de l’Algérie -20 à -30% Centre de l’Algérie	-20 à -30% Ouest de l’Algérie -10 à -20% Est et Centre de l’Algérie	-30 à -40% (supérieure à -40% sur l’Ouest algérien)
Été (JJA*)	-30 à -40% Ouest et Est de l’Algérie -20 à -30% Centre de l’Algérie	-10 à -20% Ouest et Est de l’Algérie 0 à -10% Centre de l’Algérie	-30 à -40%
Automne (SON*)	-10 à -20% Algérie du Nord	-10 à -20% Algérie du Nord	-20 à -30%

\*DJF : décembre, janvier, février ; MAM : mars, avril, mai ; JJA : juin, juillet, août ; SON : septembre, octobre, novembre

A l’horizon 2011-2040 et 2041-2070, les résultats de Giorgi et Lionello (2008) fournissent quelques indications utiles pour les projections d’hiver et d’été pour le scénario A1B (Tableau 3).

Une analyse plus fine basée sur un modèle de résolution 20 km prévoit pour l’Algérie une baisse de l’ordre de 25% à 75% d’ici la période 2071-2100 pour le scénario A2 (Giorgi et Lionello, 2008).

**Tableau 3. Simulations climatiques fines pour la pluviométrie en Algérie à l’horizon 2011-2040 et 2041-2070 (Adapté de Giorgi et Lionello (2008))**

Saison	2011-2040	2041-2070
Hiver (DJF*)	-10 à -20% Ouest et Centre de l’Algérie 0 à -10% à l’Est de l’Algérie	-10 à -20%
Eté (JJA*)	-10 à -20% Ouest et Est de l’Algérie 0 à -10% Centre de l’Algérie	-20 à -30%

\*DJF : décembre, janvier, février ; JJA : juin, juillet, août

## ENJEUX ET PERSPECTIVES

### Enjeux

#### Vulnérabilité des secteurs traditionnellement sensibles aux conditions climatiques

##### Ressources en eau

En Algérie, les conditions climatiques influencent négativement les ressources en eau depuis trois décennies (Meddi et al, 2009). A titre d’exemple, le Nord-Ouest de l’Algérie, région connue pour son faible régime pluviométrique, a connu une réduction de l’ordre de 40% des précipitations annuelles à partir de la première moitié des années 1970. Les débits des cours d’eau de cette région en sont affectés. Au cours de la période 1976-2002, les lames d’eau écoulées annuelles moyennes sont 28 à 36% plus faibles que celles de la période 1949-1976 (Meddi et al, 2009).

La sensibilité des ressources en eau au changement climatique à l’horizon 2020 a été analysée dans le cadre de la communication initiale de l’Algérie (Ministère de l’Aménagement du Territoire et de l’Environnement, 2001). Basée sur une hypothèse de doublement de l’allocation pour l’eau potable et l’industrie par rapport à 1997, et du doublement de la population en 2020, l’analyse estime les besoins en eau à 8.3 milliards de m<sup>3</sup>/an à l’horizon 2020, soit près du double du volume actuellement mobilisable. L’estimation des incidences dues aux changements climatiques, en matière de ressources en eau, est de l’ordre de 1,0 milliard de m<sup>3</sup> à l’horizon 2020 dans le cas du scénario moyen et de 1,9 dans le cas du scénario haut. En d’autres termes, le volume d’eau mobilisable est à la limite des besoins du pays dans le cas du scénario moyen. Il est inférieur de 0,8 milliard m<sup>3</sup> par rapport aux besoins du pays dans le cas du scénario haut (Ministère de l’Aménagement du Territoire et de l’Environnement, 2001).

Ces projections nécessitent plusieurs options d’adaptation dont le dessalement de l’eau de mer, la récupération des eaux usées, ou l’injection des eaux de surface dans les nappes souterraines (Plan National d’Action sur les Changements Climatiques (PNA-ACC, adopté en 2003). Les mesures d’adaptation préconisées par le PNA-ACC concernent l’utilisation de techniques optimales d’irrigation, la gestion intégrée des bassins versants, l’estimation de l’intensité et de la durée des épisodes pluvieux, des inondations et des sécheresses et l’évaluation des répercussions socio-économiques sur l’agriculture, les réseaux de distribution et les usagers, l’amélioration des connaissances sur les relations entre la variabilité climatique et la réponse hydrologique, l’identification des zones les plus vulnérables du point de vue des ressources en eau, et l’évaluation de la qualité de l’eau.

##### Agriculture et sécurité alimentaire

Directement liée à la question de l’eau, la problématique de l’agriculture et de la sécurité alimentaire exhibe une forte sensibilité au changement climatique en Algérie. L’Algérie fait partie des zones arides et semi-arides qui sont vulnérables et souffrent de sécheresses chroniques. L’impact du changement climatique sur la céréaliculture

en Algérie à l'horizon 2020 peut atteindre une diminution moyenne de rendement comprise en 10 et 20% (Tabet-Aoul, 2008).

Sur le plan climatique, l'augmentation de l'évaporation du sol peut accentuer son degré de salinité et provoquer sa dégradation. Le réchauffement pourrait entraîner un déplacement des saisons agricoles. Les impacts sur l'agriculture indiquent à l'avenir un hiver moins pluvieux et un printemps doux et pluvieux, ce qui pourrait impliquer un raccourcissement de la saison agricole. A terme, il serait nécessaire de réfléchir à une adaptation des espèces culturales, à de nouvelles pratiques agricoles et à la refonte du calendrier agricole traditionnel (Tabet-Aoul, 2008).

Parmi les problèmes cruciaux, il faut noter la déforestation, l'érosion des sols, la baisse de la qualité des terres agricoles et des parcours, la diminution quantitative et qualitative des ressources en eau, la dégradation des écosystèmes et l'assèchement des oueds. Les régions des Hauts Plateaux et la Steppe couvrent environ 70% des terres viables du Nord. Elles constituent de véritables potentiels agricoles et assurent la sécurité alimentaire du pays. Les changements climatiques constitueraient un risque additionnel pour ces régions déjà fragilisées. Situées dans les régions côtières, les terres productives représentent moins de 3% de la superficie totale. La concurrence entre le secteur de l'agriculture, l'industrie et l'extension urbaine constitue une pression très élevée sur ces régions qui dispose de sols peu profonds.

Du fait de la forte dépendance des cultures céréalières au régime pluviométrique, le déficit hydrique aurait un impact direct sur la réduction des rendements de céréales dont l'Algérie est dépendante à 80% de l'étranger. La demande totale des céréales en Algérie a été multipliée par cinq depuis l'indépendance, ce qui a engendré des importations massives (près de 7 millions de tonnes en 2004, soit un volume 21 fois supérieur à celui de 1965). La facture alimentaire dépasse 5 milliards par an et le Ministère de l'Agriculture anticipe des réductions moyennes de rendement de 10%. Le changement climatique affecterait également les légumes dont la productivité diminuerait de 15 à 30% en Algérie d'ici 2030 (Bindi et Moriondo, 2005).

#### Autres vulnérabilités

La variabilité naturelle du climat ou le changement climatique constitueraient un facteur d'aggravation de risques naturels déjà connus en Algérie. Parmi ces risques majeurs, il est possible de citer la désertification, les sécheresses, la dégradation des oasis, les tempêtes et les inondations ainsi que les invasions acridiennes.

#### Sécheresses et désertification

En raison de sa position géographique, de son climat, de la répartition déséquilibrée de sa population, et de la pauvreté relative en ressources hydriques, en sols et en couvert végétal, l'Algérie se trouve être particulièrement sensible à la désertification. Les changements climatiques, la pression démographique, les pratiques culturales et pastorales qui sont des facteurs aggravants risquent de rendre cette sensibilité plus prononcée dans les décennies à venir. Depuis plus de 40 ans, plusieurs stratégies ont été mises en œuvre : reboisement à des fins de régénération des terres perdues par les incendies et l'exploitation non contrôlée, protection des bassins versants contre l'érosion hydrique ou développement de l'activité économique sylvicole (Nedjraoui et Bédrani, 2008). Résultant des effets conjugués de modifications climatiques et de modes de développement, le processus de désertification est aggravé par la récurrence des périodes de sécheresses. Ce phénomène affecte de façon particulière les régions présahariennes et steppiques. La pression humaine a aggravé la situation par une mécanisation agricole abusive, le surpâturage qui est estimé de 1,5 à 3 fois supérieur aux possibilités réelles des ressources pastorales, ainsi que la salinisation des terres par une mauvaise utilisation des eaux et des techniques d'irrigation (Benslimane et al, 2008). Les sécheresses sont devenues chroniques avec un impact important sur l'approvisionnement en eau des populations et des secteurs socio-économiques. Ces sécheresses accentuent le phénomène de désertification, la salinisation des sols et l'augmentation de la pollution des eaux causée par la réduction de la dilution des polluants dans les cours d'eau (Benslimane et al, 2008). Ce contexte particulier indique clairement que la cause climatique n'est souvent qu'un facteur aggravant d'une situation de dégradation liée à une pression élevée sur les systèmes naturels.

### Dégradation des oasis

Les oasis sont généralement implantées dans des sites de dépression qui posent inexorablement le problème d'assainissement et de drainage. Les systèmes de drainage existant pour plusieurs périmètres (Oued Rhir, cuvette de Ouargla, El'menia, In Salah et une partie du Touat) sont déficients par manque d'entretien. Les autres palmeraies ne disposent pas encore de réseaux de drainage. La situation s'aggrave de plus en plus, notamment dans la zone de l'Oued Souf où les superficies irriguées augmentent du fait de l'extension des palmeraies et des rejets de plus en plus importants des eaux usées provenant des zones urbaines voisines. Ceci entraîne une remontée dangereuse de la nappe phréatique qui provoque par endroits l'effondrement des palmeraies, ainsi qu'une charge excessive en nitrates de la nappe phréatique. Des campagnes de mesures indiquent que ces teneurs en nitrates présentes dans la nappe phréatique ne cessent d'augmenter et de dépasser largement la norme de potabilité. Par ailleurs, d'autres facteurs de dégradation des oasis sahariennes sont engendrés par le phénomène de vieillissement du verger phoenicicole par faute de régénération, le *bayoud*, véritable fléau des palmiers dattiers, les attaques d'insectes et l'absence de traitement phytosanitaire, la baisse de fertilité des sols, ainsi que la déficience du système d'irrigation. Sur le plan économique et social, le développement des activités pétrolières et le phénomène de l'urbanisation autour des principales oasis a provoqué l'exode de la main d'œuvre jeune qui fuit le travail contraignant des palmeraies. En résumé, la cause climatique n'explique pas directement la dégradation des milieux oasiens, mais elle peut exacerber des causes non climatiques liées aux modes et aux pratiques de développement dans ces régions.

### Tempêtes et inondations

Le potentiel destructeur des tempêtes en Algérie a souvent été signalé. Ces phénomènes extrêmes peuvent affecter tout le pays et provoquer des dégâts humains et matériels considérables. Les exemples les plus frappants sont ceux de décembre 1967, mars 1974, décembre 1980 ou octobre 2001 (Behlouli, 2008). Les inondations plus ou moins importantes affectent le pays de façon récurrente. Elles touchent l'ensemble du territoire national et peuvent se produire au cours de n'importe quel mois de l'année avec cependant une prédominance pour la période allant de l'automne au printemps. La plus récente est celle de Ghardaïa en octobre 2008 (Behlouli, 2008).

### Invasion acridienne

L'invasion acridienne constitue un fléau à l'échelle régionale et touche périodiquement le pays. Elle peut provoquer la destruction quasi totale des cultures. Cette invasion est localisée entre le 15° et le 45°N et affecte une superficie de 30 000 000 km<sup>2</sup>. Les principales zones de pénétration des criquets en Algérie sont le Mali, le Niger, la Mauritanie et le Maroc. C'était le cas de l'invasion acridienne des années 1954-1955 et de celle des années 1987-1988 (Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, 2001). En 1987, un réseau de surveillance couplé au réseau météorologique a été mis en place, dans le grand Sud, par l'Institut National pour la Protection des Végétaux (INPV) et l'ONM.

### Un potentiel d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre (GES)

La demande croissante des besoins en énergie pour les secteurs du développement exigent un vaste programme d'investissement dans la production d'électricité. Les actions planifiées dans ce domaine prennent en considération la contrainte environnementale incluant la réduction des GES et la préservation des ressources énergétiques.

Le PNA-ACC a envisagé des mesures multiples incluant l'atténuation des GES (Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, 2003). Il est possible de citer notamment la récupération des gaz torchés des puits de pétrole (80 à 90% à l'horizon 2020), la généralisation de l'utilisation du gaz dans les raffineries de pétrole, la généralisation de l'utilisation du gaz pour les besoins domestiques (passer de 1,4 à 3 millions de foyers en 2020), le traitement des rejets industriels et des boues de forage, le renouvellement des centrales électriques, ainsi que le développement des réseaux gaz naturel comprimé (GNC) et gaz de pétrole liquéfié (GPL) et d'essence sans plomb (Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, 2003). Par ailleurs, le plan accorde un intérêt particulier au développement des énergies renouvelables et notamment les applications

de l'énergie solaire, compte tenu que l'Algérie présente un champ d'application privilégié pour le développement et la promotion de l'industrie héliotechnique, science pratique de l'utilisation de l'énergie solaire et des appareils nécessaires à sa transformation (électricité, industrie, habitat) (Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, 2003). Dans le domaine de la séquestration du dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), il est envisagé de mettre en place des infrastructures indispensables pour le stockage et la séquestration du CO<sub>2</sub> au niveau du gisement gazier de In Salah (Projet CO<sub>2</sub> In-Salah). Les quantités récupérées sont évaluées à 1,2 millions de tonnes/an soit 20 millions de tonnes pour la durée de l'exploitation du gisement, équivaut à la réduction de GES résultant de 200 mille véhicules du parc routier roulant à une vitesse moyenne de 80 km/h (Riddiford et al., 2003).

## **Perspectives**

### L'adaptation au changement climatique des politiques et des acteurs (secteurs privé et Organisation Non Gouvernementale - ONG)

A l'instar des autres pays du Maghreb, l'Algérie affronte depuis une vingtaine d'années la problématique nouvelle des changements climatiques. Le pays prend progressivement conscience de l'importance cruciale de la dimension de la vulnérabilité et de l'adaptation aux impacts au changement global.

Les efforts se sont d'abord concentrés sur le renforcement des capacités des acteurs en Algérie, incluant la société civile et le secteur privé. L'élaboration de la communication nationale initiale (Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, 2001) et de la seconde communication nationale (prévue en 2009) a constitué le cadre idéal pour tester les capacités d'intégration de cette problématique dans les processus de développement économique et social du pays. Plusieurs mesures institutionnelles ont résulté de l'ensemble des actions engagées dans ce domaine.

Sur le plan climatique, le réchauffement global entraînerait certainement une perturbation du régime pluviométrique et influencerait sur la fréquence des phénomènes extrêmes, tels que les vagues de chaleur, les sécheresses ou les inondations en Algérie. Avec un très faible taux d'émission de GES, le pays est néanmoins extrêmement exposé aux impacts négatifs en raison de ressources naturelles fragiles et de politiques de développement rapide axés sur les problématiques urgentes de l'agriculture, la santé, l'emploi et la pauvreté.

Les stratégies d'adaptation au changement climatique sont conçues à différents niveaux. En matière de systèmes de surveillance et d'évaluation, les institutions intermédiaires constituent le prolongement scientifique et technique des pouvoirs publics. Plusieurs institutions ont été créées et œuvrent de façon directe ou indirecte dans le domaine des changements climatiques en Algérie. Il faut notamment citer l'Agence Nationale des Changements Climatiques (ANCC, 2005), l'Autorité Nationale Désignée (AND prévue par le Protocole de Kyoto, 2006), le Commissariat National du Littoral (CNL, 2004), la délégation nationale aux risques majeurs (DNRM), l'Observatoire National de l'Environnement et du Développement Durable (ONEDD, 2003), le Conservatoire National des Formations à l'Environnement (CNFE, 2002), l'agence nationale des déchets (2002), le Centre national des technologies production plus propre (CNTPP, 2002), le Conseil National d'Aménagement et de Développement Durable du territoire (CNADD). Ces institutions s'ajoutent aux structures existantes, telles que l'ONM (1975), l'IHFR (1970) ou l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH, 1981).

La question du changement climatique a constitué une préoccupation d'autres sphères, dont la société civile, le monde de l'éducation et les médias. Au cours des 10 dernières années, un nombre croissant d'articles de presse est le témoignage d'un sujet important pour l'opinion publique. Il est vrai que le débat mondial sur le climat et notamment le cycle des négociations internationales, conjugué à l'occurrence de phénomènes climatiques extrêmes récurrents dans le monde, ont contribué à cet effet médiatique. La société civile tente également d'inscrire cette préoccupation dans son champ d'action et de multiples initiatives de sensibilisation voient le jour. Le secteur de l'éducation a commencé à s'y intéresser depuis quelques années. Le renouvellement des programmes a permis d'introduire des notions étendues liées à l'effet de serre ou au dérèglement climatique et ses impacts. L'effort doit être poursuivi par la formation des enseignants et l'utilisation de moyens offerts par les technologies de l'information et de la communication (TIC). La recherche scientifique hésite encore à s'investir

résolument dans cette thématique. Malgré l'existence d'un ambitieux Programme National de Recherche (articulé autour de 34 thèmes majeurs), la question du changement climatique n'y est pas abordée explicitement. Les quelques actions de recherche de certains laboratoires ou centres de recherche relèvent plus de l'action volontariste et des timides mises en réseau commencent à voir le jour. La participation aux programmes internationaux dédiés à cette problématique est encore limitée. Récemment, le Ministère de l'Environnement, de l'Aménagement du Territoire et du Tourisme (MATET) a lancé en 2009 un appel à projets de recherche sur le changement climatique. Enfin, le secteur privé ne semble pas avoir pleinement pris la mesure de l'intérêt de participer plus activement aux actions liées au changement climatique, notamment le Mécanisme de Développement Propre (MDP). Aucun projet n'est actuellement mis en œuvre dans le cadre du MDP en Algérie. Des actions antérieures ont porté sur la réduction des gaz torchés.

#### Valoriser le potentiel d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre (GES)

La production et l'utilisation de l'énergie constituent un premier gisement important de réduction des émissions de GES en Algérie. L'Algérie est classée troisième pays au monde en termes de capacités d'énergies renouvelables (ENR). Son potentiel est évalué à plus de 6000 mégawatts. Le potentiel énergétique algérien est l'équivalent de 4 fois la consommation mondiale annuelle. Les évaluations du potentiel en énergies renouvelables en Algérie sont de 169 440 Téra Watt heure (TWh)/an pour le solaire thermique, 13,9 TWh/an pour le solaire photovoltaïque et 35 TWh/an pour l'éolien (Derriche, 2007). Une entreprise créée en 2002, New Energy Algeria (NEAL), est chargée de la promotion et le développement des ENR (Ministère de l'Energie et des Mines, 2007).

La Commission de régulation de l'électricité et du gaz (Creg) a élaboré le programme des besoins de production d'électricité jusqu'à 2015. Une contribution importante est accordée aux ENR, estimée à 5% dans la satisfaction des besoins de l'énergie électrique d'ici 2015 (Agence de Promotion et de Rationalisation de l'Utilisation de l'Energie, 2007). La production d'électricité de base utilisera le cycle combiné. Pour la production de moyens de pointe, les turbines à gaz seront privilégiées. La part de production d'électricité en cycle combiné est passée de 10% en 2006 à 24% en 2008. Elle sera de 34% en 2010 pour atteindre 60% en 2025 (Agence de Promotion et de Rationalisation de l'Utilisation de l'Energie, 2007). Les centrales en cycle combinés viendront remplacer les turbines à vapeur qui constituent actuellement le mode de production de base. La quantité d'émission de CO<sub>2</sub> évitée en 2020 est évaluée à 21 470 940 tonnes équivalent CO<sub>2</sub> (Teq CO<sub>2</sub>), tandis que, la quantité cumulée d'émission de CO<sub>2</sub> évitée sur la période 2006-2020 est de 171 066 153 Teq CO<sub>2</sub> (Agence de Promotion et de Rationalisation de l'Utilisation de l'Energie, 2007).

La première centrale hybride solaire-gaz installée à Hassi R'mel produira 150 mégawatt (MW) dont 34,3 MW en solaire thermique (Mission économique d'Alger, 2009). Cette centrale entrera en production à partir de 2010.

Progressivement, la filière du solaire thermique s'est imposée comme une réelle alternative énergétique. La synergie solaire-gaz constitue un atout déterminant car son impact sur les coûts de production des hybrides est très significatif. Enfin, la flexibilité de l'alternative électricité solaire au cycle combiné permet de réduire le recours au gaz qui risque d'atteindre des niveaux difficiles à soutenir à moyen et long termes.

Par ailleurs, un programme de réduction des gaz torchés au niveau des champs pétroliers en Algérie a permis une récupération de près de 133 milliards de m<sup>3</sup> sur la période allant de 1980 à 2001. Les volumes de gaz torchés sont passés de 9,8 milliards de m<sup>3</sup> en 1980 à 4 milliards de m<sup>3</sup> en 2001. Sur une production globale de 176 milliards de m<sup>3</sup> de gaz associés et non associés, les gaz torchés ne représentent plus aujourd'hui qu'un taux de 2,9%, soit 5,2 milliards de m<sup>3</sup> ainsi qu'un ratio gaz associés torchés sur gaz produits qui est passé de 80% en 1970 à 11% en 2003. L'objectif à l'horizon 2010 est d'arriver à éliminer totalement le torchage de la production (Sonatrach, 2003).

Les stratégies énergétiques futures permettent d'envisager plusieurs possibilités de réduction et de valorisation des GES. A titre illustratif, l'introduction du cycle combiné dans la production d'électricité permettra une économie d'énergie estimée à 14 119 922 960 gigajoule (GJ) d'ici 2020. La quantité d'émission de CO<sub>2</sub> évitée en 2020 est évaluée à 21 470 940 Teq CO<sub>2</sub>, tandis que la quantité cumulée d'émission de CO<sub>2</sub> évitée sur la

période 2006-2020 est de 171 066 153 Teq CO<sub>2</sub> (Agence de Promotion et de Rationalisation de l'Utilisation de l'Energie, 2007).

## CONCLUSIONS

Située en zone aride, l'Algérie est soumise aux aléas du climat et subit depuis longtemps les conséquences de sécheresses chroniques. Le changement climatique ressenti depuis le milieu des années 1970 constitue une menace supplémentaire qui s'exprime en termes de réduction des précipitations, notamment sur le Nord du pays. Les analyses de longues séries sur le Nord de l'Algérie confirment les signaux du réchauffement global ainsi que la réduction sensible du régime pluviométrique sur plusieurs régions en Algérie. Les impacts affecteront en priorité des secteurs sensibles, tels que les ressources en eau ou l'agriculture. Le changement climatique constitue un facteur d'aggravation de risques naturels déjà connus en Algérie, parmi lesquels il est possible de citer la désertification, les sécheresses, la dégradation des oasis, les tempêtes, les inondations et les invasions acridiennes. Le PNA-ACC, adopté en 2003, a envisagé des mesures d'adaptation au changement climatique en Algérie. Le potentiel d'atténuation inclut des actions telles que la récupération des gaz torchés des puits de pétrole, la maîtrise de l'énergie, la généralisation de l'utilisation du gaz naturel pour l'industrie ou les ménages, et la séquestration du CO<sub>2</sub>. Les stratégies d'adaptation au changement climatique ont permis de mettre en œuvre de nouvelles institutions dédiées au climat (Agence Nationale des Changements Climatiques). Cependant, le marché du carbone n'est pas encore pleinement investi et aucun projet n'est actuellement mis en œuvre dans le cadre du MDP en Algérie. Pour être durable, une telle stratégie doit s'appuyer sur des actions fortes dans le domaine scientifique, notamment la modélisation fine des impacts, l'éducation et la sensibilisation, les négociations internationales et l'intégration régionale.

## REFERENCES

- Agence de Promotion et de Rationalisation de l'Utilisation de l'Energie (APRUE) (2007) Consommation Energétique Finale de l'Algérie - Chiffres clés Année 2005. République Algérienne Démocratique et Populaire, Ministère de l'Energie et des Mines, Edition 2007, 12 p.
- Behloul L. (2008) Crues et inondations en Algérie. Présentation – ANRH - Ministère des ressources en eau. Disponible sur <[http://www.emi.ac.ma/OSGC\\_CRASTE\\_2008/Communications/BEHLOULI%20\(ANRH%20-%20Algérie\).pdf](http://www.emi.ac.ma/OSGC_CRASTE_2008/Communications/BEHLOULI%20(ANRH%20-%20Algérie).pdf)>.
- Benslimane M., Hamimed A., El Zerey W., Khaldi A. et Mederbal K. (2008) Analyse et suivi du phénomène de la désertification en Algérie du nord. *Vertigo*, 8(3), 1-9.
- Bindi M. et Moriondo M. (2005) Impact of a 2 °C global temperature rise on the Mediterranean region: Agriculture analysis assessment. Dans « Climate change impacts in the Mediterranean resulting from a 2 °C global temperature rise », Giannakopoulos C., Bindi M., Moriondo M., LeSager P. et Tin T., WWF report, Gland, Suisse, pp. 54-66.
- CIRCE Integrated Project (2008) Climate Change and Impact Research: the Mediterranean Environment. Supported by the European Commission's Sixth Framework Programme, Sustainable Development, Global Change and Ecosystems, Project No. 036961, <[www.circeproject.eu](http://www.circeproject.eu)>.
- Giannakopoulos C., Bindi M., Moriondo M., LeSager P. et Tin T. (2005) Climate change impacts in the mediterranean resulting from a 2 °C global temperature rise. WWF report, Gland, Suisse, 67 p.
- Giorgi F. et Lionello P. (2008) Climate change projections for the Mediterranean region. *Global and Planetary Change*, 63(2-3), 90-104.
- Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC) (2001) Changements climatiques 2001 : Rapport de synthèse. Contribution des Groupes de travail I, II, et III au troisième rapport d'évaluation du Groupe

d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat [Édité par Watson R.T. de la Banque Mondiale et l'Équipe de rédaction principale]. GIEC, Genève, Suisse, 184 p.

Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC) (2007a) Bilan 2007 des changements climatiques : Rapport de synthèse. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat [Équipe de rédaction principale, Pachauri, R.K. et Reisinger, A.]. GIEC, Genève, Suisse, 103 p.

Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC) (2007b) Annexe I : Guide de l'utilisateur et accès à des informations plus détaillées. Dans « Bilan 2007 des changements climatiques : Rapport de synthèse ». Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat [Équipe de rédaction principale, Pachauri, R.K. et Reisinger, A.]. GIEC, Genève, Suisse, pp. 75.

Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC) (2007c) Annexe II : Glossaire. Dans « Bilan 2007 des changements climatiques : Rapport de synthèse ». Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat [Rédacteurs, Baede A.P.M., Corédacteurs, van der Linden P. et Verbruggen A.]. GIEC, Genève, Suisse, pp. 76-89.

Meddi H. et Meddi M. (2007) Variabilité spatiale et temporelle des précipitations du Nord-Ouest de l'Algérie. *Geographia Technica*, 2, 49-55.

Meddi M., Talia A. et Martin C. (2009) Evolution récente des conditions climatiques et des écoulements sur le bassin versant de la Macta (Nord-Ouest de l'Algérie). *Physio-Géo Géographie Physique et Environnement III*, 61-84

Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement (2001) Communication Nationale Initiale : Elaboration de la stratégie et du plan d'action national des changements climatiques. République Algérienne Démocratique et Populaire, Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, Direction Générale de l'Environnement, Projet national ALG/98/G31, Mars 2001, 155 p.

Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement (2003) Rapport sur l'état et l'avenir de l'environnement. République Algérienne Démocratique et Populaire, 465 p.

Ministère de l'Energie et des Mines (MEM) (2007). Bilan du Secteur de l'Energie et des Mines 2000-2006. République Algérienne Démocratique et Populaire, MEM, Direction des Systèmes d'information des Analyses Economiques et de la Documentation, Edition mars 2007, 28 p.

Mission économique d'Alger (2009) Les énergies renouvelables en Algérie. Fiche Technique, UBIFRANCE et les Missions Economiques, Avril 2009. 4 p.

Nedjraoui D. et Bédrani S. (2008) La désertification dans les steppes algériennes : causes, impacts et actions de lutte. *VertigO*, 8(1).

Derriche M. (2007) Enjeux & Défis et Perspectives – Expérience Algérienne. New Energy Algeria (NEAL). Présentation disponible sur [http://www.rural-electrification.com/cms/upload/pdf/Presentationen\\_Infotag\\_Algerien/NEAL\\_M\\_Derriche.pdf](http://www.rural-electrification.com/cms/upload/pdf/Presentationen_Infotag_Algerien/NEAL_M_Derriche.pdf).

Riddiford A.F., Akretche S. et Tourqui A. (2003) Storage and Sequestration of CO<sub>2</sub> in the In Salah Gas Project. 22<sup>nd</sup> World Gas Conference (WGC) – Catalysing an Eco-Responsible Future, 1-5 juin 2003, Tokyo, Japon.

Sonatrach (2003) Rapport annuel 2003. Disponible sur <http://www.sonatrach-dz.com/pdf/rapport/rap-2003fr.pdf>, 80 p.

Tabet-Aoul M. (2008) Impacts du changement climatique sur les agricultures et les ressources hydriques au Maghreb. Les notes d'alerte du Centre International de Hautes Etudes Agronomiques Méditerranéennes (CIHEAM), N° 48 – 4 juin 2008, 6 p.

## CHAPITRE 2

# LE CHANGEMENT CLIMATIQUE AU MAROC : REALITES ET PERSPECTIVES

**T. BALAFREJ\***

Expert en changement climatique

Ancien directeur et point focal du Maroc auprès de la Convention sur le Climat  
Maroc

### RESUME

Cet article a pour objet de présenter de manière synthétique la situation du Maroc face au phénomène du changement climatique. La question climatique se trouvant désormais au centre de la scène mondiale, les perspectives qui s'offrent au Maroc sont traitées sous l'angle des opportunités offertes pour assurer son développement durable. Après une description assez sommaire des différents indicateurs de vulnérabilité du Maroc, l'article fait une lecture des politiques d'adaptation et du potentiel d'atténuation. L'avenir du Maroc est dépendant des solutions qu'il saura apporter aux questions de l'énergie et de l'eau. Or ces questions sont au cœur des politiques que tout pays doit mener pour réussir son adaptation mais aussi pour contribuer à réduire les pollutions et émissions liées aux énergies fossiles. Atténuation et adaptation doivent aller de pair. A la lumière des résultats de la conférence de Copenhague (COP15 – 7-18 décembre 2009), la dynamique qui s'en suivra pourrait être profitable, pour peu que les politiques appropriées soient élaborées.

Mots clés : Maroc, Climat, Atténuation, Adaptation, Economie décarbonée.

---

\*Auteur correspondant : Pr. BALAFREJ Taha – Email : [tahabalafrej@gmail.com](mailto:tahabalafrej@gmail.com)

## INTRODUCTION

Aujourd'hui le changement climatique est considéré comme un défi planétaire urgent, aussi bien par la grande majorité des scientifiques que, de plus en plus, dans la sphère des décideurs politiques et économiques.

Le couronnement de la prise de conscience de ce phénomène par l'opinion publique mondiale peut être daté d'octobre 2007 lorsque le Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC) a été distingué par le prix Nobel de la Paix. Dans son communiqué d'annonce, l'Académie du Prix Nobel affirmait que ce prix prestigieux a été décerné au GIEC en récompense de « ses efforts pour accumuler et diffuser la plus grande connaissance au sujet du changement climatique d'origine humaine et pour asseoir les fondations des mesures nécessaires afin de faire face à ce changement » (Nobel Foundation, 2007).

Les thèmes de vulnérabilité et d'adaptation au changement climatique sont désormais traités à la lumière des données, informations, analyses, scénarii, conclusions et recommandations du GIEC. Depuis la parution d'un premier rapport d'évaluation en 1990, le GIEC est allé en affinant ses données jusqu'à la quatrième édition de 2007. Celle-ci a clairement conclu à la responsabilité des activités humaines dans le changement climatique, à travers les émissions des gaz à effet de serre (GES) (Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat, 2007a).

Ces données, utiles à l'échelle planétaire ou régionale, doivent cependant être complétées par les appréciations nationales du phénomène pour mieux en cerner les dangers et mieux définir les ripostes à lui apporter au niveau d'un pays et même au niveau local.

Au titre de la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC), dans ses articles 4 et 12 (Nations Unies, 1992), chaque Partie se doit de communiquer régulièrement à la Conférence des Parties l'inventaire de ses émissions de GES ainsi que ses programmes destinés à atténuer les effets des changements climatiques et à faciliter une adaptation appropriée à ces changements.

Ces rapports, connus sous l'appellation Communication Nationale, offrent aussi l'occasion de renforcer les capacités techniques et institutionnelles du pays afin de l'aider à intégrer les préoccupations liées aux changements climatiques dans les priorités nationales et sectorielles de développement. Un appui financier du Fonds pour l'Environnement Mondial (FEM) et un soutien technique des agences de l'Organisation des Nations Unies (ONU) sont mis à la disposition des pays pour leur permettre de s'acquitter de cet engagement vis-à-vis de la communauté internationale.

Le Maroc a signé la CCNUCC lors de la Conférence des Nations Unies pour l'Environnement et le Développement (CNUED) tenue à Rio de Janeiro, en juin 1992. Il l'a ratifiée en décembre 1995 et a été parmi les premiers pays en développement à présenter sa première communication nationale en 2001 et à bénéficier dès 2003 du financement du FEM pour l'élaboration de la seconde communication. Avec du retard sur le calendrier prévu, il a été annoncé que la nouvelle communication nationale devrait finalement être présentée avant la fin de l'année 2009. Les grandes lignes et les premières conclusions de ce rapport ont été rendues publiques en février 2009, lors de la conférence nationale sur les changements climatiques (<http://go.worldbank.org/LH7U8VP8L0>) qui a été organisée conjointement par le Ministère des Affaires Economiques et Générales et la Banque Mondiale.

Le présent article puisera dans les présentations faites lors de cette conférence pour décrire la vulnérabilité du Maroc au changement climatique et pour faire le tour des mesures d'adaptation nécessaires pour y faire face.

Nous tenterons de montrer que ce phénomène ne doit plus être considéré seulement comme une menace. Ce défi offre en effet un spectre d'opportunités ouvrant la voie à un développement durable dans le cadre de l'économie sobre en carbone que la communauté internationale devrait mettre en place au moyen d'une croissance verte et équitable.

## VULNERABILITES

Par son appartenance au bassin méditerranéen et au continent africain qui sont classés parmi les plus vulnérables au changement climatique, le Maroc subit d'ores et déjà les effets négatifs de ce changement.

Le Quatrième Rapport du GIEC est très clair dans ses conclusions décrivant la vulnérabilité du continent africain (Encadré 1 - Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat, 2007a), et qui intéressent le Maroc étant donnée sa position géographique centrale dans les mouvements de populations liés au changement climatique.

### **ENCADRE 1 : Vulnérabilité du continent africain (Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat, 2007a)**

- En 2020, entre 75 et 250 millions de personnes sont prévus d'être exposés à un stress hydrique accru en raison du changement climatique.
- En 2020, dans certains pays, les rendements de l'agriculture pluviale pourraient être réduits de près de 50%. La production agricole, y compris l'accès à la nourriture, dans de nombreux pays africains est prévue d'être gravement compromise. Ceci nuirait encore à la sécurité alimentaire et aggraverait la malnutrition.
- Vers la fin du 21<sup>ème</sup> siècle, l'élévation du niveau de la mer prévue affectera les zones côtières de faible élévation et les plus peuplées. Le coût de l'adaptation pourrait s'élever à au moins 5 à 10% du produit intérieur brut (PIB).
- En 2080, une augmentation de 5 à 8% des zones arides et semi-arides en Afrique est prévue dans le cadre d'un éventail de scénarios climatiques.

Les secteurs généralement identifiés comme particulièrement vulnérables au Maroc sont ceux des ressources en eau, de l'agriculture, du littoral et de la foresterie. Seuls les deux premiers secteurs ont été traités dans la communication nationale initiale (Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Urbanisme, de l'Habitat et de l'Environnement, 2001). Ces lacunes ont fait l'objet de tentative de rattrapage pour la seconde communication nationale.

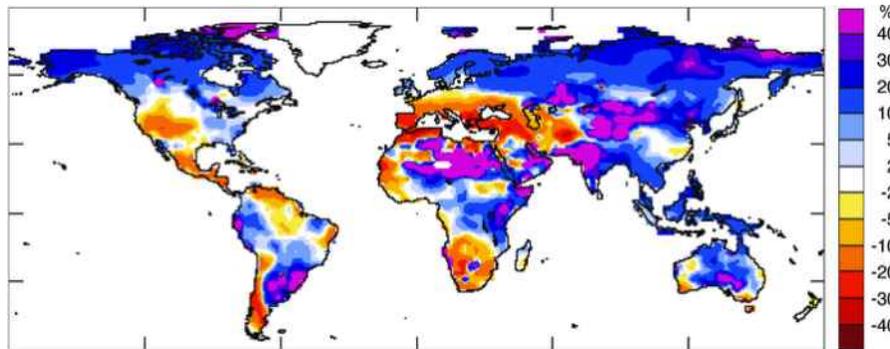
Le secteur de l'eau jouit naturellement de la priorité étant donné que les ressources en eau connaissent une répartition spatio-temporelle fortement irrégulière. Ces ressources sont constamment soumises à des pressions croissantes dues à l'augmentation des besoins et à leur dégradation qualitative et quantitative due au développement urbain et industriel.

Ces ressources, estimées à quelques 20 Milliards de m<sup>3</sup>, donnent une moyenne de 700 m<sup>3</sup> par habitant et par an, ce qui est reconnu comme une situation de stress hydrique assez élevé (Firadi, 2008). Les tendances indiquent que ces ressources se feront de plus en plus rares à cause des sécheresses plus fréquentes et plus longues qui frappent le Maroc. Cette tendance de raréfaction se lit dans la réduction des apports d'eau des barrages qui ont baissé de 35% en comparant la période 1970-2005 à la période 1940-1970 (Firadi, 2008).

En outre, la vulnérabilité dans le secteur de l'eau est caractérisée par les extrêmes climatiques, puisque les séquences de sécheresse peuvent alterner avec des séquences d'inondations, comme cela fut le cas, par exemple, en 1995 (Ourika), 1996 (El Jadida, Mohammedia, BeniMellal, Casablanca, Kenitra), 2002 (Mohammedia). Ces inondations revêtent parfois un caractère dévastateur provoquant pertes en vies humaines et dégâts économiques importants.

Cette situation critique est aggravée par un mode de gestion peu enclin à l'économie et caractérisé par de déplorables pertes d'eau dans l'agriculture irriguée et les réseaux d'adduction d'eau potable. La surexploitation des ressources souterraines conduit à des baisses qui dépassent parfois 2 m par an. A cela il faut ajouter le fait que seulement 8% des 600 milliards de m<sup>3</sup> (Nbou et Jalil, 2009) d'eaux usées sont traitées, la pollution subie par les cours d'eau et les nappes phréatiques, ainsi que les pertes que connaissent les capacités de stockage des barrages à cause de l'envasement et qui sont estimées à près de 7% (Nbou et Jalil, 2009).

D'après la Figure 1, un changement de pluviométrie affectera tout le bassin méditerranéen et augmentera sa vulnérabilité.



**Figure 1. Evolution pluviométrique annuelle pour 2041-60 relativement à 1900-70, en pourcentage, sous le scénario d'émissions SRES A1B et basé sur un ensemble de 12 modèles climatique (Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat, 2007b)**

Dans une étude récente menée par des institutions marocaines (Ministère de l'Agriculture et de la Pêche Maritime-MADRPM, Institut National de la Recherche Agronomique-INRA et Direction de la Météorologie Nationale) et internationales (Banque Mondiale et Food and Agriculture Organization of the United Nations-FAO) (Banque mondiale, 2009a), cette vulnérabilité se fait encore plus précise : « Par rapport à la période 1961-1990, la baisse des précipitations va concerner tout le pays, surtout à l'horizon 2071-2099. Selon le scénario le plus pessimiste, la pluviométrie annuelle baissera de l'ordre de 20% d'ici 2050 et de 40% à l'horizon 2080, à l'exception de la zone Saharienne où la baisse sera de 16% en 2080. ».

La priorité accordée au secteur agricole se justifie par l'importance de ce secteur dans l'économie marocaine. En effet, la contribution de ce secteur au Produit Intérieur Brut (PIB) varie de 13 à 23% selon les fluctuations climatiques annuelles, et son apport en matière d'emplois est estimé à 80% dans les zones rurales et à près de 50% au niveau national (Nbou et Jalil, 2009). La dépendance de ce secteur, et donc du PIB national, à l'égard du climat est due au fait que 83% des superficies sont au régime de l'agriculture pluviale contre 17% seulement pour l'agriculture irriguée (Nbou et Jalil, 2009). Par ailleurs, l'occupation du sol est dominée par la culture des céréales, dont le rendement est fortement dépendant de la quantité et de la répartition saisonnière des précipitations.

Le changement climatique a également des effets négatifs sur la production animale, elle-même liée à la production végétale des terres de parcours, et aussi sur le rendement de certaines cultures, comme l'arboriculture. Cette vulnérabilité au réchauffement, et en particulier aux pics de températures qui sont constatés dans telle ou telle région, est à l'origine de dégâts de plus en plus importants. Ainsi, durant l'été 2003 « près de 5 millions de volailles ont été décimées par la chaleur au Maroc, provoquant 100 millions de Dirhams marocains (MAD) de pertes pour le secteur avicole qui se dit sinistré. » (Chaoui, 2003). En 2009, ce même secteur a été de nouveau mis à rude épreuve à cause des chaleurs exceptionnelles qui y ont été enregistrées. Les mortalités signalées dans les exploitations et les pertes de performance ont réduit l'offre sur le marché et provoqué une envolée des prix sans précédent.

La concentration des activités socioéconomiques marocaines sur le littoral, aussi bien Atlantique que Méditerranéen, ainsi que l'urbanisation et la densité démographique qu'il connaît, constituent des facteurs de vulnérabilité importants du Maroc face au risque d'élévation du niveau de la mer. Cette vulnérabilité du littoral marocain a fait l'objet d'une étude financée par le Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE) en 2005 qui avait conclu aux constatations suivantes (Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Urbanisme, de l'Habitat et de l'Environnement et Programme des Nations Unies pour l'Environnement, 2005) :

- Une variation du niveau marin même de quelques décimètres peut, dans différents segments côtiers, entraîner un retrait sensible du rivage soit par érosion soit par submersion ;
- L'intrusion des eaux marines peut menacer de conduire à des formes de dégradation par salinisation dans des terrains étendus exploités par l'agriculture côtière ;

- Les principaux ouvrages littoraux des aménagements portuaires, lagunaires et d'assainissement, ainsi que le secteur touristique balnéaire en plein essor, sont aussi vulnérables à l'élévation du niveau de la mer.

Dans son estimation préliminaire de la vulnérabilité du littoral marocain, cette étude (Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Urbanisme, de l'Habitat et de l'Environnement et Programme des Nations Unies pour l'Environnement, 2005) avait mis l'accent sur des zones aussi importantes que la lagune de Nador, la lagune d'Oualidia-Sidi Moussa, l'estuaire de Sebou, comme sur les agglomérations urbaines de Tanger, Casablanca, Mohammedia et Agadir.

La vulnérabilité de la forêt marocaine est caractérisée par des facteurs anthropiques, allant du surpâturage et ses impacts sur la régénération naturelle des différentes essences, aux incendies, en passant par les coupes abusives du bois de feu et l'érosion et la dégradation des sols au niveau des bassins versants. A cela s'ajoutent des facteurs climatiques, notamment la diminution des pluies et la succession des périodes de sécheresse, qui impactent la dynamique de la forêt Marocaine. La forêt de Maâmoura connaît une mortalité massive des arbres sur pied en l'absence de jeunes semis. La cédraie du Moyen Atlas vit un déséquilibre qui se traduit par des difficultés de régénération naturelle, le recul de la surface, les dépérissements, auxquels s'ajoute le passage de la cédraie pure à la cédraie mélangée avec le chêne vert et la disparition du cèdre des versants Sud.

## ADAPTATION

Comme tous les pays vulnérables, le Maroc est appelé à relever le défi de l'adaptation, en prenant les mesures appropriées face à l'évolution du climat. Dans son cas spécifique, il s'agirait pour le Maroc de faire face essentiellement aux effets de la hausse des températures, de la raréfaction des ressources en eau, de l'élévation du niveau de la mer et de la fréquence accrue des inondations. Tout en prenant compte des changements actuels, il lui faut anticiper les changements à venir, dans les systèmes humains et naturels, particulièrement dans le secteur agricole en relation avec la sécurité alimentaire et le développement des zones rurales.

Plus que d'outils ou de politiques d'adaptation réactionnelle, les pouvoirs publics se doivent de se doter de stratégies anticipatoires basées sur une compréhension structurée des modifications des conditions bioclimatiques à moyen et long terme.

Des efforts doivent être faits pour améliorer les capacités de formulation des mesures d'adaptation. Ces capacités restent limitées dans un domaine qui traite du long terme, exige la fiabilité des données, la vision intégrée et une connaissance approfondie des différents progrès techniques et technologiques accomplis dans d'autres pays. Ces mesures doivent être formulées en tenant compte de ces progrès mais aussi des circonstances nationales, des priorités de développement au niveau local et national, de l'évaluation économique des ces mesures, etc.

De manière générale, pour l'adaptation dans le secteur de l'eau, les mesures communément reprises dans les documents officiels et figurant dans les recommandations de la Seconde Communication Nationale (Nbou et Jalil, 2009) sont résumées dans l'encadré 2.

Dans le secteur de l'agriculture, les politiques d'adaptation visent, en général, d'un côté, à résister aux modifications du climat et adapter les systèmes cultureux et hydriques et de l'autre, à organiser la modernisation de l'agriculture face à l'inadaptabilité croissante à l'environnement bioclimatique. Si de tout temps les agriculteurs se sont adaptés aux variations des conditions climatiques, ils restent souvent désemparés face aux changements rapides en cours, les actions d'adaptation autonome ne pouvant plus suffire face à l'ampleur des menaces.

**ENCADRE 2 : Mesures d'adaptation dans le secteur de l'eau  
(Nbou et Jalil, 2009)**

**Économie de l'eau**

- Tarification, Sensibilisation, etc.
- Amélioration du rendement des installations (Pertes dans le réseau, etc.)
- Économie de l'Eau en agriculture
- Économie de l'eau industrielle

**Réhabilitation des ouvrages existants**

- Lutte contre l'érosion
- Mobilisation à l'aide de petits barrages collinaires
- Interconnexions et transferts

**Observation systématique**

- Réseaux de télémesure hydrologique
- Systèmes de bases de données fiables et actualisées
- Systèmes d'alerte précoce des sécheresses
- Modèles de prévision hydrologique

**Ressources en eau non conventionnelles**

- Réutilisation des Eaux Usées Épurées
- Dessalement d'eau de mer

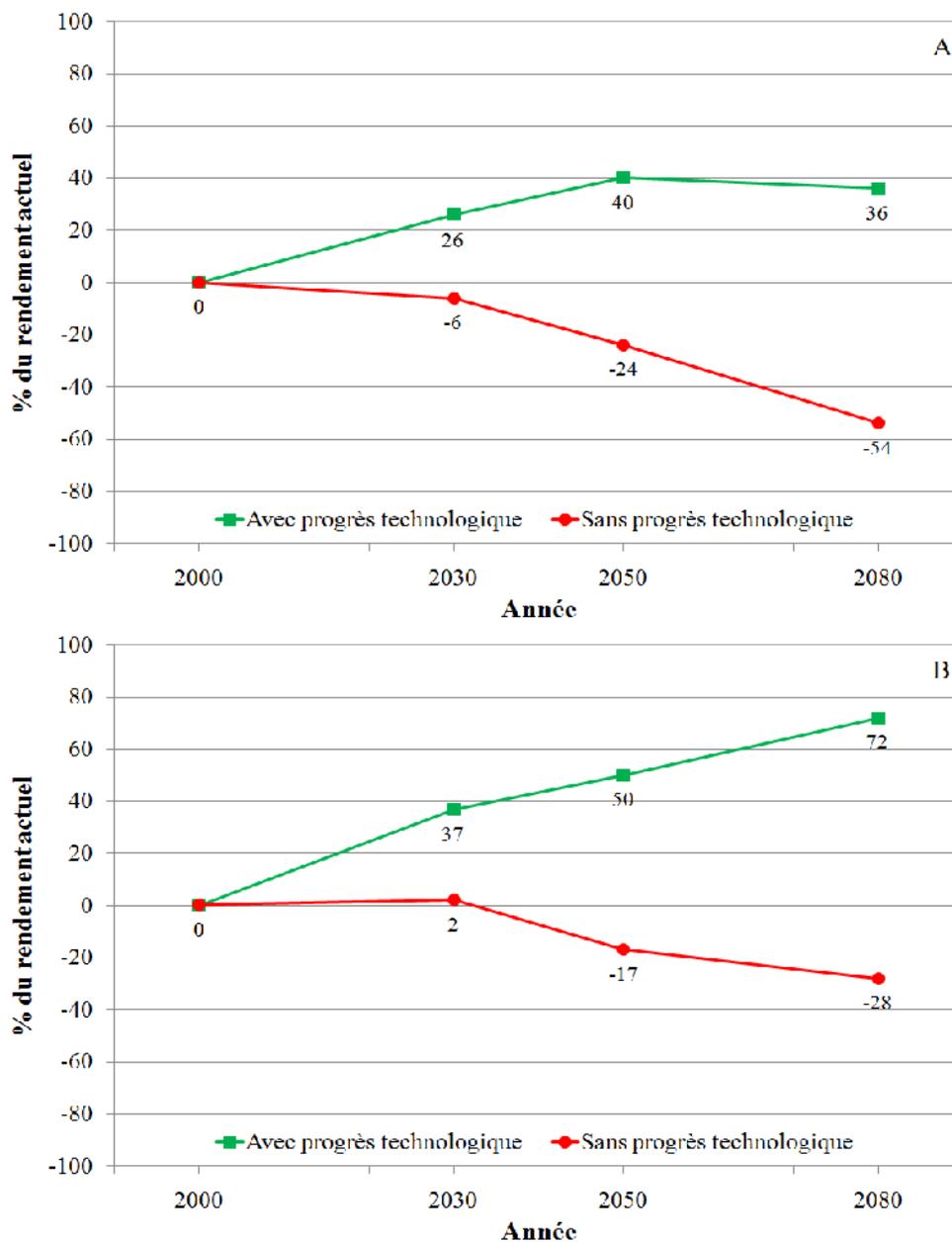
**Aspects institutionnels et connexes**

- Renforcement du rôle des Agences de Bassin
- Réglementation et législation
- Planification
- Recherches & développement

L'adaptation doit intégrer des technologies récentes et le savoir-faire ancestral permettant d'anticiper sur les impacts des changements climatiques, comme cela apparaît clairement dans les conclusions de l'étude sur l'« Impact des changements climatiques sur les rendements agricoles au Maroc » (Banque mondiale, 2009a). Cette étude relève que « Les estimations d'impact des changements climatiques sur les productions agricoles sont plausibles sur les 20 prochaines années. Pour le futur plus lointain, l'amplitude des changements climatiques prévus est telle qu'un renversement des tendances est cependant peu probable. Il ressort de cette étude que le progrès technologique (amélioration des rendements agricoles en conditions arides et semi-arides), l'irrigation (gestion de l'eau au niveau de la parcelle agricole, du bassin versant et de la région) et l'utilisation des terres selon leur vocation agricole sont des clés importantes d'adaptation aux changements climatiques. » (Banque mondiale, 2009a).

Dans toute politique d'adaptation, les progrès techniques permettent non seulement de répondre aux effets du changement climatique mais aussi d'améliorer le rendement, comme cela ressort des projections de cette même étude, selon deux scénarii, résumés dans le cas du blé dur, sur la Figure 2 (Banque mondiale, 2009a).

Ceci invite à procéder au plus tôt à une évaluation des difficultés et barrières empêchant l'accès à ces technologies ainsi que les mesures à mettre en place pour lever ces barrières. Qu'il s'agisse du cadre réglementaire national favorisant l'acquisition de technologies et savoir-faire plus propres, ou des incitations financières, ou du renforcement des capacités pour la maîtrise des technologies, sans négliger les actions de « lobbying » à mener au niveau international pour faciliter les modalités d'accès à ces technologies et savoir-faire et pour attirer les financements nécessaires.



**Figure 2. Impacts des changements climatiques sur le rendement du blé dur pluvial au Maroc : A) Scénario optimiste ; B) Scénario moins optimiste (Banque mondiale, 2009a)**

Malgré les pesanteurs qui peuvent être relevées, la prise de conscience du changement climatique et de ses effets négatifs ne cesse de progresser dans la société marocaine, notamment chez les agriculteurs, comme cela est illustré par les exemples de l'encadré 3.

**ENCADRE 3 : Exemples d'actions concrètes menées pour l'adaptation**

□ La vulnérabilité au changement climatique est fortement ressentie dans le Souss, pourvoyeur du marché national en fruits et légumes, et dont la production constitue 52% des exportations en agrumes et plus de 80% des exportations en primeurs du Maroc. En plus du tarissement de la nappe, le déficit en eau est aggravé par le risque d'intrusion des eaux marines dans ces zones proches de l'océan.

Pour faire face à cette situation, l'Association des producteurs et producteurs-exportateurs des fruits et légumes (APEFEL) s'est prononcée en faveur de programmes de meilleure gestion de l'eau, a élaboré un projet de dessalement de l'eau de mer et s'est engagée à payer l'eau obtenue par ce procédé selon le coût qu'il engendrerait. Selon une enquête menée par l'APEFEL, 94% de propriétaires de serres adhèrent au projet (Responsables de l'APEFEL, communication personnelle, mai 2008).

□ Les pouvoirs publics, les collectivités locales et la coopération internationale se sont associés pour la réalisation de la station d'épuration des eaux usées des agglomérations du Grand Agadir. Déjà en fonction, cette station verra sa capacité de traitement tripler pour atteindre 30 000 m<sup>3</sup> par jour à l'horizon 2012. Grâce à ce projet, mobilisant un investissement de plus d'un milliard de DH, la surface des jardins publics et golfs sera portée de 516 hectares actuellement à 1074 hectares en 2012, ce qui constitue une solution d'adaptation idoine dans une zone qui s'appuie fortement sur l'activité touristique (LaVieEco, 2009).

□ En matière d'adaptation dans le secteur de l'eau, quelques efforts sont à signaler du côté de la dépollution industrielle à travers le fonds de dépollution industrielle (FODEP). A ce titre, entre 2001 et 2008, 70 projets ont permis d'éviter la pollution de l'équivalent de 4 millions d'habitants. Parmi ces projets, avec un investissement de 10 millions de dollars, supporté à 60% par les industriels, six projets de dépollution ont permis de mettre à disposition 4 millions de m<sup>3</sup> par an d'eau pour l'irrigation ou pour la réutilisation dans les procédés respectifs de production (Balafrej, 2008).

Dans son quatrième rapport, le GIEC recommande de combiner adaptation et atténuation : « Il est pratiquement certain que ni l'adaptation ni l'atténuation seules ne peuvent éviter tous les impacts du changement climatique, mais elles peuvent se compléter entre elles et, ensemble, peuvent réduire sensiblement les risques de changement climatique. » (GIEC, 2007).

Dans le cas du Maroc, l'adaptation reste liée à la question de l'eau et l'atténuation à celle de l'énergie. Si par le passé l'eau contribuait à la fourniture d'énergie, demain, grand consommateur d'énergie, le dessalement d'eau de mer constituera la réponse incontournable à la raréfaction des ressources en eau. Par conséquent, les politiques d'adaptation doivent être menées en harmonie avec les mesures d'atténuation et réciproquement.

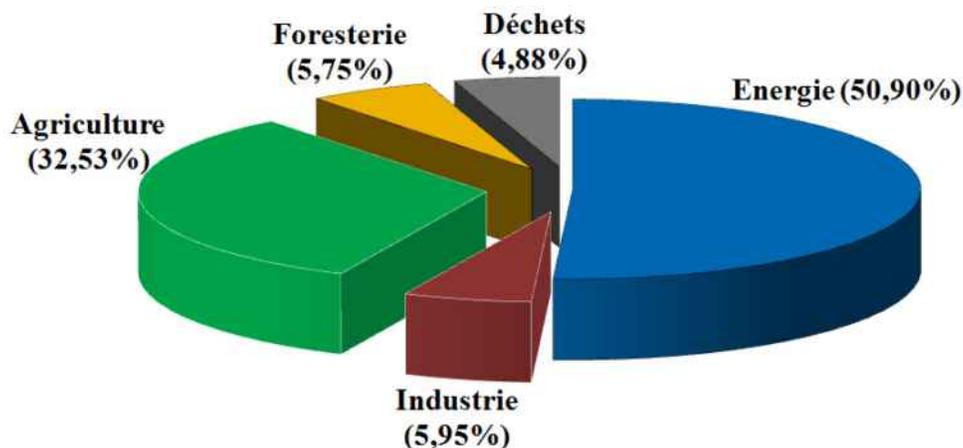
En outre, les projets combinant atténuation et adaptation pourraient susciter un plus grand engagement de la part des populations locales et être plus attractifs aux yeux des investisseurs étrangers. Les domaines où cette combinaison pourrait avoir des effets bénéfiques sont nombreux. Le lancement par le Maroc du projet solaire (Ministère de l'Énergie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement, 2009), dont une partie de l'électricité produite sera consacrée au dessalement d'eau de mer dans les régions les plus vulnérables, est une initiative qui va dans ce sens. D'autres pistes sont ouvertes : les forêts, à la fois puits de carbone et moyen de combattre la désertification, les agrocarburants lorsqu'ils ne rentrent pas en compétition avec les cultures destinées à l'alimentation et ne nuisent pas au sol et aux ressources en eau, etc. Des voix s'élèvent pour que ce genre de projets puisse bénéficier d'un traitement privilégié dans le dispositif incitatif mondial qui se mettra en place à l'expiration du protocole de Kyoto.

## ATTENUATION

Dans le cadre de la seconde communication nationale, l'inventaire des émissions de GES de l'an 2000 au Maroc fait état d'un total estimé à plus de 63 millions de tonnes équivalent CO<sub>2</sub> (Teq CO<sub>2</sub>), donnant une moyenne annuelle d'émissions de 2,21 Teq CO<sub>2</sub>/habitant. A eux seuls, les deux modules Énergie et Agriculture sur les cinq identifiés par le GIEC (Agriculture, Déchets, Énergie, Foresterie et Industrie) représentaient en 2000 plus de 83% des émissions (Figure 3) (Nbou et Gravel, 2009).

Les émissions par habitant sont passées de 1,84 Teq CO<sub>2</sub>/an en 1994 à 2,51 Teq CO<sub>2</sub> en 2004 (Nbou et Gravel, 2009).

Dans la seconde communication nationale, un portefeuille d'atténuation a été identifié et présenté lors de la conférence nationale de février 2009. Il en résulte principalement qu'il existe un potentiel annuel d'atténuation entre 2000 et 2030 estimé à 53 millions de Teq CO<sub>2</sub> (Nbou et Gravel, 2009). Près de 88% de ce potentiel viendrait du module Energie. Quant aux investissements de base pour la mise en place de ces mesures, ils ont été estimés à presque 18 milliards de United States Dollar (USD) (Nbou et Gravel, 2009), dont la grande majorité serait absorbée par le module Energie.



**Figure 3. Emissions de GES du Maroc par secteurs (Nbou et Gravel, 2009)**

A l'heure de l'établissement d'un nouveau traité international sur le climat, il faut rappeler que parmi les acquis du protocole de Kyoto figure indéniablement le mécanisme de développement propre (MDP). Un mécanisme qui a assuré depuis 2005 l'implication des pays en développement dans l'effort global d'atténuation, tout en leur permettant de se forger des politiques de réduction d'émissions bénéfiques à leurs politiques énergétiques. Ce mécanisme qui établit un partenariat Nord-Sud avec pour « objet d'aider les Parties en développement à parvenir à un développement durable [...] et d'aider les Parties industrialisées à remplir leurs engagements chiffrés de limitation et de réduction de leurs émissions » (Nations Unies, 1998) a été lancé par les accords obtenus à Marrakech en 2001 qui ont mis en place le comité exécutif et les procédures régissant le MDP.

Quatre ans et demi après l'entrée en vigueur du Protocole, en novembre 2009, près de 1900 projets sont enregistrés par le CE. Le Maroc, bénéficiant d'appuis et de soutien de la coopération internationale, a pu enregistrer cinq projets (<<http://go.worldbank.org/LH7U8VP8L0>>), qui sont détaillés dans l'encadré 4.

Par la vente des crédits carbone issus de deux projets (un parc éolien et un programme de Kits photovoltaïques pour électrification rurale), l'Office National de l'Electricité (ONE) du Maroc pourrait disposer de revenus annuels de l'ordre de 1 million de dollars. Au même titre, une décharge voisine de la capitale (projet Oulja), réhabilitée avec récupération du méthane, pourrait drainer plus de 300 000 USD/an de revenus qui pourraient servir à l'entretien et au fonctionnement de cette décharge.

**ENCADRE 4 : Projets MDP marocains enregistrés**  
 (Source : site Internet de la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC))

Organisme	Projet	Enregistré	Teq CO <sub>2</sub> /an	Secteur
LAFARGE - Maroc	Parc éolien 10 mégawatt (MW) à Tétouan	Sept. 05	28 651	Energies Renouvelables (ENR)
Office National de l'Electricité (ONE)	Parc éolien d'Essaouira 60 MW	Oct. 05	156 026	ENR
ONE	Projet de production d'électricité par les kits photovoltaïques	Avr. 06	38 636	ENR
Agence d'Aménagement de la Vallée de Bouregreg	Récupération et torchage du biogaz dans la décharge d'Oulja	Nov. 07	32 481	Gestion des déchets
SURAC SA	Valorisation de la bagasse de la SURAC	Juin 09	31 653	Biomasse Energie

Dans le circuit de validation du comité exécutif du mécanisme de développement propre se trouve la station d'épuration des eaux usées du Grand Agadir dont le biogaz sera récupéré pour une production d'électricité pouvant atteindre 15 mégawatts (MW). Plus de 35 000 Teq CO<sub>2</sub> (Régie Autonome Multiservice Agadir, 2008) seront ainsi évités donnant droit à des crédits carbone dont la vente pourrait rapporter des revenus susceptibles d'alléger les frais de fonctionnement de cette station.

Le portefeuille de projets d'atténuation identifié par la seconde communication nationale fait mention des projets en cours de réalisation dans le secteur des énergies renouvelables. Ainsi pour l'éolien, la réalisation d'un programme de 1000 MW est prévue pour avant 2012. Le secteur privé n'est pas en reste, puisque des projets d'une puissance de 710 MW sont en cours de développement par des industriels pour l'auto-production de l'électricité (Nbou et Gravel, 2009). Ce portefeuille devrait être mis à jour depuis le lancement récemment d'un ambitieux projet de production électrique d'origine solaire au Maroc. D'une capacité de 2000 MW, représentant un investissement de 9 milliards de USD (Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement, 2009), ce projet est unique par son envergure dans toute la région. Le projet se décompose sur 5 sites, qui seront réalisés d'ici à 2020 à commencer par celui de Ouarzazate qui produira 500 MW. Les quatre autres sites sont situés au Sud et à l'Est du pays (Laâyoune, Boujdour, Tarfaya et Ain Beni Mathar). La production de l'ensemble qui s'étend sur une superficie de 10 000 hectares devra représenter 42% des besoins électriques du Maroc. D'après les responsables gouvernementaux, ce projet permettra d'éviter l'émission de 3,7 millions de tonnes de CO<sub>2</sub>/an (Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement, 2009). L'énergie produite sur les 3 sites du Sud-Ouest du pays devra servir pour le dessalement d'eau de mer dans des régions déjà atteintes par la carence en eau potable.

## PERSPECTIVES

Les résolutions de la conférence de Copenhague (COP15 – 7-18 décembre 2009) et les étapes qui suivront pour leur opérationnalisation ne manqueront pas d'ouvrir de nouvelles perspectives de développement durable à travers le raccourci vers une économie plus sobre en carbone, tout en faisant face à la vulnérabilité au changement climatique.

Pour atteindre la recommandation du GIEC faite aux pays développés de réduire leurs émissions de 25 à 40% en 2020 par rapport à 1990, et de 80 à 95% en 2050, la démarche positive et de partenariat, plus productive que celle, qui revêtirait un caractère punitif, devrait être privilégiée.

Sur le plan de l'adaptation, les raisons d'espérer sont grandes pour la mise en place d'un cadre de coopération dédié à ce volet longtemps ignoré dans la lutte multilatérale contre le changement climatique. Les parties seraient alors invitées à établir périodiquement des plans nationaux d'adaptation dont la mise en œuvre devrait bénéficier du soutien approprié des pays développés et pour une certaine prise en charge des risques de dégâts.

En se basant sur le principe des responsabilités communes mais différenciées et des capacités respectives, les pays développés devront mettre en œuvre leurs engagements ou actions appropriés au niveau national pour l'atténuation, connus sous le sigle NACMA, qui préciseront ultérieurement les objectifs chiffrés de réduction d'émissions, de manière mesurable, reportable et vérifiable.

En revanche, pour les pays en développement, l'engagement pour des actions appropriées d'atténuation au niveau national, connus sous le sigle NAMA, devrait les faire bénéficier du soutien des pays développés pour l'exécution de ces actions d'une manière qui doit être mesurable, reportable et vérifiable.

L'établissement d'un mécanisme pour le développement et le transfert des technologies pour soutenir la transition des pays en développement vers une croissance et un développement sobres en carbone et résilient au changement climatique devrait compléter le dispositif de soutien qui inclut la mise en place de sources de financement additionnelles et prévisibles.

Sur ce registre, le rapport 2009 de la Banque Mondiale (Banque mondiale, 2009b) suggère, sur la base de diverses estimations, que l'atténuation des émissions de GES dans les pays en développement nécessiterait des investissements de l'ordre de 400 milliards de USD/an. L'adaptation quant à elle devrait drainer quelques 75 milliards de USD/an.

Mark W. Rosegrant, Directeur de division à l'International Food Policy Research Institute (IFPRI), dans sa présentation lors de la conférence organisée par l'Institut Royal des Etudes Stratégiques à Rabat en octobre 2009 ([<http://www.ires.ma/spip.php?article601\(=fr\)>](http://www.ires.ma/spip.php?article601(=fr))), a livré pour sa part une estimation du coût annuel de l'adaptation dans le cas du Maroc allant de 71 à 92 millions de USD pour les besoins spécifiques de la recherche, de l'efficacité en irrigation et des routes rurales (Rosegrant, 2009).

Quelles que soient les différences qui existent dans ces estimations, les institutions multilatérales prévues et les divers financements promis à la COP15 devraient créer un climat propice à l'engagement dans des politiques de coopération internationale pour la lutte contre le changement climatique.

Afin de s'intégrer dans cette dynamique, le Maroc devrait :

- Procéder à l'évaluation la plus exacte de sa vulnérabilité en remédiant aux lacunes en matière de modélisation, et en facilitant l'accès à des informations suffisamment fiables ;
- Envisager le développement futur dans le cadre de priorités environnementales clairement définies, accordant la place qu'il mérite au changement climatique. Ces priorités doivent être inscrites et dûment intégrées de manière cohérente dans les orientations politiques nationales et dans tout plan de développement économique et social ;

- Etablir et mettre à jour régulièrement un portefeuille de projets dans le domaine de l'adaptation aux changements climatiques et l'atténuation de la vulnérabilité du pays et de son économie aux aléas climatiques, selon les décisions qui viendront encadrer les NAMA ;
- Participer activement et faire entendre sa voix dans les négociations internationales sur le climat afin de mieux tirer bénéfice des opportunités qui ne manqueront pas de découler des accords à venir. Dans ces processus qui interpellent l'ensemble des décideurs politiques et sociaux, la présence des hauts responsables des ministères de l'économie et des finances et autres départements intéressés devrait être active et régulière ;
- Orienter les politiques de coopération internationale vers le transfert des technologies et l'appropriation des outils et mécanismes susceptibles de soutenir les efforts pour l'adaptation et l'atténuation ;
- Renforcer les politiques d'information, de sensibilisation et de renforcement des capacités afin que ce nouveau domaine soit mieux intégré dans les actions et comportements de toutes les composantes de la société ;
- Veiller à l'exemplarité des pouvoirs publics dans leur fonctionnement en instaurant des modes de consommation plus conformes aux exigences des politiques « climatiquement intelligentes » ;
- Privilégier l'approche décentralisée par l'implication des acteurs locaux, du secteur productif privé et de la société civile.

## CONCLUSION

Le Maroc doit se saisir des opportunités offertes par l'économie verte. La question du dessalement d'eau de mer par l'énergie solaire devra devenir réalité. Les décharges contrôlées génératrices d'électricité devraient se généraliser dans toutes les zones urbaines. Les grandes entreprises devraient être plus conscientes de l'intérêt pour leur compétitivité de disposer régulièrement d'un bilan carbone. L'efficacité énergétique devrait être érigée en priorité pour tout le parc immobilier à construire. Les eaux usées des villes devraient être réutilisées pour la préservation de la ressource et la protection de la santé des populations. Les partenariats appropriés pour la fabrication de panneaux solaires, de pales pour éoliennes, ou même de batteries pour véhicules électriques ne doivent pas échapper à l'industrie marocaine.

Se fixer des objectifs clairs et précis dans tous ces domaines et se donner les moyens humains, techniques et financiers pour y arriver : voilà ce à quoi doivent s'atteler les pouvoirs publics dans le cadre de ce qu'on pourrait appeler un plan Morocco Cleantech susceptible de drainer des technologies et des investissements et créer des emplois.

Les résultats de la COP15 peuvent être déterminants dans le façonnage de la dynamique mondiale visant la mise en place d'une économie sobre en carbone et pour l'adhésion à cette dynamique d'un pays en développement comme le Maroc.

## REFERENCES

Balafrej T. (2008) Protéger l'environnement : ça rapporte, même au Maroc ! Disponible sur <[http://www.leconomiste.com/print\\_article.html?a=84751](http://www.leconomiste.com/print_article.html?a=84751)>, L'Economiste, Edition 2736, 17 mars 2008.

Banque Mondiale (2009b) World Development Report 2010: Development and Climate Change. The International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank, Washington DC, USA, ISBN 978-0-8213-7989-5, 360 p.

Banque Mondiale (2009a) Impact des changements climatiques sur les rendements agricoles au Maroc. Ver. 20091007, disponible sur <<ftp://ext->

- [ftp.fao.org/SD/Reserved/Agromet/WB\\_FAO\\_morocco\\_CC\\_yield\\_impact/report/WB\\_Morocco\\_20091013.pdf](ftp.fao.org/SD/Reserved/Agromet/WB_FAO_morocco_CC_yield_impact/report/WB_Morocco_20091013.pdf)>, 105 p.
- Chaoui M. (2003) Coup de chaud sur la volaille. Disponible sur <<http://www.afrik.com/article6460.html>>, Afrik.com, Article 6460, 12 août 2003.
- Firadi R. (2008) Changement climatique et Environnement au Maroc. Présentation à la Journée Mondiale de la Santé : Protéger la santé face aux changements climatiques, 29 avril 2008, Rabat, Maroc.
- Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC) (2007a) Bilan 2007 des changements climatiques : Rapport de synthèse. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat [Équipe de rédaction principale, Pachauri, R.K. et Reisinger, A.]. GIEC, Genève, Suisse, 103 p.
- Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC) (2007b) Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 976 p.
- LaVieEco (2009) Activité royale : Le Roi s'enquiert du projet d'extension de la station d'épuration des eaux usées à Agadir. Disponible sur <<http://www.lavieeco.com/actualites/2615-le-roi-s-enquiert-du-projet-d-extension-de-la-station-d-epuration-des-eaux-usees-a-agadir.html>>, La Vie éco, 12 octobre 2009.
- Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Urbanisme, de l'Habitat et de l'Environnement (MATEE) (2001) Communication Nationale initiale à la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques. Royaume du Maroc, octobre 2001, 101 p.
- Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Urbanisme, de l'Habitat et de l'Environnement (MATEE) et Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE) (2005) Etude sur la vulnérabilité des zones côtières du Maroc. Royaume du Maroc.
- Ministère de l'Énergie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement (MEMEE) (2009) Projet Marocain de l'énergie solaire. Présentation du Ministère de l'Énergie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement, Royaume du Maroc, disponible sur <<http://www.mem.gov.ma/Ministre/Presentation%20du%20Projet%20Marocain%20de%20Energie%20Solaire.pdf>>, 2 novembre 2009, Ouarzazate, Maroc.
- Nations Unies (1992) Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC). FCCC/INFORMAL/84, GE.05-62221 (F) 180705 260705, 25 p.
- Nations Unies (1998) Article 12 du Protocole de Kyoto à la Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC). FCCC/INFORMAL/83, GE.05-61647 (F) 070605 090605, pp. 12-13.
- Nbou M. et Gravel M.Y. (2009) Programme et mesures d'atténuation des émissions de Gaz à effet de Serre : Emission de Gaz à Effet de Serre et leur évolution au Maroc : Premiers résultats de la Seconde Communication Nationale. Présentation à la Conférence sur le changement climatique, Ministère des Affaires Economiques et Générales du Maroc et la Banque Mondiale, 11-12 février 2009, Rabat, Maroc.
- Nbou M. et Jalil M. (2009) Aperçu général sur l'état de la vulnérabilité du Maroc face aux Changements Climatiques – Présentation des premiers résultats de l'étude de V&A sous la Seconde Communication Nationale. Présentation à la Conférence sur le changement climatique, Ministère des Affaires Economiques et Générales du Maroc et la Banque Mondiale, 11-12 février 2009, Rabat, Maroc.
- Nobel Foundation (2007) The Nobel Peace Prize for 2007. Disponible sur <[http://nobelprize.org/nobel\\_prizes/peace/laureates/2007/press.html](http://nobelprize.org/nobel_prizes/peace/laureates/2007/press.html)>, Nobelprize.org, 12 octobre 2007, Oslo, Norvège.

Régie Autonome Multiservice Agadir (RAMSA) (2008) Clean Development Mechanism Project Design Document Form Version 03. Biogas recovery and electricity generation from M'zar Wastewater treatment plant. Disponible sur <<http://www.cdmmorocco.ma/download/projet/PDD-station-epuration-Mzar-RAMSA.pdf>>, Version marocaine 1, 18 décembre 2008.

Rosegrant M.M. (2009) Changement climatique et sécurité alimentaire au Maroc. Rencontre internationale « Le changement climatique : enjeux et perspectives d'adaptation pour le Maroc », Institut Royal des Etudes Stratégiques (IRES), 16 octobre 2009, Rabat, Maroc.

## CHAPITRE 3

# VARIABILITE ET CHANGEMENTS CLIMATIQUES AU MAROC, TENDANCES OBSERVEES ET PROJECTIONS FUTURES

**F. DRIOUECH\***

Direction de la Météorologie Nationale  
Maroc

**A. MOKSSIT**

Direction de la Météorologie Nationale  
Maroc

## RESUME

Le réchauffement planétaire est désormais une réalité incontestable et ses effets sur le climat global et les climats régionaux sont pratiquement inévitables dans le demi-siècle à venir. Etant donné l'importance que revêtent les facteurs et aléas climatiques pour différents secteurs socio-économiques d'un pays comme le Maroc, il est important de disposer des informations les plus à jour en la matière afin d'en tenir compte dans les processus d'évaluation de la vulnérabilité et ceux de la planification de l'adaptation. Cet article présente une prompte synthèse de résultats de travaux scientifiques relatifs aux changements et évolutions observés et projetés dans le futur pour le climat au Maroc. Ces travaux, réalisés à la Direction de la Météorologie Nationale (DMN) ou issus de différents organismes et publications nationales et internationales, convergent dans la plupart sur le fait que le climat du Maroc connaît déjà des tendances vers des conditions plus sèches et plus chaudes. Les tendances vers la baisse des cumuls pluviométriques et vers l'augmentation des températures repérées sur la période 1961-2008 sont accompagnées d'évolutions d'extrêmes comme la diminution du nombre de jours frais et l'augmentation de la persistance temporelle de la sécheresse. Les projections futures optent plus pour une continuation ou accentuation des évolutions vers l'assèchement et le réchauffement du climat du Maroc. En fin de siècle courant, les cumuls pluviométriques diminueraient de 20 à 30% selon le quatrième rapport du Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC) et même jusqu'à 50% selon d'autres études. La température moyenne estivale devrait diminuer de 2 à 5 °C. Elle serait associée à une augmentation du nombre de jours de vagues de chaleur. En outre, d'autres changements sont aussi projetés à cet horizon ou même à des horizons plus proches (2050). Il s'agit de la diminution du nombre de jours de pluie et de l'augmentation de la sévérité d'événements extrêmes de sécheresse. L'utilisation de scénarios à haute résolution issus de méthodes de réduction d'échelle (« downscaling ») dynamiques, comme les modèles régionaux ou statistiques, montre un contraste régional notamment dans l'intensité des changements. A titre d'exemple, le réchauffement sera plus accentué à l'intérieur et à l'Est du pays que sur les côtes, et malgré la tendance générale vers l'assèchement, l'évolution de la pluviométrie ne se fera pas non plus de la même façon partout.

---

\* Auteur correspondant : Mme DRIOUECH Fatima – Email : [driouech@gmail.com](mailto:driouech@gmail.com)

L'appréhension des études d'impacts par des méthodes objectives et reconnues nécessite donc l'utilisation et l'intégration des informations climatiques les plus fines permettant d'accéder aux échelles les plus locales possibles.

Mots clés : Maroc, précipitation, température, projections futures, scénarios, changements climatiques, événements extrêmes.

## INTRODUCTION

Le réchauffement du système climatique est, selon le Groupe de Travail I du Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC), sans équivoque et ses effets sont au moins partiellement inévitables dans le demi-siècle à venir (Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat, 2007a). L'Afrique est le continent le plus vulnérable au changement du climat (Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat, 2007b) et le réchauffement au cours du 21<sup>ème</sup> siècle serait plus important sur ses régions subtropicales qu'au niveau des tropiques.

Le Maroc, de part sa position météorologique et ses caractéristiques océaniques et géographiques, ne semble pas être totalement épargné par les changements climatiques et les impacts négatifs qu'ils sont susceptibles d'induire sur l'homme et les écosystèmes. Les sécheresses sévères du début des années 1980 peuvent témoigner de l'ampleur des effets que peuvent avoir les extrêmes climatiques sur l'économie nationale. Les inondations de novembre 2008 au Nord donnent une idée supplémentaire sur les dégâts pouvant être engendrés.

Dans ce contexte, il est nécessaire de mettre en place des stratégies d'adaptation fondées, visant la minimisation des impacts négatifs qu'induirait le changement du climat dans le futur. Les décideurs ont besoin ainsi de disposer d'évaluations objectives de la vulnérabilité des différents secteurs socio-économiques, chose qui ne peut se faire sans l'existence et l'intégration d'informations climatiques aux échelles nationale et locale. Ces informations concernent notamment les évolutions et tendances observées et les scénarios futurs projetés.

Cet article présente une prompte synthèse d'informations scientifiques relatives aux changements et évolutions observés et projetés dans le futur pour le climat au Maroc. Il s'agit de résultats de travaux réalisés à la Direction de la Météorologie Nationale (DMN) ainsi que d'autres issus de différents organismes et publications nationales et internationales.

## DESCRIPTION CLIMATOLOGIQUE

Le Maroc se situe, de point de vue météorologique, au Sud de la trajectoire des perturbations du Nord. Il est caractérisé par une grande ouverture sur l'océan Atlantique et une autre sur la Méditerranée, auxquelles s'ajoute une extension latitudinale non négligeable et une géographie diversifiée (telle que des plaines, des montagnes, un désert). Tous ces facteurs empreignent le climat du Maroc qui va d'un climat semi humide à semi aride au Nord à un climat aride à désertique au Sud.

Les précipitations au Maroc, dont nul ne peut nier jusqu'à présent leur importance socio-économique, sont influencées à la fois par les facteurs de grande échelle, tels que les téléconnexions, et par les conditions physiques locales. En hiver, les précipitations de la partie la plus arrosée du pays (Ouest des montagnes de l'Atlas) sont généralement associées à un déplacement vers le Sud de la trajectoire des systèmes dépressionnaires de l'Atlantique Nord, à une importante activité cyclonique au niveau de l'Atlantique et de la Méditerranée, à une faiblesse ou un déplacement de l'anticyclone des Açores vers l'Ouest et à de fortes advections d'humidité d'Ouest (Knippertz et al., 2003). L'anticyclone des Açores correspond en fait au pôle Sud de l'Oscillation Nord Atlantique (ONA) qui est corrélée négativement aux précipitations hivernales du Nord-Ouest marocains (Lamb et al., 1997 ; Ward et al., 1999). En effet, la phase positive de l'ONA coïncide généralement avec une pluviométrie hivernale en dessous de la normale (Glueck et Stocton, 2001 ; Herrera et al. 2001, Knippertz 2004). La région méditerranéenne orientale est plus dominée par l'influence des systèmes dépressionnaires Ouest méditerranéens associés à un important transport d'humidité du Nord-Ouest. Le Sud et le

Sud-Est du pays reçoivent moins de précipitations. L'activité cyclonique sur les îles canaries, le transport d'humidité depuis l'Atlantique ainsi que les circulations d'Ouest et de Sud-Ouest y jouent un rôle important (Knippertz et al., 2003). En été, le peu de précipitations reçues ont généralement un caractère orageux et sont liées dans la plupart des cas au déplacement de la dépression saharienne vers le Nord transportant chaleur et humidité. L'orographie favorise le développement de conditions d'instabilité convective qui donne lieu à des précipitations locales.

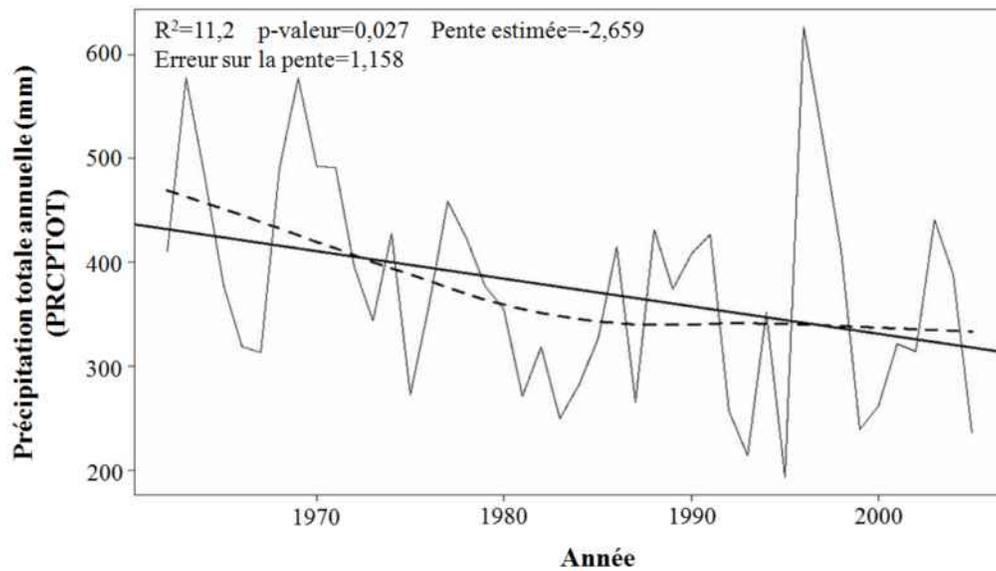
En termes de valeurs climatologiques (Direction de la Météorologie Nationale, 2007), les cumuls pluviométriques annuels moyens les plus élevés atteignent ou dépassent les 800 mm uniquement sur l'extrême Nord-Ouest et en montagnes. Sur les zones côtières, ils varient entre 200 et 600 mm. Sur l'intérieur, les totaux annuels diminuent généralement d'Ouest en Est et du Nord au Sud avec des valeurs allant de 200 à 600 mm à l'Ouest des montagnes de l'Atlas et de 200 mm à 400 mm à l'Est. Dans les régions sahariennes les pluies restent en moyenne inférieures à 200 mm.

En termes thermiques, dans l'intérieur du pays, les étés sont généralement chauds et secs et les températures moyennes varient de 24 à 28 °C. Les moyennes hivernales vont de 10 à 12 °C et les valeurs les plus basses sont enregistrées sur les hauts plateaux et en montagne. En zones côtières du Nord au Sud, les températures hivernales moyennes sont relativement douces. La moyenne des minimales varie entre 8 et 14 °C et celles des maximales entre 16 et 21 °C. En été, il fait plus chaud et les températures atteignent leur sommet avec des maximales moyennes de 22 à 28 °C. Sur les régions sahariennes, l'amplitude du cycle diurne est élevée en hiver. Les températures minimales moyennes varient entre 2 et 3 °C alors que les maximales moyennes varient entre 16 et 18 °C. En été, il fait plus chaud avec des températures moyennes allant de 28 à 29 °C. Les températures au niveau des régions côtières peuvent être influencées par des effets locaux comme les brises. La proximité de sites urbains peut aussi avoir de l'influence (Kalnay et Cai, 2003). Le rôle de l'altitude est non négligeable : plus la zone est montagneuse, plus les températures sont fraîches, notamment en hiver. Au-delà des valeurs climatologiques, les températures maximales quotidiennes peuvent atteindre ou même dépasser les 45 °C dans certaines régions du pays, les minimales peuvent parfois descendre en dessous de 0 °C même en plaine.

## **TENDANCES ET EVOLUTIONS OBSERVEES**

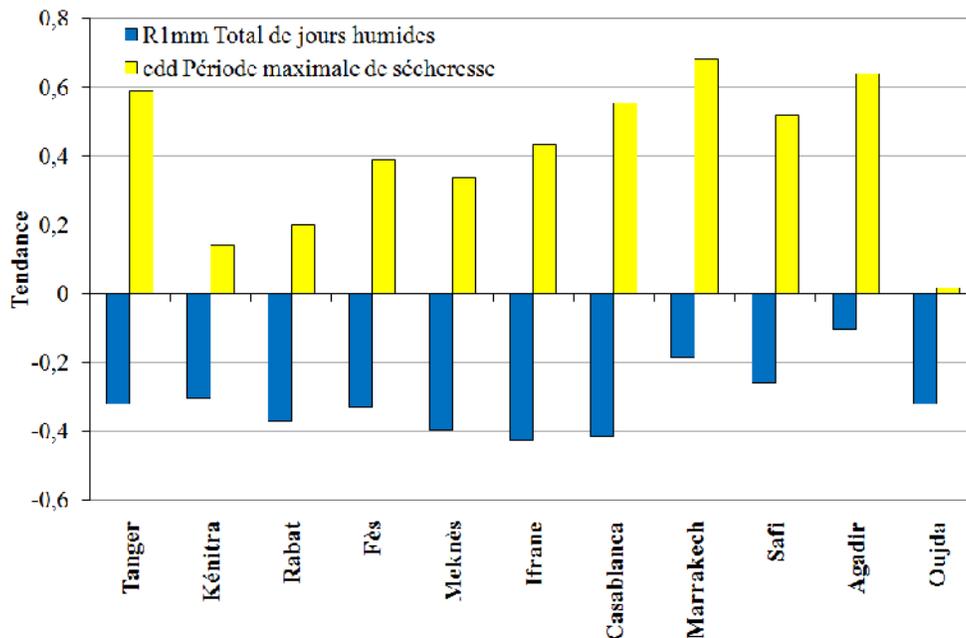
A partir de travaux réalisés à la DMN en matière de suivi climatique et de détection (Driouech, 2006), plusieurs tendances non négligeables ont été identifiées à la fois pour les paramètres thermiques et pluviométriques.

Une tendance à la baisse significative des cumuls pluviométriques de la saison pluvieuse a été constatée sur la période 1961-2005. Elle est estimée, en utilisant les données observées de 14 stations météorologiques (issues de la DMN) situées pour la plupart sur la moitié Nord du Maroc, à environ -2,6 mm/an (Figure 1). Sur les 45 années considérées, ce déclin avoisine en moyenne à l'échelle nationale -26% ; la fin de la saison pluvieuse (de février à avril) montre des tendances plus importantes. Le début de la saison pluvieuse fait apparaître, au contraire, une tendance à la hausse mais qui reste faible et statistiquement non significative.



**Figure 1. Cumuls pluviométriques de la saison pluvieuse au Maroc (septembre à avril) enregistrés sur la période 1961-2005 (Direction de la Météorologie Nationale, 2007)**

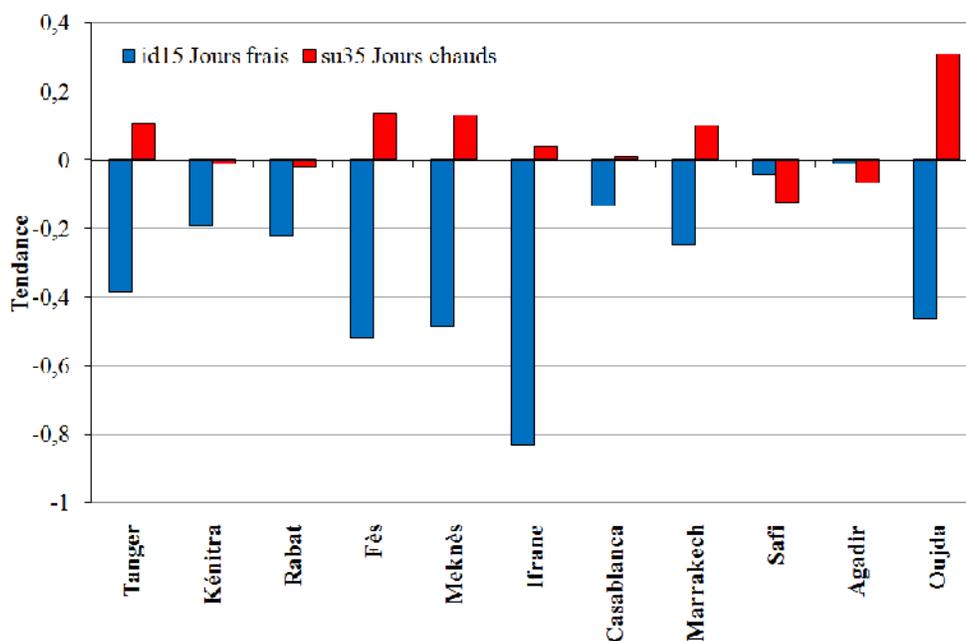
Associé à la baisse des cumuls, la sécheresse semble devenir plus persistante dans le temps, notamment en fin de saison pluvieuse. La période maximale de jours consécutifs secs (précipitations inférieures à 1 mm) s’est allongée en moyenne d’environ 13 jours au bout des 45 années. Dans le même sens, le nombre annuel de jours pluvieux (jours avec précipitation supérieure à 1 mm) montre une tendance à la baisse de l’ordre de 5 jours par décennie. La Figure 2 donne une idée sur la répartition spatiale des tendances de ces indices dits « indices de changements climatiques ». Il est possible de constater que la tendance vers l’assèchement est quasi générale.



**Figure 2. Tendances du nombre de jours pluvieux (R1mm, barres bleues) et du nombre maximal de jours consécutifs secs (cdd, barres jaunes) calculées sur la période 1960-2005 pour différentes stations météorologiques marocaines en fin de saison pluvieuse (Direction de la Météorologie Nationale, 2007)**

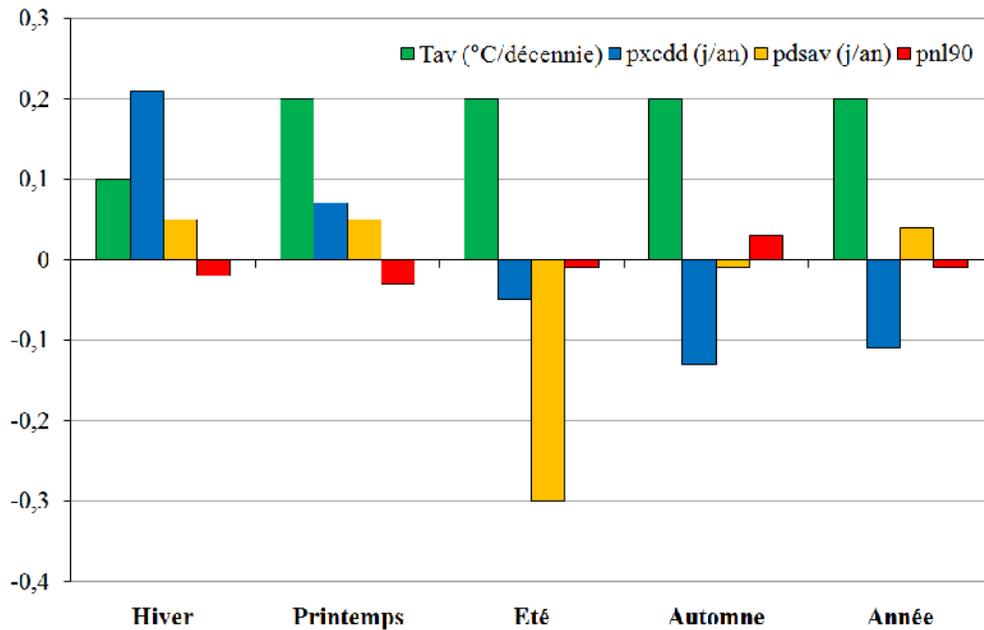
Toujours en termes d'extrêmes, les cumuls pluviométriques dus aux fortes précipitations ne semblent pas évoluer de la même façon d'une région à l'autre ni d'une saison à l'autre. Les tendances à la hausse repérées sur l'extrême Nord-Ouest (Tanger) et la zone du Souss (Agadir) en début de saison pluvieuse sont statistiquement non significatives (Direction de la Météorologie Nationale, 2007). La fin de la saison montre plutôt une évolution vers la baisse.

En termes thermiques, on retrouve bien les empreintes du réchauffement global. La température moyenne a augmenté (sur 1962-1997) à l'échelle nationale d'environ 0.16 °C par décennie (Mokssit et Sebbari, Direction de la Météorologie Nationale, communication personnelle, 1999). Le nombre annuel de jours frais (jours avec température inférieurs à 15 °C) tend à diminuer dans la plupart des régions (Figure 3). Malgré l'augmentation affichée dans l'orientale, le nombre annuel de jours chaud ne semble pas évoluer de la même façon dans toutes les régions considérées. Il faut cependant signaler que le seuil de 35 °C n'est probablement pas adapté à toutes les stations. Dans le même sens que les jours frais, le nombre de jours de vagues de froids montrent des tendances à la baisse significatives, évaluées en moyenne à l'échelle nationale à environ -11 jours en 45 ans.

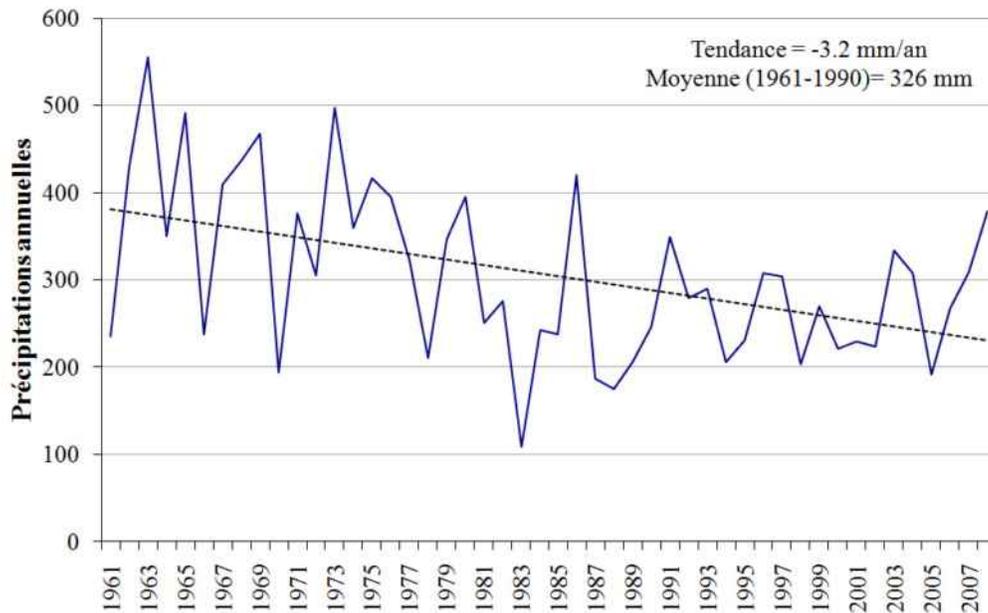


**Figure 3. Tendances des nombres annuels de jours frais (id15, barres bleues) et de jours chauds (su35, barres rouges) calculées sur la période 1962-2004 pour différentes stations météorologiques marocaines (Direction de la Météorologie Nationale, 2007)**

Etant donné que le suivi et l'étude de l'évolution et du changement du climat marocain constituent une action continue à la DMN, le calcul des indices de changement climatique ainsi que de leurs tendances ont été actualisés en intégrant la période 2005-2008 (permettant ainsi de travailler à l'aide de séries de données couvrant la période 1961-2008). Comme attendu, le sens des évolutions ainsi que les signes des tendances décrits précédemment ne sont que confirmés et ceci à la fois à l'échelle nationale et régionale. A titre d'exemple, les Figures 4 et 5 récapitulent, respectivement, les tendances de différents indices de changement climatique calculé au niveau de Rabat et l'évolution des précipitations annuelles à Oujda, pour la période 1961-2008. Avec des tendances à la hausse de 0,2 °C par décennie comme au niveau d'une ville côtière comme Rabat (à l'instar d'autres régions du Maroc), il est possible de dire que le réchauffement se manifeste de façon relativement prononcée à l'échelle locale au Maroc. Un assèchement à l'échelle annuelle de l'ordre de -3,2 mm par an pour une station comme Oujda, qui reçoit une pluviométrie moyenne annuelle d'environ 326 mm, peut être qualifié pour le moins de non négligeable. Cependant, il faut signaler que si l'évolution vers l'assèchement est valable pour la plupart des régions, notamment celles de la partie la plus arrosée du pays, cet assèchement n'a pas la même amplitude sur tout le territoire.



**Figure 4. Tendances de différents indices de changements climatiques calculées sur la période 1961-2008 au niveau de Rabat. Tendances de la température moyenne (Tav), celle du nombre moyen (pdsav) et maximal de jours consécutifs secs (pxcdd) et celle du nombre d'évènements de fortes précipitations (pnI90) (Source : Direction de la Météorologie Nationale)**



**Figure 5. Evolution des précipitations annuelles à Oujda sur la période 1961-2008 (Source : Direction de la Météorologie Nationale)**

Tenant compte des tendances décelées à l'aide de différents indices de changement climatique et qui mettent en évidence un réchauffement du climat marocain associé à une baisse de cumuls pluviométriques, il est intéressant de voir ce qu'il en est des types de climat. Cette question a été abordée par la DMN (Direction de la

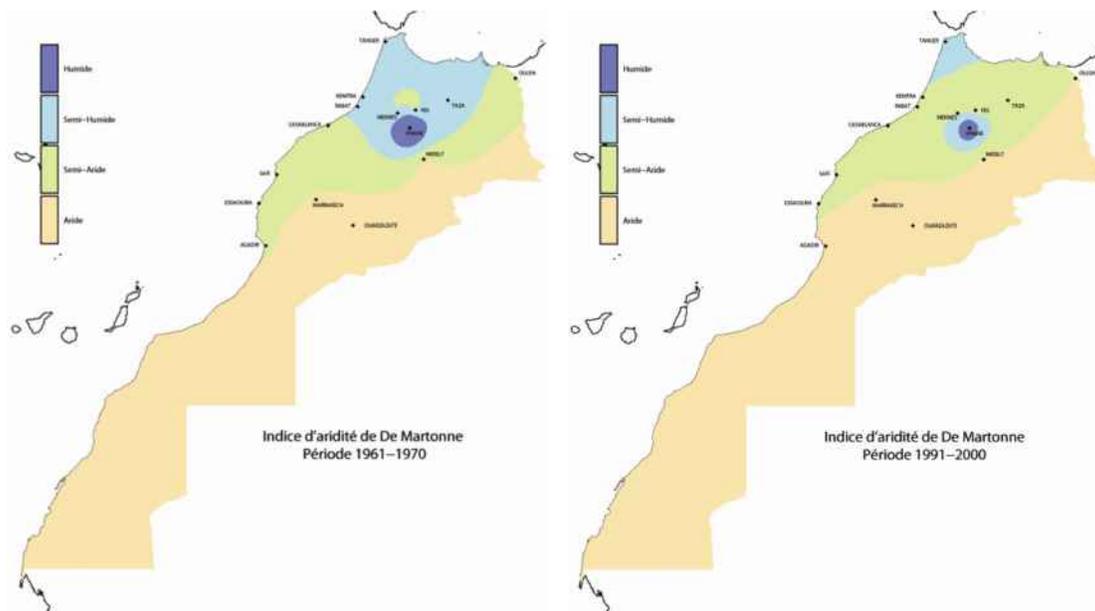
Météorologie Nationale, 2007) à travers l'évolution de l'indice d'aridité de De Martonne (Beltrando et Chémery, 1995). Cet indice (I) se calcule en fonction de la température moyenne annuelle (T) exprimée en °C et du cumul des précipitations annuelles (P) en mm à l'aide de la formule :

$$I = P/(T + 10) \quad (1)$$

Plus l'indice est élevé, plus le climat est humide (Tableau 1). L'analyse de cet indice au niveau du Maroc fait apparaître une certaine progression des climats à caractère semi-aride vers le Nord. Plusieurs régions sont devenues plus arides (telles que Oujda, Taza, Kenitra, Rabat, Méknès, Rabat), comme il est possible de le remarquer sur la Figure 6, où cette progression est présentée entre les périodes 1961-1970 et 1991-2000.

**Tableau 1. Types de climat suivant la classification de De Martonne**

Indice d'aridité de De Martonne	Types de climats associés
>60	Très humide
60-30	Humide
30-20	Semi-humide
20-10	Semi-aride
10-0	Aride à extrêmement aride



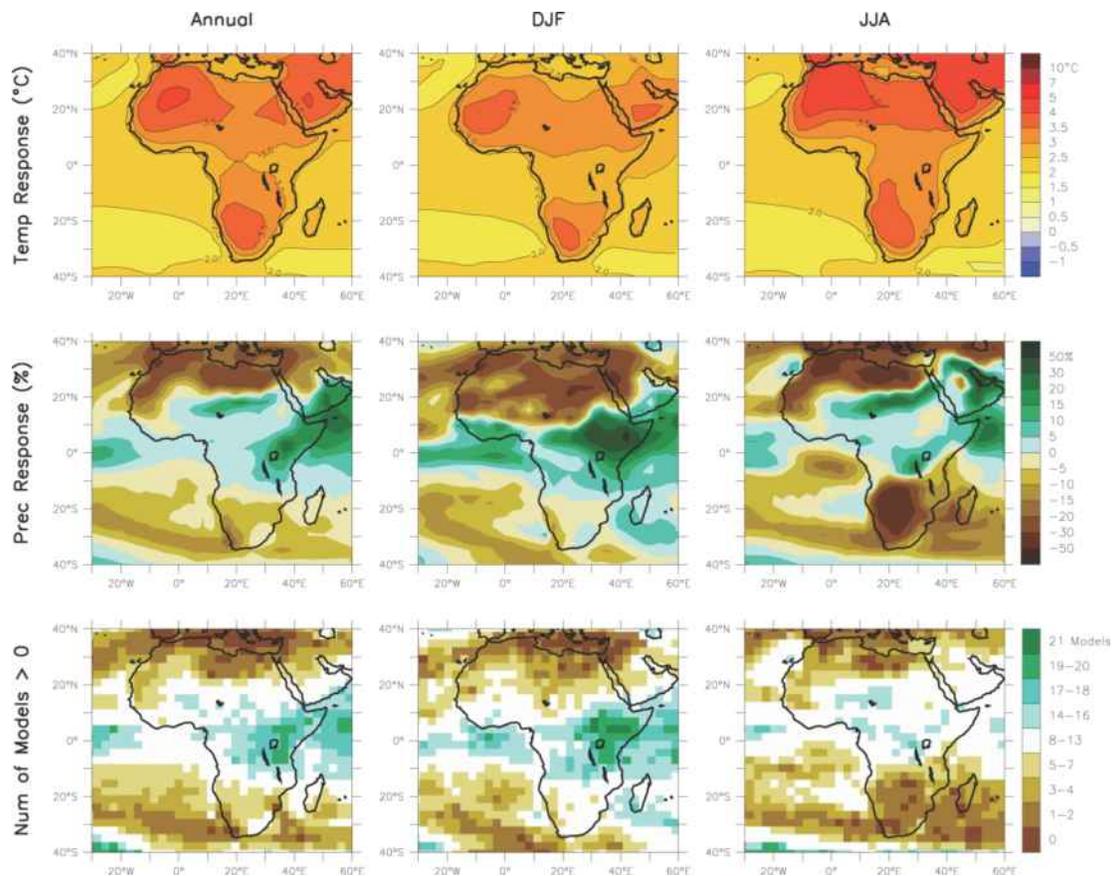
**Figure 6. Types de climat au Maroc durant la période 1961-1970 (carte de gauche) et la période 1991-2000 (carte de droite) selon l'indice d'aridité de De Martonne (Source : Direction de la Météorologie Nationale)**

Des évolutions compatibles avec celles précitées ci-dessus ont été trouvées par Born et al. (2008). En effet, en utilisant la classification climatique de Köppen (Köppen, 1936), Born et al. (2008) ont montré un shift du climat de la moitié Nord du Maroc durant le 20<sup>ème</sup> siècle vers des conditions plus chaudes et plus sèches. Par ailleurs, à partir de leur travail sur les bassins de l'Oum Rbia et du Tansift, Chaponniere et Smakhtin (2006) ont mis en évidence un déclin des précipitations annuelles depuis les années 1960 sur les montagnes de l'Atlas.

## PROJECTIONS FUTURES

La complexité des processus et interactions régissant les échanges existants entre les différentes parties du système climatique (atmosphère, hydrosphère, biosphère, cryosphère et lithosphère) ainsi que celles liées aux processus internes de l'atmosphère font du domaine des changements climatiques et de leur prédiction un des moins facile à appréhender, notamment quand il existe en plus des incertitudes liées aux émissions futures des gaz à effet de serre (GES). Dans le cas d'une région comme le Maroc, où le paysage géographique et météorologique est bien varié, cette complexité ne peut être que plus importante.

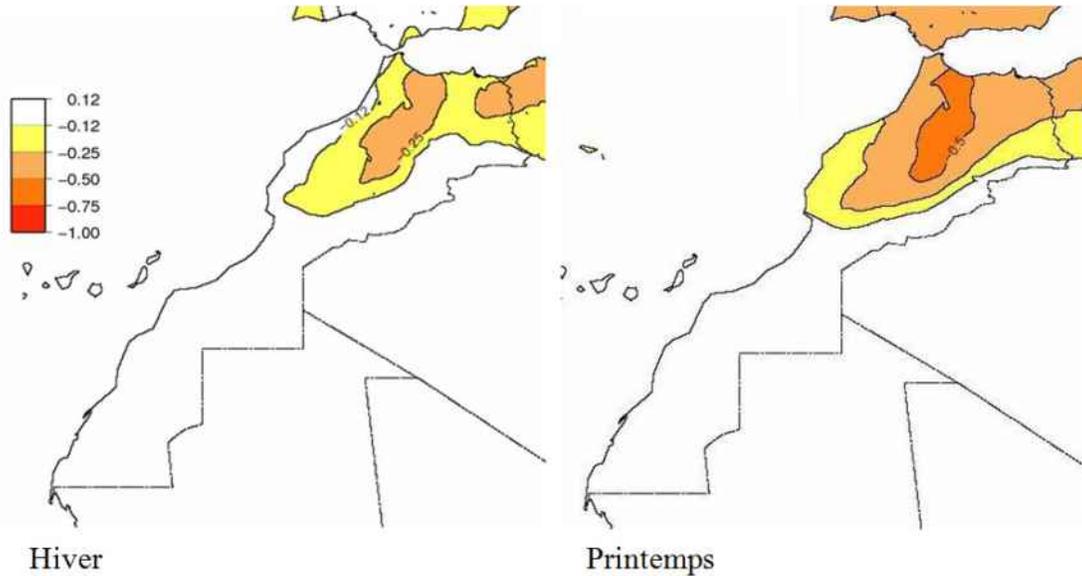
Selon le quatrième rapport du GIEC (Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat, 2007a), les cumuls pluviométriques devraient diminuer en fin de siècle courant (Figure 7, cartes du milieu), d'environ 20 à 30% (2090-2099 par rapport à 1980-1999) sous le scénario IPCC-A1B. L'évolution vers la diminution est obtenue avec un bon consensus entre les 21 modèles utilisés pour les projections du GIEC (Figure 7, cartes de bas). Les températures estivales augmenteraient de 2,5 à 5 °C et les hivernales de 2 à 3,5 °C (Figure 7, cartes du haut). Le réchauffement au niveau des zones côtières serait plus modéré que sur l'intérieur.



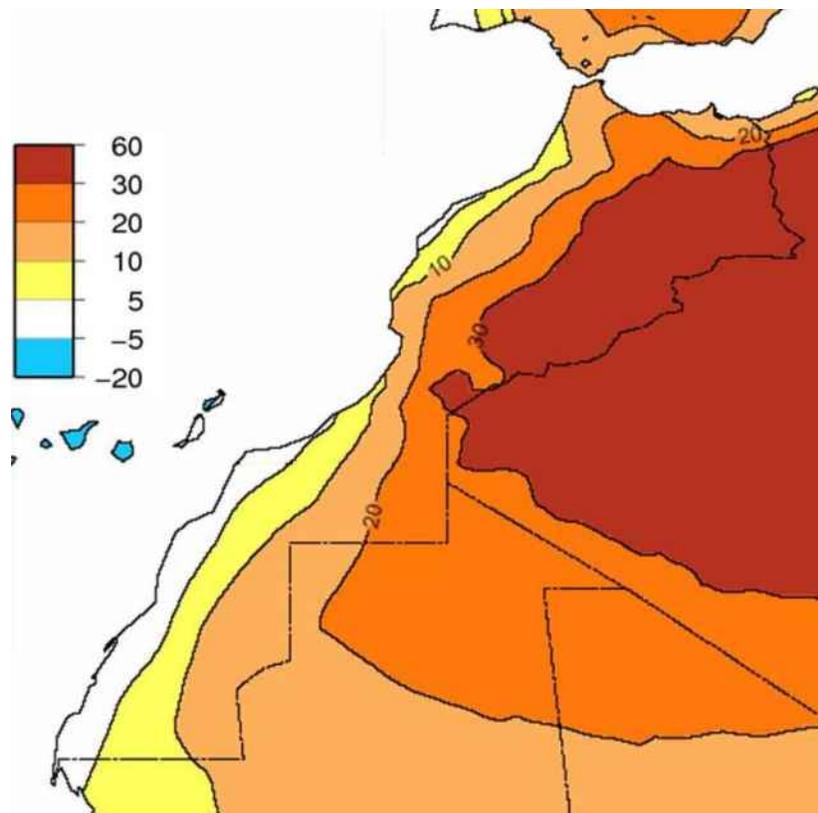
**Figure 7. Changements de température et précipitation projetés pour l'Afrique pour la période 2080-2099 par rapport à 1980-1999. Les changements sont moyennés sur les 21 modèles du GIEC. Les figures en bas représentent le nombre de modèles projetant une augmentation des précipitations (Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat, 2007a)**

Dans un souci d'approcher plus le détail régional (la résolution au niveau des modèles du GIEC étant d'environ 110 km), la Direction de la Météorologie Nationale (2007) a utilisé les données de scénarios issus de la version 3 du modèle de Météo-France Arpège-Climat (Déqué et Pielieuvre, 1995). Cette version du modèle (Gibelin et Déqué, 2003) a été tournée, par Météo-France, avec une résolution variable et un pôle d'étirement sur le bassin méditerranéen, ce qui donne une résolution comprise entre 75 km et 85 km sur le Maroc en allant du Nord-Est au

Sud-Ouest. La Figure 8 montre que pour la fin du siècle courant, sous le scénario IPCC-A2, la diminution des cumuls pluviométriques serait plus importante au printemps qu'en hiver et au Nord qu'au Sud. L'augmentation de températures estivales varierait de 2 à 6 °C avec un gradient Est-Ouest bien marqué, accompagnée d'une augmentation importante du nombre de jours de vagues de chaleurs à l'Est du pays (Figure 9).



**Figure 8. Changements projetés par le modèle ARPEGE-Climat pour les cumuls pluviométriques d'hiver et du printemps au Maroc (scénario IPCC-A2) (Source : Direction de la Météorologie Nationale)**



**Figure 9. Changements projetés par le modèle ARPEGE-Climat pour le nombre de jours de vagues de chaleurs estivales au Maroc (scénario IPCC-A2) (Source : Direction de la Météorologie Nationale)**

D'autres travaux ont été réalisés par Rob Wilby et les membres de Service Etudes climatiques de la DMN (Wilby et Direction de la Météorologie Nationale, 2007) dans le cadre d'une étude de la Banque Mondiale visant l'évaluation des impacts de changements climatiques sur l'agriculture. Il s'agit de l'élaboration de scénarios de changements climatiques à échelle locale à l'aide de la méthode de downscaling statistique appliquée, à travers le « Statistical DownScaling Model » (SDSM) (Wilby et al., 2002) aux scénarios du modèle de circulation générale (MCG) à faible résolution HadCM3.

Il faut noter que les approches statistiques de réduction d'échelle (downscaling statistique) consistent globalement à utiliser des relations empiriques liant des variables atmosphériques de grande échelle (telles que le géopotential à 500 hPa, la pression réduite au niveau de la mer) et des variables climatiques locales ou régionales (telles que la précipitation en un site donné). La relation, dérivée d'observations, est ensuite appliquée aux données des simulations du MCG du climat futur afin d'obtenir des informations sur les changements climatiques à l'échelle locale. Les méthodes de downscaling statistique incorporent les techniques de typologie météorologique, les fonctions de transfert ou de régression et les générateurs stochastiques de données météorologiques. Elles reposent, cependant, sur l'hypothèse fondamentale que la relation statistique « prédictand – prédicteurs » établie à l'aide de l'information sur le climat actuel est également valide pour le futur (Hewitson et Crane, 1996 ; Solman et Nuñez, 1999). Tout en gardant en vue que cette hypothèse est généralement difficile à vérifier pour le futur, il convient de noter que les résultats obtenus par Wilby et Direction de la Météorologie Nationale (2007) restent dans la marge de ce qui est projeté pour le Maroc par d'autres méthodes et modèles. La Figure 10 montre les changements projetés par SDSM pour les précipitations au Maroc aux horizons 2050 (2041-2070/1961-1990) et 2080 (2071-2099/1961-1990) sous les scénarios IPCC-B2 et IPCC-A2. Que ça soit à l'horizon moyen de 2050 ou sur du plus long terme, la projection de réduction de la pluviométrie marocaine se retrouve encore ici. Comme attendu, cette réduction serait, plus accentuée en fin de siècle avec le scénario IPCC-A2 que IPCC-B2 ; en effet les divergences entre les deux scénarios d'émission ne sont importantes qu'à partir du mi-siècle. Les changements positifs retrouvés au Sud-Est et au Sud du Maroc sont probablement dus au manque de longues séries de données dans ces régions. Les changements projetés, sous le scénario IPCC-A2, pour les températures à l'horizon 2050 (Figure 11) consistent en un réchauffement de 1 à 2 °C pour la plupart des régions et de 2 à 5 °C à l'horizon 2080.

La projection d'un climat plus sec et plus chaud dans le futur pour le Maroc a aussi été remarquée par Born et al (2008). Il révèle, en effet, une continuation et un renforcement de ce type d'évolution dans le futur (2036-2050).

A l'aide d'un ensemble de 11 modèles (ARPEGE-Climat et de 10 modèles du projet européen ENSEMBLES\*) couvrant le Maroc avec une haute résolution, selon Driouech et al. (2009), la distribution des précipitations et des événements extrêmes connaîtrait un changement. Les cumuls pluviométriques d'hiver et la fréquence d'occurrence de jours de pluie devraient diminuer à l'horizon 2021-2050 dans l'ensemble des 14 stations considérées. La période maximale de sécheresse augmenterait dans la plupart des régions. Les événements de fortes précipitations n'auraient pas les mêmes évolutions dans toutes les régions.

Les résultats d'autres travaux sont synthétisés dans Wilby et Direction de la Météorologie Nationale (2007). Ils convergent pour la plupart vers une diminution des précipitations en fin de siècle de l'ordre de -20 à -50% suivant les régions et les scénarios utilisés, ainsi que vers un réchauffement de 2 à 5 °C en termes de températures moyennes.

Dans la littérature, il est possible de trouver quelques travaux estimant les changements projetés à des horizons 2020. Il faut cependant ne pas perdre de vue qu'à des horizons aussi proches la variabilité naturelle est encore importante, notamment pour les précipitations.

---

\*<http://www.ensembles-eu.org>

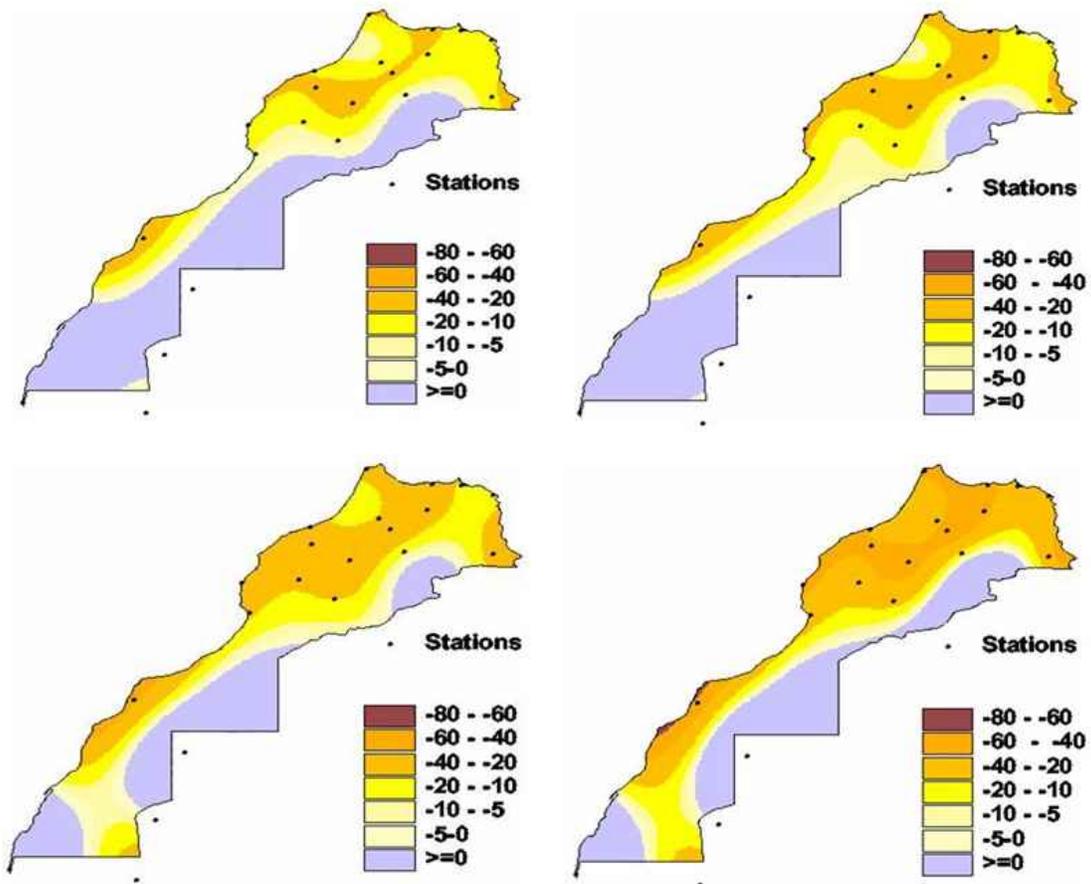


Figure 10. Changements projetés par SDSM pour les précipitations au Maroc à l’horizon 2050 (cartes du haut) et à l’horizon 2080 (cartes du bas) pour les scénarios IPCC B2 (cartes de gauche) et IPCC-A2 (cartes de droite) (Source : Direction de la Météorologie Nationale)

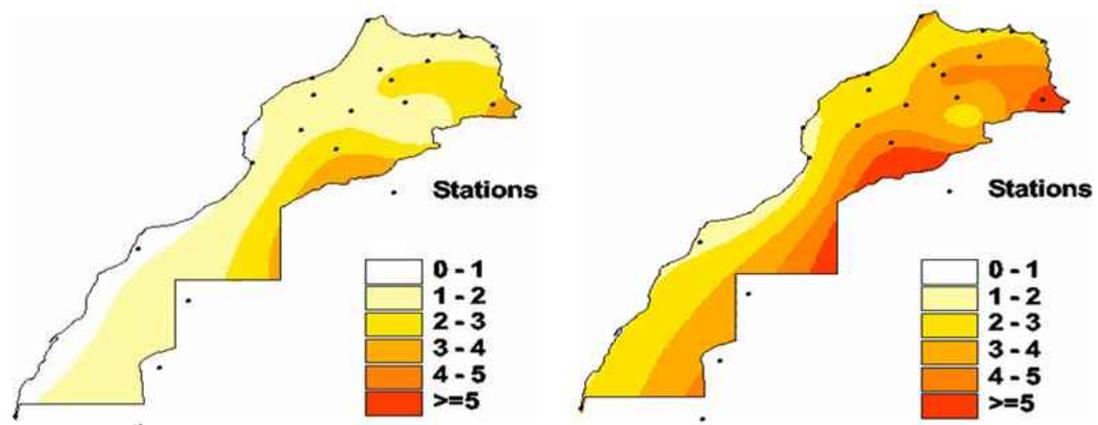


Figure 11. Changements projetés par SDSM, sous le scénario IPCC-A2, pour les températures moyennes au Maroc, à l’horizon 2050 (carte de gauche) et à l’horizon 2080 (carte de droite) (Source : Direction de la Météorologie Nationale)

## CONCLUSION

Le climat du Maroc est déterminé par divers facteurs météorologiques dont la position de la trajectoire des systèmes dépressionnaires de l'Atlantique Nord et l'activité cyclonique en Méditerranée et le proche Atlantique, et d'autres géographiques, notamment l'orographie et la proximité des côtes.

Le climat du Maroc a connu des évolutions et tendances décelables aux niveaux des températures et des précipitations sur la période 1961-2008. Le changement du régime pluviométrique se manifeste notamment à travers la tendance à la baisse des cumuls annuels et à travers la tendance vers l'augmentation de la persistance temporelle des épisodes extrêmes de sécheresse printanière ainsi qu'une diminution du nombre total de jours de pluies. Les événements de fortes précipitations, par contre, ne montrent pas d'évolutions significatives ni de même signe dans toutes les régions. Il faut signaler que vu le caractère très local que peuvent prendre les épisodes de fortes pluies, la disponibilité d'un réseau d'observation de grande densité est de nature à permettre le suivi et étude de ce type de phénomènes de façon plus approfondie.

En termes thermiques, en plus de l'augmentation des températures moyennes (atteignant par exemple à Rabat 0,2 °C par décennie sur la période 1961-2008), le nombre annuel de jours frais et de jours de vagues de froids ont accusé une diminution non négligeable.

Selon le quatrième rapport du GIEC, les projections futures pour le Maroc donnent pour la fin du siècle une diminution des cumuls pluviométriques annuels de 20 à 30% et une augmentation des températures estivales de 2,5 à 5 °C.

L'évolution du climat du Maroc vers des conditions plus sèches et plus chaudes est aussi projetée, selon diverses études, pour des horizons plus proches comme celui de 2050. Il s'agit, en effet, d'une sorte de continuité ou accentuation des constats déjà faits à l'aide des données observées, comme la baisse du nombre total annuel de jours de pluies et l'augmentation de la persistance temporelle de la sécheresse. Le réchauffement de fin du siècle serait accompagné d'une augmentation du nombre de jours de vagues de chaleur estivales.

Que ça soit à un horizon moyen ou à plus long terme, l'utilisation de scénarios de changements climatiques à haute résolution fait apparaître un contraste régional. A titre d'exemple, le réchauffement serait plus accentué à l'intérieur et à l'Est du pays que sur les côtes, et malgré la tendance générale vers l'assèchement, l'évolution de la pluviométrie ne se ferait pas non plus de la même façon partout.

Ceci rappelle l'importance des méthodes de réduction d'échelle spatiale (downscaling) pour l'élaboration de scénarios climatiques permettant d'accéder aux échelles fines, ainsi que la nécessité de l'intégration d'informations climatiques avec suffisamment de détail local dans l'appréhension des études d'impacts par des méthodes objectives et reconnues.

Ces études d'impacts sont généralement réalisées dans un objectif de permettre la programmation et la planification d'actions d'adaptation visant la minimisation des effets négatifs du changement climatique. Les spécialistes ont parfois besoin d'aborder des horizons très proches (par exemple l'horizon 2020) pour répondre aux différents besoins et attentes. Il est important, dans ces cas, de ne pas perdre de vue le fait que les scénarios climatiques sont entourés de grandes incertitudes, notamment vu la grande variabilité naturelle des précipitations aux échelles saisonnière et annuelle.

Enfin il faut signaler que la conscience vis-à-vis de la problématique de changement du climat au Maroc et la nécessité de l'intégration de l'information climatique à toutes les étapes du processus de la planification pour l'adaptation ne cessent de croître. Différents secteurs socio-économiques (comme l'agriculture et les ressources en eau) ont été ou sont en train d'être évalués en termes de vulnérabilité par rapport au phénomène à l'aide de méthodes scientifiques et d'objectives reconnus en partenariat entre les différents organismes et entités spécialistes en la matière. Il serait important d'aborder d'autres secteurs aussi sensibles comme celui de la santé. Par exemple, une augmentation dans le futur du nombre de jours de vagues de chaleur risque de ne pas être sans effets.

## REMERCIEMENTS

Nous tenons à présenter notre gratitude au Dr. Michel Déqué pour les données de la version 3 du modèle ARPEGE-Climat. Nos remerciements s'adressent aussi aux membres du Service Etudes Climatiques de la DMN qui ont participé, avec Pr. Rob Wilby, aux travaux de downscaling statistique dans le cadre du projet de la Banque Mondiale visant l'évaluation des impacts du changement climatique sur l'agriculture au Maroc. Nous tenons à remercier également tous les collègues de la DMN qui veillent sur la qualité de la donnée météorologique, élément important dans le suivi climatique, depuis l'observation jusqu'à la transmission finale.

## REFERENCES

- Beltrando G. et Chémery L. (1995) Dictionnaire du Climat. Ed. Larousse, Collection Références, ISBN 2-03-720233-4, 331 p.
- Born K., Christoph M., Fink A.H., Knippertz P., Paeth H. et Speth P. (2008) Moroccan climate in present and future: combined view from observational data and regional climate scenarios. Dans "Climatic Changes and Water Resources in the Middle East and North Africa", Zeini F. et Hötzl H., Publisher Springer, pp. 29-45.
- Chaponniere A. et Smakhtin V. (2006) A review of climate change scenarios and preliminary rainfall trend analysis in the Oum er Rbia Basin, Morocco. Working Paper 110 (Drought Series: Paper 8) Colombo, Sri Lanka, International Water Management Institute (IWMI), 23 p.
- Déqué M., Piedelievre J.Ph. (1995) High resolution climate simulation over Europe. *Clim. Dyn.*, 11(6), 321-339.
- Direction de la Météorologie Nationale (DMN) (2007). Les changements climatiques au Maroc : Observations et projections. DMN, Secrétariat d'Etat auprès du Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement, Chargé de l'Eau et de l'Environnement, Royaume du Maroc, Casablanca, 20 p.
- Driouech F., Déqué M. et Sánchez-Gómez E. (2009) Moroccan precipitation in a regional climate change simulation, evaluating a statistical downscaling approach. 9th EMS Annual Meeting Applications of Meteorology, High resolution meteorology - applications and services. EMS Annual Meeting Abstracts, Vol. 6, EMS2009-387-1.
- Driouech F. (2006). Etude des indices de changements climatiques sur le Maroc : températures et précipitations. DMN "INFOMET", Secrétariat d'Etat auprès du Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement, Chargé de l'Eau et de l'Environnement, Royaume du Maroc, Casablanca, Novembre 2006.
- Gibelin A.L. et Déqué M. (2003) Anthropogenic climate change over the Mediterranean region simulated by a global variable resolution model. *Clim. Dyn.*, 20(4), 327-339.
- Glueck M.F. et Stockton C.W. (2001) Reconstruction of the North Atlantic Oscillation, 1429-1983. *Int. J. Climatol.*, 21(12), 1453-1465.
- Herrera R.G., Puyol D.G., Martin E.H., Presa L.G. et Rodriguez P.R. (2001) Influence of the North Atlantic Oscillation on the Canary Islands precipitation. *J. Clim.*, 14(19), 3889-3903.
- Hewitson B.C. et Crane R.G. (1996) Climate downscaling: techniques and application. *Clim. Res.*, 7(2), 85-95.
- Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC) (2007a) The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon S., Qin D., Manning M., Chen Z., Marquis M., Averyt K.B., Tignor M. and Miller H.L. (Eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 p.
- Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC) (2007b) Climate Change (2007): Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Parry M.L., Canziani O.F., Palutikof J.P., van der Linden P.J. and Hanson C.E. (Eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 976 p.

- Kalnay E. et Cai M. (2003) Impact of urbanization and land-use change on climate. *Nat.*, 423(6939), 528-531.
- Knippertz P. (2004) A simple identification scheme for upper-level troughs and its application to winter precipitation variability in Northwest Africa. *J. Clim.*, 17(6), 1411-1418.
- Knippertz P., Christoph M. et Speth P. (2003) Long-term precipitation variability in Morocco and the link to the large-scale circulation in recent and future climates. *Meteorol. Atmos. Phys.*, 83(1-2), 67-88.
- Köppen W. (1936) Das geographische System der Klimate (Handbuch der Klimatologie, Bd. 1, Teil C).
- Lamb P.J., El Hamly M. et Portis D.H. (1997) North-Atlantic Oscillation. *Geo Observateur*, 7, 103-113.
- Solman S.A. et Nuñez M.N. (1999) Local estimates of global climate change: a statistical downscaling approach. *Int. J. Climatol.*, 19(8), 835-861.
- Ward M.N., Lamb P.J., Portis D.H., El Hamly M. et Sebbari R. (1999) Climate Variability in Northern Africa: Understanding Droughts in the Sahel and the Maghreb. Dans "Beyond El Niño: Decadal and Interdecadal Climate Variability", Navarra A (Ed.). Springer Verlag, Berlin, pp. 119-114.
- Wilby R.L. et Direction de la Météorologie Nationale (DMN) (2007) Climate scenarios for Morocco. Final technical report, World Bank, Washington, USA, Novembre 2007, 23 p.
- Wilby R.L., Dawson C.W. et Barrow E.M. (2002) SDSM - a decision support tool for the assessment of regional climate change impacts. *Environ. Modell. Softw.*, 17(2), 145-157.

## CHAPITRE 4

# CHANGEMENTS CLIMATIQUES ET BOULEVERSEMENTS SOCIAUX ECONOMIQUES EN MAURITANIE

**M. EL MOCTAR OULD MOHAMED**

Directeur de l'Hydraulique  
Mauritanie

### RESUME

La Mauritanie, pays de transition entre le Sahara et le Sahel, doit aujourd'hui relever un défi majeur, dû à la fragilisation de l'environnement naturel en lien avec les changements climatiques et l'exploitation anthropique abusive. L'analyse de la pluviométrie mauritanienne a révélé d'une manière très significative trois périodes caractéristiques : la période pluvieuse des années 1950, communément appelée « les années des vaches grasses », la période de sécheresse pour les années 1970 et 1980, conjuguée avec une hausse des lithométéores, et une nouvelle période débutant en 1994 avec un nombre égal d'années sèches et humides, montrant un retour timide de la pluviométrie. L'ensemble de ces facteurs, naturels et anthropiques, constitue une situation préoccupante dans la mesure où elle risque d'être accentuée par l'évolution des phénomènes climatiques mondiaux dont la tendance est au réchauffement général et aux risques d'inondations des régions côtières de faible altitude. C'est pourquoi le Gouvernement Mauritanien commence à prendre des mesures pour lutter contre les aléas climatiques et la dégradation environnementale, d'une part en ratifiant plusieurs engagements internationaux dont la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC) et d'autre part en se dotant de divers instruments politiques de gestion environnementale, tels que le Plan d'Action Nationale pour l'Environnement (PANE - 2006) et la Stratégie Nationale de Développement Durable (SNDD) et la seconde communication nationale sur les changements climatiques (2008). Afin de mieux cibler les impacts des changements climatiques en Mauritanie, et donc de pouvoir parler de politiques d'adaptation et d'atténuation, le Gouvernement doit, avant tout, développer un réseau météorologique d'observation effectif et fiable et améliorer les connaissances des risques.

Mots clés : Mauritanie, Communication Nationale, sécheresse, précipitation, inondations, lithométéores, changements climatiques, vulnérabilité

## INTRODUCTION

La Mauritanie est certainement le pays sahélien le plus aride et le plus exposé à la désertification. Le couvert végétal a été fortement dégradé ces dernières décennies, témoin d'une avancée progressive sans précédent des phénomènes de la désertification. Cette avancée ne fait que s'aggraver dans son ampleur et ses conséquences désastreuses du fait des aléas climatiques mais aussi des pressions qu'exerce l'Homme, par exemple sur les ressources forestières en quête de satisfaire ses besoins quotidiens (Commission Européenne, 1999). En effet, les récents bouleversements climatiques (déficit pluviométrique, hausse des lithométéores et des températures minimales) (Nouaceur, 1995a, b) et les modifications des comportements humains (désorganisation des activités humaines (Toupet, 1995), migration, sédentarisation, reconversion (Arnaud, 1999)), avec toutes les répercussions qui en découlent, sont autant de preuves qui attestent d'un réel bouleversement social et spatial difficile à maîtriser et dont les conséquences sont imprévisibles. Cependant, cette interaction des facteurs de l'environnement et de l'action anthropique rend difficile la recherche de l'élément déclencheur de la crise actuelle qui secoue la Mauritanie (Nouaceur, 2003).

En mai 1992, le ministère du Développement rural a été érigé en ministère du Développement et de l'Environnement. Cette nouvelle dénomination montrait la réelle prise de conscience du gouvernement (Nouaceur, 2003). En 1994, la Mauritanie a ratifié la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC) en tant que pays non Annexe 1 de la Convention. Le pays a ainsi élaboré et adopté sa première communication nationale en 2001 (Ministère du Développement Rural et de l'Environnement, 2001), fixant la vision du pays pour les décades suivantes en termes de réponse aux impacts des changements climatiques. La seconde communication nationale du pays a été publiée en 2008 sur la base des directives, des principes et des obligations de la CCNUCC (Ministère délégué auprès du Premier Ministre chargé de l'environnement et du développement durable, 2008). Ainsi, avec cette nouvelle communication nationale, la Mauritanie s'est dotée d'un troisième instrument politique et de gestion environnementale, en plus du Plan d'Action Nationale pour l'Environnement (PANE - 2006) et de la Stratégie Nationale de Développement Durable (SNDD).

Ainsi, la Mauritanie a fait des avancées significatives dans le domaine de l'environnement au plan des politiques et de ratification des engagements internationaux (Tableau 1). En ratifiant la CCNUCC et en adoptant récemment sa seconde communication nationale, la Mauritanie montre donc sa volonté de contribuer efficacement à l'effort mondial contre le réchauffement global de la planète par la limitation de ses émissions de gaz à effet de serre (GES) et d'appliquer les stratégies d'adaptation et d'atténuation (Ministère délégué auprès du Premier Ministre chargé de l'environnement et du développement durable, 2008), tout en visant une politique de développement durable social et économique.

Le présent article vise à dépeindre une synthèse générale sur les changements et les évolutions climatiques et socio-économiques observées en Mauritanie.

## CONTEXTE NATIONAL

### Présentation géographique

Pays de transition entre le Sahara et le Sahel, la Mauritanie est limitée à l'Ouest par l'Océan Atlantique, au Sud par le Sénégal, à l'Est et au Sud par le Mali, au Nord par l'Algérie et au Nord-Ouest par le Sahara occidental (Figure 1). Avec une superficie globale de l'ordre de 1 030 000 km<sup>2</sup>, la Mauritanie est située entre les latitudes 27°20' et 14°45' Nord (plus grande distance Nord-Sud : 1 400 km environ) et entre les longitudes 5° et 17° Ouest (plus grande distance Est-Ouest : 1 300 km environ) (Ministère du Développement Rural et de l'Environnement, 2003).

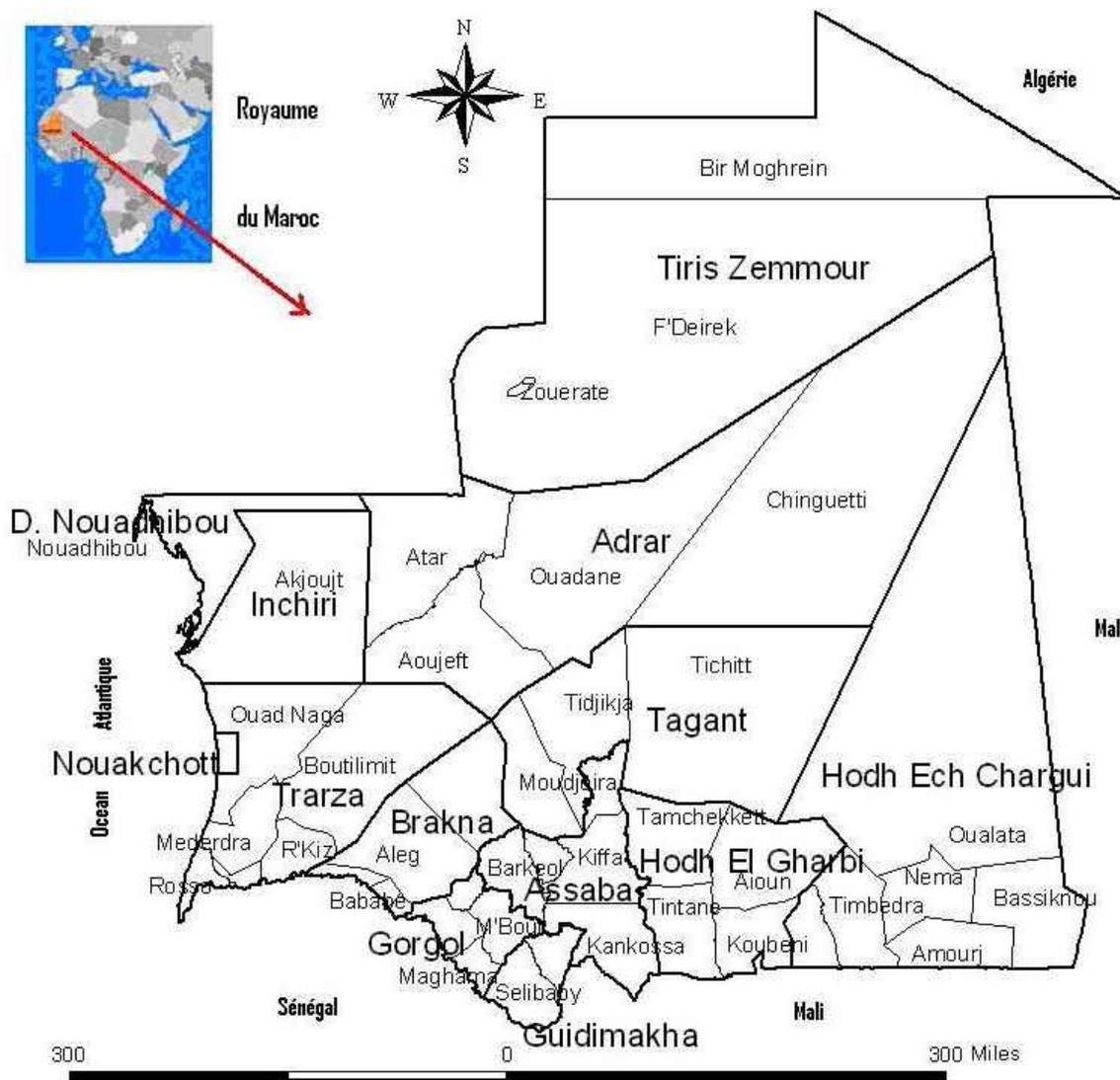
**Tableau 1. Textes internationaux relatifs à l'environnement ratifiés par la Mauritanie (Ministère délégué auprès du Premier Ministre chargé de l'environnement et du développement durable, 2008)**

Intitulés des textes	Ratification
Convention relative à l'utilisation de diluant en peinture, Genève	1921
Traité interdisant les essais d'arme nucléaire dans l'atmosphère, en plein air et sous mer, Moscou	1963
Convention africaine sur la conservation de la nature et des ressources naturelles, Alger	1968
Traité sur la non-prolifération des armes nucléaires	1968
Accord pour l'établissement d'une commission pour la lutte contre le criquet du désert dans le Nord-Ouest de l'Afrique, Rome	1970
Convention relative à la protection de l'héritage culturel et naturel mondial, Paris	1972
Convention sur le règlement international pour prévenir les abordages en mer, Londres	1972
Convention établissant un comité permanent inter-Etat de lutte contre la sécheresse au Sahel, Ouagadougou	1973
Convention internationale sur le droit civil pour les dommages de pollution des hydrocarbures, Bruxelles 1969 et le Protocole de 1976	1969 1976
Convention internationale sur l'établissement d'un fonds international de compensation des dommages résultant de la pollution des hydrocarbures, Bruxelles 1971 et le Protocole de 1976	1971 1976
Convention internationale de 1973 pour la prévention de la pollution par les navires et son Protocole de 1978 (MARPOL 73/78)	1973 1978
Protocole sur l'intervention en haute mer en cas de pollution par des substances autres que les hydrocarbures	1973
Convention internationale de 1974 sur la sauvegarde de la vie humaine en mer et son Protocole de 1978 (SOLAS 1974+PROT 78)	1974 1978
Convention internationale de 1979 sur la recherche et le sauvetage maritimes (SAR 79)	1979
Convention des Nations Unies sur les droits de la mer, Montego Bay	1982
Protocole amendant la Convention sur les zones humides d'importance internationale, spécialement en temps qu'habitat aquatique, Paris	1982
Convention sur les zones humides d'importance internationale, spécialement en temps qu'habitat aquatique, Ramsar	1983
Accord portant création d'un Centre régional de réforme agraire et de développement rural pour le Proche-Orient, Rome	1983
Protocole de Montréal sur les substances appauvrissant la couche d'ozone, Montréal	1987
Convention de Bâle sur le contrôle des mouvements transfrontières des déchets et substances dangereuses, Bâle	1989
Convention internationale de 1990 sur la préparation, la lutte et la coopération en matière de pollution par les hydrocarbures (OPRC 90)	1990
Accord portant création de l'Organisation intergouvernementale d'information et de coopération pour la commercialisation des produits de la pêche en Afrique, Abidjan	1991

---

Convention sur l'interdiction du développement, de la production, de l'emmagasinage et de l'utilisation des armes chimiques et de leur destruction, Paris	1993
Accord sur l'établissement d'une organisation au Proche Orient sur la protection des plantes, Rabat	1993
Acte constitutif du Centre pour les services d'information et d'avis consultatifs sur la commercialisation des produits de la pêche dans les pays arabes, Manama	1993
Convention et Protocole de Vienne pour la protection de la couche d'ozone	1994
Convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, New York	1994
Convention sur la diversité biologique, Rio de Janeiro	1994
Accord relatif à la mise en œuvre de la partie XI de la convention des Nations Unies sur les droits de la mer du 10/12/82, New York 1994	1982 1994
Accord pour la mise en œuvre des dispositions de la convention des Nations Unies sur les droits de la mer du 10 Décembre 1982 relatives à la conservation et la gestion des stocks halieutiques et poissons grands migrateurs, New York	1995
Convention des Nations Unies de lutte contre la désertification dans les pays éprouvés par une grave sécheresse et/ou désertification, particulièrement en Afrique, Paris	1996
Traité d'interdiction complète des essais nucléaires	1996
The African Nuclear-Weapon-Free Zone Treaty, Cairo	1996
Convention sur l'interdiction de l'emploi, du stockage, de la production et du transfert des mines antipersonnel et sur leur destruction, Oslo	1997
Convention sur la conservation des espèces migratrices appartenant à la faune sauvage, Bonn	1998
Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction, Washington 1973 et amendée à Bonn en 1979, CITES	1998
Traité international sur les ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture, Rome	2001
Protocole de Cartagena sur la prévention des risques biotechnologiques relatif à la Convention sur la diversité biologique	2004
Convention de Stockholm sur les Polluants Organiques Persistants (POPs, Stockholm)	2004
Amendement au Protocole de Montréal relatif à des substances qui appauvrissent la couche d'ozone	2005
Convention de Rotterdam sur la procédure de consentement préalable en connaissance de cause applicable à certains produits chimiques et pesticides dangereux qui font l'objet d'un commerce international	2005
Protocole de Kyoto à la Convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques	2005

---



**Figure 1. Carte de la Mauritanie (Ministère délégué auprès du Premier Ministre chargé de l'environnement et du développement durable, 2008)**

Le pays appartient à l'ensemble saharo-sahélien et se distingue par un milieu physique marqué par l'aridité qui a connu une dégradation remarquable au cours des dernières décennies sous la conjugaison des aléas climatiques (déficits pluviométriques répétés) et d'une mauvaise gestion des ressources naturelles (Ould Abdallahi, 2005).

Le pays ne possède pas de cours d'eau permanent, à l'exception du fleuve Sénégal qu'il partage avec ses pays voisins, le Mali et le Sénégal. La régularisation du fleuve Sénégal s'est concrétisée par la construction des barrages de Manantali et de Diama dans le cadre de l'Organisation de la Mise en Valeur du Fleuve Sénégal (OMVS). Le reste des eaux superficielles est représenté par les affluents et les défluents du fleuve Sénégal (tels que le Karakoro, le Gorgol et le Koundi), des lacs, des mares et des marigots plus ou moins temporaires (tels que le lac d'Aleg, le lac R'Kiz et le Tamourt Enaaj).

L'essentiel des eaux souterraines connues se situe dans le Sud et le Sud-Ouest du pays. Les aquifères les plus importants sont les nappes du Trarza, de Bénichab et de Tirhersioum (Boulenouar) et la nappe alluviale de la vallée du fleuve Sénégal. Ces aquifères sont en grande partie fossiles et donc non renouvelables, à l'exception de la nappe alluviale du fleuve Sénégal qui est réalimentée annuellement par la crue du fleuve. D'autre part, étant donné la proximité de l'océan et l'aridité de la région, ces aquifères sont menacés par l'invasion saline en profondeur, le front salé se situant à une cinquantaine de km à l'Est de Nouakchott.

## Caractéristiques climatiques

La Mauritanie est désertique à plus de 70%. La température avoisine une moyenne supérieure à 25 °C adoucie par la présence de l'alizé maritime (Ministère délégué auprès du Premier Ministre chargé de l'environnement et du développement durable, 2008). Les températures maximales dépassent 44 °C (en mai-juin), tandis que les minimales peuvent descendre jusqu'à 10 °C (en janvier-février) (Ministère du Développement Rural et de l'Environnement, 2001). Les vents de direction Nord-Est sont très fréquents et favorisent la progression de l'ensablement.

L'essentiel du potentiel précipitable en Afrique de l'Ouest est issu de l'Atlantique et advecté par la mousson. En plus de ces pluies directement liées aux perturbations tropicales d'été, des pluies d'hiver faibles, associées aux perturbations d'origine tempérée, tombent sur la partie Nord de la Mauritanie et prolongent leurs effets vers le Sud à partir du littoral (Nouaceur, 1995a). Ainsi, la pluviométrie est irrégulière dans le temps et l'espace et la saison des pluies s'étend en général de juin à septembre (Ministère du Développement Rural et de l'Environnement, 2001). Seule la partie méridionale du pays reçoit des précipitations supérieures à 300 mm/an (Ministère délégué auprès du Premier Ministre chargé de l'environnement et du développement durable, 2008).

Ces conditions climatiques limitent les possibilités de développement du couvert végétal, qui a subi une détérioration importante à la suite des déficits pluviométriques et des actions anthropiques, dans un pays où les ressources en eau sont particulièrement limitées aussi bien en surface qu'en profondeur (Ould Abdallahi, 2005).

Trois types de climat peuvent globalement être distingués en Mauritanie (Ministère délégué auprès du Premier Ministre chargé de l'environnement et du développement durable, 2008) :

- Un climat tropical sec de type sahélo-soudanais caractérisé par 8 mois secs dans l'extrême Sud du pays (pluviométrie supérieure ou égale à 400 mm) ;
- Un climat subdésertique de type sahélo-saharien au Centre caractérisé par une forte amplitude thermique et une pluviosité comprise entre 200 et 400 mm ;
- Un climat désertique de type saharien au Nord caractérisé par une pluviosité inférieure à 200 mm/an.

## Population

Le taux de croissance moyen annuel entre 1988 et 2000 était de 2,4% : la population résidante totale s'établissait en novembre 2000 à 2 508 159 habitants contre 1 864 236 habitants en 1988. En 1988, 12% de cette population résidaient en milieu nomade contre 5% en 2000 (Ministère du Développement Rural et de l'Environnement, 2003). Selon les données de la Banque Mondiale et de la Banque Africaine de Développement (BAD), la proportion de la population urbaine en Mauritanie atteindrait en 2020 66% (Banque Africaine de Développement et al., 2003). En effet, victime dans les années 1970 et 1980 de plusieurs vagues de sécheresse sévères, la Mauritanie a littéralement changé de visage en trente ans. Autrefois majoritairement nomade, la population a aujourd'hui adopté un mode de vie sédentaire (Rivière, 2007 ; Ministère délégué auprès du Premier Ministre chargé de l'environnement et du développement durable, 2008), au profit de Nouakchott, Nouadhibou et Zouérate avec des taux de croissance démographique respectivement de 9,47%, 8,71% et 3,4% (Ministère délégué auprès du Premier Ministre chargé de l'environnement et du développement durable, 2008). Par exemple, Nouakchott, la capitale, est au bord de l'explosion. Au moment de l'indépendance, en 1960, la ville abritait 5000 habitants, aujourd'hui, selon les estimations, elle en compte entre 600 000 et 1 million, avec les problèmes d'adduction d'eau ou encore de collecte des déchets que cela pose (Rivière, 2007).

L'Afrique du Nord est la sous-région la plus urbanisée d'Afrique. Cette urbanisation résulte en partie des conditions écologiques, en particulier de la disponibilité en eau, la majeure partie de la population étant concentrée dans les zones côtières, en bordure des fleuves et autour des oasis (Banque Africaine de Développement et al., 2003). En effet, la densité moyenne est de l'ordre de 2,2 habitants/km<sup>2</sup>, avec 0,4 habitants/km<sup>2</sup> dans les régions désertiques du Nord alors qu'elle atteint 20 habitants/km<sup>2</sup> dans la zone du fleuve au Sud (Commission Européenne, 1999). Ainsi, compte tenu de l'augmentation significative de la population

urbaine, les problèmes urbains méritent une attention particulière bien que les problèmes liés au développement rural ne disparaîtront pas pour autant (Banque Africaine de Développement et al., 2003).

### **Ressources économiques**

L'économie mauritanienne repose essentiellement sur les ressources potentielles des différents sous-secteurs ci-dessous :

- Les ressources du sol : agriculture, élevage, forêt dont la valorisation est fortement entravée par de très dures contraintes climatiques (Commission Européenne, 1999) ;

Cependant, avec un climat désertique au Nord et sahélien au Sud, la Mauritanie souffre d'un déficit pluviométrique structurel auquel s'ajoutent les questions du déboisement sauvage, d'érosion des sols et de stabilisation des dunes. Ainsi, les terres cultivables ne représentent que 1% de la surface du pays. Elles se situent le long du fleuve Sénégal et à la frontière avec le Mali, ainsi qu'au Nord, dans l'Adrar, qui compte quelques oasis (Rivière, 2007).

- Les ressources de la mer, très fabuleuses au plan des stocks halieutiques et d'espèces d'intérêts économiques (tels que les poissons pélagiques, les poissons de fond) par les dimensions du plateau continental, dont la mise en valeur n'a été prise en charge par les Mauritaniens eux-mêmes que très récemment (Commission Européenne, 1999) ;
- Les ressources du sous-sol, principalement minières, constituent l'une des principales exportations mauritaniennes. Ces ressources sont sujettes aux fluctuations des cours monétaires mondiaux (Commission Européenne, 1999) ;
- La mise en exploitation des gisements pétroliers, depuis 2006, peut être le premier moteur pour tirer la croissance (Ministère délégué auprès du Premier Ministre chargé de l'environnement et du développement durable, 2008).

Le Produit Intérieur Brut (PIB) au prix du marché s'est établi en 1997 à 155,901 millions d'Ouguiya Mauritanien. Le revenu moyen est d'environ 437 United States Dollar (USD) par habitant (Commission Européenne, 1999).

La croissance économique obtenue en 2003 et 2004 était respectivement de 5,6% et 5,2%, soit voisins des prévisions révisées du Cadre Stratégique de Lutte contre la Pauvreté (CSLP), fixant un taux de croissance de 7% par an (Ministère délégué auprès du Premier Ministre chargé de l'environnement et du développement durable, 2008). Cette croissance a été tirée par les secteurs des Bâtiments et Travaux Publics (BTP), des transports et des télécommunications. Ces deux secteurs ont globalement contribué pour près de 14% à la formation du PIB sur la période 2001-2004. A contrario, la progression de la production intérieure a été affectée par les contre-performances de l'agriculture (-8,2%), des secteurs des industries manufacturières (-4,1%), et, dans une moindre mesure, des mines (+1,6%) et de l'élevage (+1,1%) (Ministère délégué auprès du Premier Ministre chargé de l'environnement et du développement durable, 2008).

La mise en exploitation des gisements pétroliers devrait propulser la croissance, en raison de son impact direct sur les agrégats macroéconomiques et de ses effets induits sur les autres secteurs de l'économie. Des marges de financements importants devraient être dégagées grâce : (i) aux recettes pétrolières ; (ii) à la consolidation des programmes de coopération avec les partenaires au développement ; (iii) aux nouvelles initiatives visant l'annulation de la dette multilatérale ; et (iv) à l'amélioration des performances du système fiscal (Ministère délégué auprès du Premier Ministre chargé de l'environnement et du développement durable, 2008).

Les secteurs d'activité dominants dans les zones rurales devraient par ailleurs enregistrer un nouveau dynamisme, avec une croissance de 4,7% par an en moyenne dans l'agriculture, sous réserve que des aléas climatiques répétés ne viennent pas contrarier les effets des politiques mises en œuvre (Ministère délégué auprès du Premier Ministre chargé de l'environnement et du développement durable, 2008).

## Grandes zones écologiques

La classification adoptée par la Direction de l'Environnement et de l'Aménagement Rural (DEAR) à travers les différents documents officiels divise la Mauritanie en 4 grandes zones écologiques (Commission Européenne, 1999) :

- La zone aride ;
- La zone sahélienne ;
- La zone du fleuve ;
- La façade maritime.

### Zone aride

La zone aride est la plus vaste entité écologique du pays. Cette zone englobe les superficies comprises entre la frontière Nord à l'isohyète 150 mm à l'exclusion de la bande littorale correspondant à la façade maritime. Elle représente 80% du territoire national, soit 810 000 km<sup>2</sup> et renferme principalement les wilayas de Tiris-Zemmour, de l'Adrer, du Tagant dans leur intégralité ; les wilayas de Dakhlet Nouadhibou et de l'Inchiri à l'exception de leur façade maritime ; les moughataas de Oualata (Hodh Echarghi), de Tamcheket (Hodh El Gharbi), de Boumeid (Assaba), de Magta-lahjar (Brakna), de Boutilimit et de Ouad-naga (Trarza) (Commission Européenne, 1999).

Les activités économiques de la zone aride sont orientées vers l'agriculture du type oasien, c'est-à-dire la phoeniculture et les cultures sous palmier (telles que les légumes, les céréales et la luzerne), la culture en amont des petits barrages et l'élevage nomade camelin et caprin. La rareté des pluies (30 à 40 mm/an) et les sols squelettiques (minéraux bruts) limitent le couvert végétal à des pâturages herbacés éphémères et quelques espèces ligneuses de type épineux dans les oueds (Commission Européenne, 1999).

Les principaux problèmes concernent la protection contre l'ensablement des Oasis, des villes, des points d'eau et des ouvrages hydrauliques (tels que les petits périmètres de décrue) et la lutte contre l'érosion hydrique provoquée par les crues torrentielles des oueds (Commission Européenne, 1999).

### Zone sahélienne

La zone sahélienne, qui correspond à la bande sylvo-pastorale, renferme la partie comprise entre la limite Sud de la zone aride et la limite Nord de la zone du fleuve. Avec 175 000 km<sup>2</sup>, soit 17% de la superficie nationale, elle s'étend sur les wilayas du Hodh Echarghi exception de Oualata, du Hodh El Gharbi exception de Tamcheket, de l'Assaba exception de Boumeid, les Moughataas de Ould Yengé (Guidimakha), de M'Bout et Monguel (Gorgol), d'Aleg (Brakna), de Mederdra et la partie Nord de R'Kiz (Trarza) (Commission Européenne, 1999).

C'est la zone de transition entre le Sahara aride à pluviométrie faible (n'excédant pas 150 mm) à végétation fugace, et la région soudanaise à pluviométrie régulière (moyenne annuelle des pluies dépassant 500 mm) où la végétation est plus fournie (Commission Européenne, 1999). Ainsi, la pluviométrie moyenne annuelle permet le développement de pâturages herbacés et aériens favorables à l'élevage et à la pratique de l'agriculture pluviale (220 000 ha représentant 80% du total national) et oasienne (2500 ha soit 25% du total national). La dégradation du milieu sous les effets conjugués de la sécheresse (durée de la saison sèche de 9 à 10 mois) et de l'action zoo-anthropique a réduit le potentiel agro-pastoral (Commission Européenne, 1999 ; Ould Abdallahi, 2005). La zone sahélienne est constituée essentiellement de vastes plaines dont la monotonie des paysages végétaux reflète une zone climatique typique des milieux à pluviométrie irrégulière (Commission Européenne, 1999).

La végétation et les sols offrent des pâturages qui favorisent le développement d'activités pastorales avec 45% du cheptel camelin national, 52% des ovins et caprins et 65% des bovins.

Cependant, cette zone est confrontée principalement aux problèmes de régénération et de protection des pâturages, du développement de l'agriculture associée à la protection des sols, de la protection des

infrastructures et de l'habitat contre l'ensablement, de la production de bois de feu et de charbon de bois, et de la protection de la faune dans le Nord du Guidimaka et l'Est du Gorgol (Commission Européenne, 1999).

### Zone du fleuve

La zone du fleuve abrite l'essentiel des eaux de surface pérennes du pays (c'est-à-dire le fleuve Sénégal, ses affluents et ses défluent), constituant des ressources favorables aux développements des activités agro-sylvo-pastorales. Avec une superficie de 22 000 km<sup>2</sup>, soit 2% de la superficie totale du pays, la zone du fleuve englobe les Moughataa longeant le fleuve Sénégal. Il s'agit dans la wilaya du Trarza de Rosso, Keur-Macène et la partie Sud de R'kiz, de la wilaya du Brakna de Boghé, Bababé et Mbagne, dans la wilaya du Gorgol de Kaédi et Maghama et dans le Guidimakha de Sélibaby. Elle est également la zone où sont rencontrées les principales ressources forestières du pays en cours de destruction accélérée sous l'effet conjugué de la sécheresse, des défrichements et de la carbonisation (Commission Européenne, 1999).

Le potentiel agricole y est important avec l'essentiel des cultures irriguées (superficies de 137 000 ha), notamment la riziculture. C'est une zone caractérisée par la monotonie de son couvert végétal fermé et comprenant essentiellement une strate herbacée dense d'où émergent de beaux arbres annonçant le domaine soudanien à dominance de combretaceae (Commission Européenne, 1999). Un élevage bovin, dont les fourrages sont en partie fournis par les produits végétaux des champs, commence à s'y développer.

Les principaux problèmes concernent : (i) la protection et la régénération des forêts le long du fleuve et la réalisation des reboisements à grande échelle ; (ii) la protection des cultures et des aménagements hydro-agricoles, contre l'érosion éolienne et hydrique ; et (iii) la protection des potentialités agricoles contre la pression du bétail (Commission Européenne, 1999).

### Zone du Littoral

La façade maritime est l'étroite bande côtière, qui s'étire de Nouadhibou au rivage du fleuve Sénégal, couvrant une longueur d'environ 750 km et une étendue de 50 km de profondeur moyenne, soit environ 1% du territoire national (Commission Européenne, 1999).

Le littoral atlantique est rocheux dans sa partie Nord et ensablé dans sa partie méridionale, alternant des dépressions salées (Sebkhas) et des dunes vives. Une végétation halophyte pousse dans les dépressions salées. Le manque d'eau douce et la salinité ne permettent que la pratique de l'élevage camelin. Par ailleurs, les processus biologiques au niveau de ces écosystèmes marins sont bouleversés par les changements climatiques.

Les problèmes qui se posent à cette zone sont essentiellement liés à (Commission Européenne, 1999) :

- La protection contre l'ensablement des villes et des infrastructures routières ;
- La sauvegarde du patrimoine naturel dans le cadre des Parcs du Banc d'Arguin et du Diawling ;
- L'aménagement des pâturages autour de Nouakchott par une utilisation rationnelle des ressources végétales ;
- L'aménagement du territoire, en décongestionnant la capitale grâce à un réseau d'agglomérations secondaires tourné vers la valorisation des ressources maritimes, pêche en mer et aquaculture ;
- L'aménagement et la préservation des écosystèmes estuariens de production et de développement des ressources halieutiques propres aux côtes mauritaniennes.

## **EVOLUTIONS ET TENDANCES OBSERVEES**

### **Observations météorologiques**

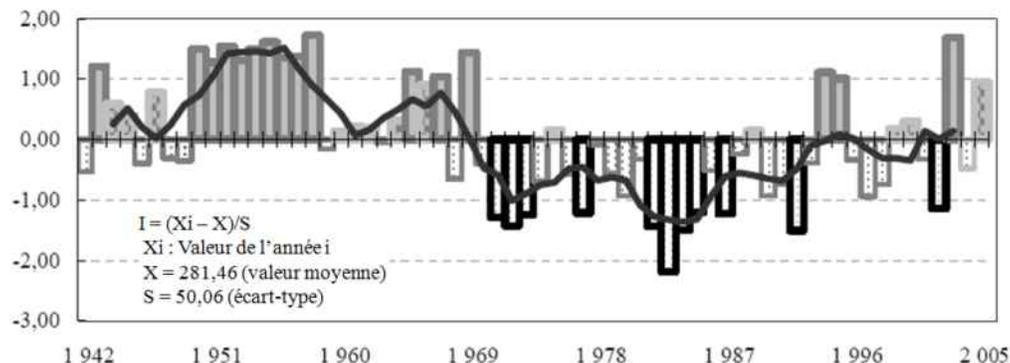
Le réseau météorologique d'observation mauritanien est caractérisé par deux facteurs limitant : une très faible densité du réseau sur tout le territoire mais plus spécialement dans le Nord et le Nord-Est du pays, et les lacunes fréquentes dans certaines stations, ce qui rend parfois les données inutilisables (Nouaceur, 1995a, 2009).

### Evolution et tendance

L'étude de Nouaceur (2009), portant sur 16 stations synoptiques mauritaniennes disposant de données fiables et ininterrompues sur une longue période, a montré la tendance pluviométrique à l'échelle nationale sur la période 1942-2005, exprimée par la moyenne nationale calculée à partir des valeurs enregistrées dans la totalité des stations pluviométriques (Figure 2).

L'analyse de la pluviométrie mauritanienne à l'échelle temporelle et pour la période 1942–2005 réalisée par Nouaceur (2009) permet de déceler les décrochements survenus dans les séries chronologiques des précipitations (Figure 2) :

- **Une première phase largement excédentaire de 1942 à 1969** avec 13 années qui enregistrent un indice supérieur à +1, l'année 1958 se démarquant avec une valeur maximum de +1,73. Entre 1942 et 1949, les indices négatifs concernent seulement quatre années et s'échelonnent entre -0,32 et -0,53. Entre 1959 et 1969, les indices négatifs deviennent moins fréquents. Au total, les années avec une pluviométrie excédentaire l'emportent largement sur les années en déficit pour cette première phase de la série. L'autre fait remarquable pour cette première période est la succession ininterrompue d'années très excédentaires entre 1950-1958 ; cette période de prospérité est d'ailleurs appelée par les populations autochtones « les années des vaches grasses » ;
- **Une deuxième phase correspondant à une situation exceptionnelle pour la Mauritanie**, mais aussi pour tout le Sahel. Un décrochement net apparaît sur la courbe, les indices à partir de 1970 sont pour la plupart négatifs. Une première période sèche allant de 1970 à 1976 se distingue avec un seul indice positif de +0,16 pour l'année 1975. Durant l'année 1972, un déficit record de 93% est enregistré. Celui-ci représente l'un des plus bas niveaux de pluviométrie enregistré en Mauritanie. Une deuxième période toute aussi sèche, mais dont l'intensité paraît plus forte, débute en 1977 et se prolonge jusqu'en 1993. Seule l'année 1989 se démarque avec un indice positif de +0,15. Les indices dépassent -1 pour sept années pour atteindre -2,19 en 1983 ;
- **Une troisième phase débutant en 1994 est caractérisée par un retour timide de la pluviométrie.** Il faut noter les indices positifs des années 1994 et 1995 (respectivement +1,11 et +1,01) et les indices négatifs (entre -0,33 et -0,94) qui marquent les années suivantes en 1996, 1997 et 1998. Il faut également noter les records extrêmes de 2002 avec -1,14 et de 2003 avec +1,68. Enfin dans cette dernière période, un nombre égal d'années sèches et humides peut être comptabilisé. Six années se démarquent avec des indices positifs supérieurs à +0,90 et six années sont sèches avec trois indices qui dépassent -0,70.



**Figure 2. Tendance de la pluviométrie à l'échelle nationale (indice centré réduit-I) (Nouaceur, 2009)**

De plus, Nouaceur (2003) a également rapporté une hausse spectaculaire des lithométéores en Mauritanie, qui représente une réponse logique à une modification du climat de toute l'Afrique de l'Ouest. Ce changement climatique s'insère dans une mutation globale dont l'élément dominant est le renforcement de la circulation méridienne. Les modifications des champs de pression observées dans l'hémisphère Nord traduisent

l'intensification du transport méridien et le maintien d'une circulation accélérée qui décale vers le Sud les structures pluviogènes tropicales. La recrudescence des lithométéores et la plus grande efficacité de l'érosion éolienne coïncident parfaitement avec le début de la péjoration climatique et la nouvelle donne de la dynamique atmosphérique (Nouaceur, 2003).

Les déficits pluviométriques répétés à la suite des grandes sécheresses des années 1970-1980 ont entraîné le glissement vers le Sud de 100 à 120 km de l'isohyète 100 mm, transformant ainsi 150 000 km<sup>2</sup> en zone désertique. Ce décalage important vers le Sud des isohyètes est à l'origine du décapage des sols et de la disparition d'une bonne partie de la végétation herbacée, arbustive et arborée.

De plus, les modes d'exploitation inadéquats des ressources naturelles associés aux conditions climatiques particulièrement défavorables au cours des 30 dernières années ont provoqué un déséquilibre fatal entre l'homme et son milieu par la détérioration des systèmes productifs agro-sylvo-pastoraux et la paupérisation des populations rurales.

Par ailleurs, la troisième phase de Nouaceur (2009) montre que les signes précurseurs d'un changement climatique sont bien réels, bien qu'une véritable tendance ne se confirme pas. C'est ce qui est confirmé sur le terrain par une arrivée de plus en plus tardive de la mousson africaine et par des épisodes pluvieux intenses, entraînant de nombreuses inondations, qui sont devenus bien plus qu'occasionnels depuis l'année 2000 (Nouaceur, 2009).

### Disparités régionales

L'analyse de la pluviométrie mauritanienne doit porter d'une part sur l'étude de la variabilité interannuelle des précipitations, et d'autre part sur la détermination de l'intensité territoriale du déficit des années de sécheresse. En mettant en évidence les disparités régionales, elle souligne les conséquences de la sécheresse sur le milieu naturel, mais aussi sur les mouvements de population à l'échelle nationale (Nouaceur, 1995a).

Nouaceur (1995a) a analysé les nuances spatiales dans le comportement pluviométrique sur la période 1941-1990 en divisant le pays en six régions représentées par une ou plusieurs stations synoptiques : le Nord (Bir Mogrein et Zouérate), le Tagant (Tidiikia), le Trarza (Nouakchott, Boutilimit, Méderdra, Rosso), le Brakna (Aleg, Bogué, Kaédi), le Hodh (Tamchekett, Aioun, Kiffa, Néma, Timbédra), le Sud (Sélibaby) (Figure 1). Il a montré que des régions ont été plus profondément touchées par la sécheresse (Tableau 2). Les régions de la partie Sud du pays, Trarza, Brakna, Hodh, ont été particulièrement touchées de 1971 à 1985. Le Brakna et l'Est du Hodh ont vu ces conditions se prolonger au-delà de 1985, avec la période de sécheresse la plus sévère entre 1981 et 1985 (Nouaceur, 1995a).

## **Gaz à effet de serre (GES)**

### Inventaire des gaz à effet de serre (IGES)

La réalisation d'un IGES figure parmi les principaux engagements de la Mauritanie vis-à-vis de la CCNUCC et il est subdivisé en cinq grands secteurs :

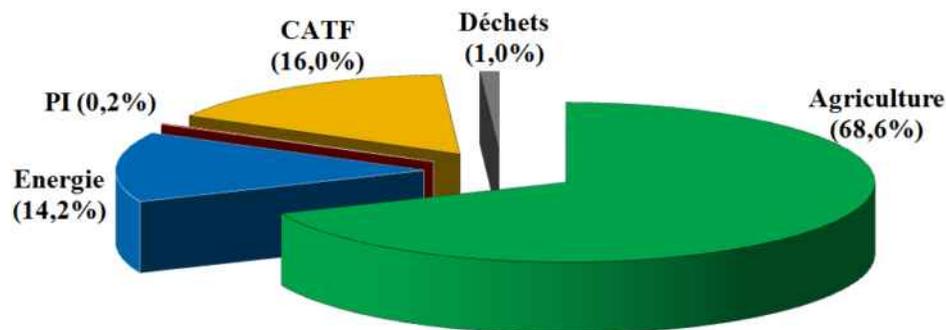
1. L'énergie ;
2. L'agriculture ;
3. Les procédés industriels (PI) ;
4. L'affectation des terres et changement d'affectation des terres et de la foresterie (ATCATF) ;
5. Et les déchets.

**Tableau 2. Caractères pluviométriques dominants des décennies à l'échelle régionale (Nouaceur, 1995a)**

Régions	Années 1940	Années 1950	Années 1960		Années 1970	Années 1980
			Début	Fin		
Nord	Sèche	Humide	Sèche à normale	Humide	Sèche	+ Sèche
Adrar	± Humide	Humide	Sèche à normale	Humide	+ Sèche	Sèche
Tagant	Très Sèche	Humide	Sèche à normale	+ Humide	Sèche	+ Sèche
Trarza	Humide	Humide	Sèche à normale	Humide	Sèche	+ Sèche
Brakna	± Humide	Humide	Sèche à normale	Humide	Sèche	+ Sèche
Hodh	Normale	Humide	Humide	Humide	Sèche	+ Sèche
Sud	± Humide	Humide	Humide	Humide	Sèche	Sèche

Les émissions de la Mauritanie sont estimées en 2000 à 2,24 tonnes équivalent CO<sub>2</sub> (Teq CO<sub>2</sub>) par personne (données ne tenant pas compte du secteur de l'ATCATF), permettant de classer la Mauritanie au plus bas de l'échelle des pays émetteurs. Selon la méthode de comparaison basée sur les émissions en CO<sub>2</sub> par personne du secteur de l'énergie, la Mauritanie, en 2000, est à 0,46 Teq CO<sub>2</sub>/personne contre une moyenne mondiale de 4,1 Teq CO<sub>2</sub>/personne, et celle de l'Afrique de 0,9 Teq CO<sub>2</sub>/personne (Ministère délégué auprès du Premier Ministre chargé de l'environnement et du développement durable, 2008).

Les émissions totales de GES réparties entre les secteurs sources sont représentées sur la Figure 3. Il faut noter que le changement d'affectation des terres et de la foresterie (CATF), avec 16%, est considéré comme un puits par ses émissions négligeables par rapport à ses capacités de séquestration (96% grâce à son patrimoine forestier) (Ministère délégué auprès du Premier Ministre chargé de l'environnement et du développement durable, 2008).

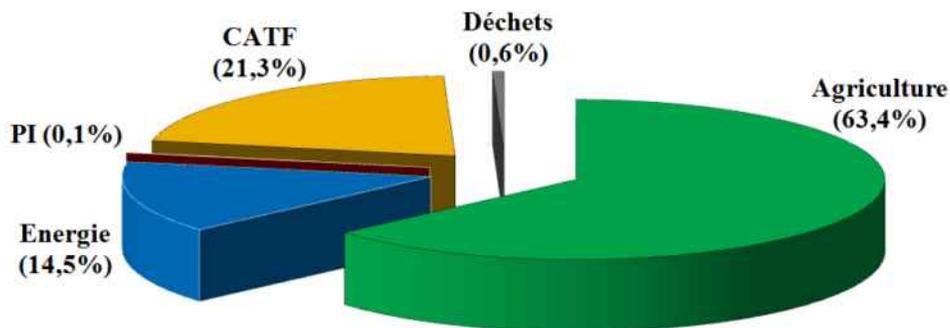


**Figure 3. Emissions de GES par secteur source en 2000 (Ministère délégué auprès du Premier Ministre chargé de l'environnement et du développement durable, 2008)**

Le Ministère délégué auprès du Premier Ministre chargé de l'environnement et du développement durable (2008) rapporte dans la seconde communication nationale qu'entre 1995 et 2004, les émissions annuelles de GES en Mauritanie ont accusé (hormis ATCATF) une augmentation nette d'environ 28% au même moment où la population du pays n'a augmenté que de 22% pour la même période. Ce différentiel trouve son explication dans l'amélioration des conditions de vie de la population, avec une augmentation sensible des émissions par personne passant de 2,24 Teq CO<sub>2</sub>/personne en 2000 à 2,41 Teq CO<sub>2</sub>/personne en 2004.

Les secteurs de l'agriculture, de l'énergie et de la foresterie totalisent plus de 99% de l'évolution des émissions globales en Mauritanie (données ne tenant pas compte de l'ATCATF). Il faut noter que le secteur de l'agriculture participe à lui seul pour 63,4% (Figure 4). Le secteur de l'énergie contribue par 14,5% dans l'augmentation des émissions globales à travers l'extension rapide du parc automobile national et l'électrification de quelques centres urbains (Ministère délégué auprès du Premier Ministre chargé de l'environnement et du développement durable, 2008).

Le secteur de l'ATCATF reste tributaire d'une année à l'autre des effets directs des conditions climatiques, singulièrement des précipitations pluviométriques. Par exemple, la deuxième moitié des années 1990 fut marquée par une abondance des précipitations et une corrélative bonne végétation des prairies, entraînant ainsi une forte séquestration au cours de l'année 1998 (Ministère délégué auprès du Premier Ministre chargé de l'environnement et du développement durable, 2008).



**Figure 4. Proportion sectorielle de l'évolution des émissions de GES pour la période 1995-2004 (Ministère délégué auprès du Premier Ministre chargé de l'environnement et du développement durable, 2008)**

La seconde communication nationale (Ministère délégué auprès du Premier Ministre chargé de l'environnement et du développement durable, 2008) rappelle que le niveau d'incertitude dans cet inventaire est globalement élevé :

- La qualité des données reste très modeste à l'exception de celle sur l'énergie et celles provenant du recensement de l'année 2000 ;
- Les données sur l'agriculture, la foresterie et l'ATCATF sont en général estimées sur la base d'enquêtes sectorielles ;
- Les données du secteur des déchets et des PI sont aussi estimées mais fondées sur des observations *in situ*, en l'absence de données officielles ;
- Les facteurs d'émission (FE) utilisés sont en général par défaut et ne reflètent ni la réalité du terrain ni les spécificités du pays.

#### Politiques d'atténuation des émissions des gaz à effet de serre (GES)

La Mauritanie, faisant partie des pays non annexe I de la CCNUCC, n'est soumise, conformément à l'article 4 paragraphes b, c, e et f de la Convention, ni à une contrainte de stabilisation et ni à une rigueur d'atténuation des émissions des GES. Ainsi, le premier souci du Gouvernement Mauritanien est d'améliorer les conditions de vie de la population via une augmentation de la production vivrière, une valorisation des ressources naturelles et un accès équitable aux services sociaux de bases. Cependant, les mesures sectorielles prises par le Gouvernement tendent à réduire les émissions des GES tout en visant l'amélioration des conditions de mieux-être des populations (Ministère délégué auprès du Premier Ministre chargé de l'environnement et du développement durable, 2008).

En effet, la réponse aux besoins de développement comporte des risques de dégradation de l'environnement si celle-ci ne s'accompagne pas des mesures d'atténuation appropriées. Par ailleurs, il serait possible d'envisager

des options d'atténuation des GES susceptibles d'avoir des retombées positives à long terme. Ainsi, les mesures proposées visent, conformément à la CCNUCC, à réduire non seulement les GES mais aussi à promouvoir le développement durable. La mise en œuvre de ses mesures doit faire l'objet d'une participation nationale avec un appui de la communauté internationale (Ministère délégué auprès du Premier Ministre chargé de l'environnement et du développement durable, 2008).

Le Ministère délégué auprès du Premier Ministre chargé de l'environnement et du développement durable (2008), dans la seconde communication nationale, a réalisé une analyse d'atténuation, qui s'est limitée d'une part aux secteurs de l'énergie, de l'agriculture et de l'ATCATF (principaux secteurs à l'origine de 98% des émissions des GES), et d'autre part à des propositions qui tiennent compte des réalités nationales et qui ont des chances d'être acceptées par les différents acteurs concernés.

## VULNERABILITE FACE AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES

La vulnérabilité des pays sahéliens aux changements climatiques mérite plus d'attention et d'études scientifiques afin de déterminer les menaces sur les établissements humains et les systèmes socio-économiques afin de préconiser des mesures d'adaptation aux changements climatiques adaptés au contexte national (Ministère délégué auprès du Premier Ministre chargé de l'environnement et du développement durable, 2008).

En Mauritanie, la communication nationale initiale (Ministère du Développement Rural et de l'Environnement, 2001) a montré la forte vulnérabilité du pays aux changements climatiques à cause de la fréquence et l'intensité des sécheresses, l'avancée du désert, la fragilité du cordon dunaire le long du littoral face à la montée du niveau de la mer, la forte dépendance envers l'eau du secteur agricole et d'élevage, le risque de disparition des forêts, et certaines faunes, etc. (Ministère délégué auprès du Premier Ministre chargé de l'environnement et du développement durable, 2008).

Dans le cadre de la seconde communication nationale, le Ministère délégué auprès du Premier Ministre chargé de l'environnement et du développement durable (2008) a proposé une étude de vulnérabilité aux changements climatiques en Mauritanie présentant l'analyse des secteurs vitaux en se projetant à l'horizon 2020 et 2050 sur la base des scénarii afin de prévoir les conséquences socioéconomiques et proposer des mesures d'adaptation.

### Agriculture en zone Oasienne

L'écosystème oasien est très sensible aux variations climatiques sur les 90 dernières années pour lesquelles une anomalie climatique a été enregistrée dans la zone. Cette sensibilité se caractérise par : (i) un enfouissement spectaculaire de la nappe tendanciel et variable suivant les moughataa et qui s'est accentué ces 25 dernières années et dont la tendance à l'aggravation se confirme ; (ii) un ensablement massif tendanciel et variable suivant les moughataa entraînant la détérioration du système productif dans son ensemble ; et (iii) une perte de la biodiversité tant pour le palmier que pour les cultures associées (Ministère délégué auprès du premier ministre chargé de l'environnement et du développement durable, 2008).

Cette vulnérabilité a eu pour conséquence la décroissance substantielle du revenu et sa déstructuration, le dépeuplement tendanciel de la wilaya, et l'accentuation de la pauvreté en particulier des groupes les plus vulnérables (les femmes) (Ministère délégué auprès du premier ministre chargé de l'environnement et du développement durable, 2008).

L'adaptation aux risques des changements climatiques du secteur de l'agriculture oasienne en adrar est multidimensionnel. A cet effet, la stratégie d'adaptation comporte deux axes : (i) la gestion intégrée des ressources en eau en zone aride pour une protection durable de l'agriculture oasienne et (ii) la capacitation des acteurs impliqués de tawaz et chinguetti dans la collecte et l'utilisation de l'eau. Le budget pour la réalisation de ces actions s'élève à 1,3 millions de USD (Ministère délégué auprès du premier ministre chargé de l'environnement et du développement durable, 2008).

## Secteur forestier

Le secteur forestier est apparu assez vulnérable. L'analyse de la matrice de vulnérabilité montre que le nombre de sécheresses extrêmes (8) et moyennes (7) influent négativement sur les forêts classées et notamment sur les groupes cibles qui n'ont d'autres alternatives que la survie, puisque l'indice d'exposition montre que l'impact des changements climatiques dans la zone des forêts classées du Trarza et du Brakna a pour principales conséquences :

- La baisse des revenus provenant de l'exploitation forestière ;
- L'aggravation du déficit céréalier de ces groupes qui exploitent des enclaves à l'intérieur des forêts classées ;
- La réduction de la production végétale utilisée par le cheptel et la faune sauvage qui a tendance à disparaître totalement de la zone.

Ainsi, si rien n'est fait dans le court terme la situation devrait continuer à s'aggraver d'ici 2020 pour devenir irréversible au-delà de 2050 (Ministère délégué auprès du Premier Ministre chargé de l'environnement et du développement durable, 2008).

Dans le secteur de la foresterie, il y a trois projets d'adaptations, à savoir : (i) l'aménagement participatif et durable des forêts classées dégradées des wilayas du Trarza et du Brakna ; (ii) la création de ceintures vertes de protection autour des villages riverains des forêts classées ; et (iii) le développement d'activités génératrices de revenus au profit des villages riverains des forêts classées. L'évaluation des coûts des projets d'adaptation a été estimée à 23 millions de USD (Ministère délégué auprès du Premier Ministre chargé de l'environnement et du développement durable, 2008).

## Secteur de l'élevage

Le secteur de l'élevage constitue une des principales sources vitales de l'économie et occupe plus de 70% de la population rurale. Cependant, les sécheresses successives ont eu comme conséquence une sédentarisation massive résultant d'un exode rural important ayant déstructuré l'essentiel des anciens systèmes de production. Ainsi, la diminution du potentiel pastoral entraînée par les changements climatiques avec l'augmentation des besoins de la population a conduit les éleveurs à surexploiter les parcours, notamment autour des points d'eau et zones de concentration des animaux. Les changements climatiques devraient avoir des impacts sur les mécanismes physiologiques des animaux, sur la recrudescence des maladies animales, etc. (Ministère délégué auprès du Premier Ministre chargé de l'environnement et du développement durable, 2008).

## Ressources en eau

Les ressources en eau, en particulier les eaux superficielles, sont très dépendantes des pluies. Les eaux de surface devraient être plus fortement et plus fréquemment perturbées avec des alternances de sécheresses sévères et d'inondations brusques. Les incidences potentielles des changements climatiques sur les eaux souterraines sont multiples et variées, il est question de : la qualité des eaux, du tarissement précoce des nappes, de l'ensablement plus rapide des infrastructures, de la réduction des débits d'exhaure, de la perturbation de l'approvisionnement en eau et de sa distribution, etc. (Ministère délégué auprès du Premier Ministre chargé de l'environnement et du développement durable, 2008).

Pour le secteur de l'eau, deux projets, évalués à 0,6 million de USD, portent sur : (i) la promotion de technologies et pratiques adaptées de lutte contre l'érosion hydrique en zone semi-aride dans la Commune de Dionaba et (ii) la conservation des terres dégradées par la réhabilitation de petits ouvrages hydrauliques adaptées en zone semi-aride dans la Commune d' El Verae (Ministère délégué auprès du Premier Ministre chargé de l'environnement et du développement durable, 2008).

## **Zone du littoral**

La zone côtière concentre les principales villes du pays (capitales administrative et économique) et les infrastructures économiques du pays (telles que le port, les centrales électriques, et les industries) ainsi que les parcs nationaux et réserves naturelles à forte biodiversité. Les conséquences des changements climatiques avec l'élévation du niveau marin se traduiraient par une exposition aux risques d'inondation de grandes superficies de terres ainsi que les infrastructures qui y sont implantées. L'érosion côtière serait également aggravée, notamment sur le littoral de Nouakchott où les modifications morphologiques sont déjà appréciables (Ministère délégué auprès du Premier Ministre chargé de l'environnement et du développement durable, 2008).

Le secteur côtier comporte trois projets d'adaptation relatifs à : (i) la préservation des défenses naturelles de Nouakchott (cordon dunaire) ; (ii) la mise en place d'un dispositif d'observation pour la sécurisation des secteurs de la ville établis dans des zones inondables ; et (iii) la protection et la restauration de la mangrove du Parc National du Diawling. Le coût global des trois projets d'adaptation a été évalué à 1,2 millions de USD (Ministère délégué auprès du Premier Ministre chargé de l'environnement et du développement durable, 2008).

## **CONCLUSIONS**

En Mauritanie, comme dans toute la zone sahélienne, il existe un cercle vicieux qui lie directement le changement climatique à la pauvreté. Les vagues de sécheresse des années 1970 et 1980 ont perturbé le contexte socio-économique du pays, avec un départ massif des populations rurales vers les grandes concentrations urbaines, accentuant la pauvreté et la précarité de la population. Par ailleurs, depuis 2000, la Mauritanie a vu une arrivée de plus en plus tardive de la mousson africaine et des épisodes pluvieux intenses, entraînant de nombreuses inondations, montrant des signes précurseurs d'un changement climatique réel malgré qu'une véritable tendance ne puisse encore se confirmer.

En ratifiant la CCNUCC en 1994, la Mauritanie a montré sa volonté de contribuer efficacement à l'effort mondial contre le réchauffement global de la planète tout en visant une politique de développement durable social et économique du pays afin d'améliorer les conditions de vie de la population. De plus, la Mauritanie a réalisé de nombreux efforts en entreprenant l'éducation, la formation et la sensibilisation, éléments fondamentaux de renforcement des connaissances selon la CCNUCC, au profit des acteurs publics, privés et société civile sur les différents aspects du phénomène « changement climatique ».

Ainsi, le Gouvernement Mauritanien a fait des avancées significatives dans le domaine de l'environnement et commence à prendre conscience de l'ampleur de la dégradation environnementale liée à l'interaction entre les aléas climatiques et la pression anthropique. Cependant, les moyens humains et matériels mis en œuvre par les Mauritaniens pour arrêter les effets néfastes liés à cette dégradation semblent limités par l'immensité du territoire et des moyens financiers très faibles.

Les actions à mener par les dirigeants mauritaniens sont multiples et doivent, avant tout, permettre de développer un réseau météorologique d'observation effectif et fiable afin d'évaluer réellement les dommages et les impacts des aléas climatiques, améliorer les connaissances des risques et mettre en place des mesures et des stratégies. Ces dernières doivent être adaptées non seulement aux exigences du changement climatique mais aussi aux réalités nationales et doivent être considérées sur du long terme avec un appui de la communauté internationale. En effet, à ce jour, la Mauritanie ne compte aucun projet Mécanisme pour le Développement Propre (MDP), malgré, par exemple, des gisements éolien et solaire considérables.

## **REMERCIEMENTS**

L'auteur tient à remercier la société « GEB-Environnement » pour le travail de recherche bibliographique qui a été réalisé et qui a permis, en partie, la rédaction d'un tel article de synthèse.

## REFERENCES

- Arnaud J.C. (1999) Répartition de la population sédentaire. Évolution des densités de la population sédentaire (1977-1988). Les filières migratoires : les migrations dans le Trarza. Dans : « Atlas de Mauritanie. Nouakchott », Eds. Ledra de Rouen, Lerg de Nouakchott, Rouen, Coopération française, Planches 3, 5, 6e.
- Banque Africaine de Développement (BAD), Commission Européenne (CE) et Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO) (2003) Etude prospective du secteur forestier en Afrique. Rapport Sous-Regional, Afrique du Nord, 74 p.
- Commission Européenne (CE) (1999) Ressources Forestières en Mauritanie. Direction Générale VIII Développement, Programme de partenariat Commission Européenne – Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (CE-FAO) (1998-2002), projet GCP/INT/679/EC, Disponible sur <<http://www.fao.org/DOCREP/004/X6812F/X6812F00.htm#TOC>>
- Ministère délégué auprès du Premier Ministre chargé de l'environnement et du développement durable (2008) Seconde communication nationale sur les changements climatiques. République Islamique de Mauritanie, 140 p.
- Ministère du Développement Rural et de l'Environnement (2001) Communication nationale initiale sur les changements climatiques. République Islamique de Mauritanie, 163 p.
- Ministère du Développement Rural et de l'Environnement (2003) La diversité biologique agricole en Mauritanie. Esquisse d'un plan d'action sur l'agro-biodiversité. Dans : « La biodiversité agricole en Afrique de l'Ouest - Situation actuelle, expériences et perspectives », Documentation de l'Atelier Régional sur la Biodiversité Agricole, 15-19 décembre 2003, Bamako, Mali.
- Nouaceur Z. (1995a) Disparités pluviométriques régionales, sécheresse et déséquilibres de l'environnement mauritanien. *Rev. Géogr. Lyon*, 70, 239-245.
- Nouaceur Z. (1995b) Lithométéore et élévation des températures dans quelques stations de la Mauritanie. *Publications de l'Assoc. Int. Climatol.*, 8, 379-386.
- Nouaceur Z. (2003) Crise climatique et mutation des paysages en Afrique sub-saharienne : la dynamique des paysages autour de la ville de Nouakchott et dans la région de Rosso (Mauritanie). *Sécheresse*, 14(1), 54-55.
- Nouaceur Z. (2009) Evolution des précipitations depuis plus d'un demi-siècle en Mauritanie. *Geographia Tech.*, Numéro Spécial 2009, 361-366.
- Ould Abdallahi C. (2005) Etude sur l'activité contexte national. Projet National sur les changements climatiques, Nouakchott, Mauritanie.
- Rivière M. (2007) Le changement climatique n'est pas une fatalité. Disponible sur <[http://www.rfi.fr/actufr/articles/091/article\\_53762.asp](http://www.rfi.fr/actufr/articles/091/article_53762.asp)>, RFI, article 53762, 07 juillet 2007.
- Toupet Ch. (1995) La crise sahélienne. *Rev. Géogr. Lyon*, 70, 181-186.



# CHAPITRE 5

## LE CHANGEMENT CLIMATIQUE EN TUNISIE

Y. LABBENE\*

Consultant libre en changement climatique / vulnérabilité  
Tunisie

### RESUME

Des études récentes relatives à l'évolution du climat en Tunisie durant le dernier siècle mettent en exergue les premiers signes d'un changement du climat. En effet, l'ensemble des stations d'observations tunisiennes présentent une tendance à la hausse de la température à partir de 1975. Cette tendance va en s'accroissant, la dernière décennie étant la plus chaude observée en Tunisie et ce à l'instar de ce qui a été observé dans le monde. Quant aux précipitations, elles ne présentent pas de changement significatif dans le cumul moyen annuel, néanmoins la fréquence des extrêmes (séquences pluvieuses et sèches) a tendance à s'accroître. Les projections les plus élaborées de changement climatique à l'échelle de la Tunisie, feraient état d'une augmentation de la température moyenne annuelle de 1,1 °C à l'horizon 2030, atteignant les 2,1 °C à l'horizon 2050. Au niveau de l'évolution des précipitations, une tendance générale à une faible baisse des volumes moyens serait attendue. Cette baisse modérée à l'horizon 2030 va en s'accroissant à l'horizon 2050. Globalement, à l'horizon 2030 il est attendu un climat plus chaud et plus variable en Tunisie. Le plus préoccupant est que ces tendances iraient en s'accroissant vers les années 2050, voire au delà. Les ressources en eau ainsi que l'agriculture, essentiellement pluviale mais aussi l'arboriculture, sont des secteurs d'activités traditionnellement sensibles aux conditions climatiques. D'autres secteurs et/ou activités présentent également une vulnérabilité particulière au changement climatique, à savoir la santé, le tourisme et la frange littorale qui concentre une grande partie de l'activité socio-économique du pays. En se référant à la 1<sup>ère</sup> communication nationale de la Tunisie au titre de la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUU), et plus particulièrement à l'inventaire national, les émissions anthropiques nettes de gaz à effet de serre (GES), pour l'année 1994, se sont élevées à 23 millions de tonnes équivalent CO<sub>2</sub> (MTE-CO<sub>2</sub>), ce qui représente 2,66 tonnes équivalent CO<sub>2</sub> (Teq CO<sub>2</sub>)/habitant. Cet inventaire est marqué par une forte contribution des émissions dues aux activités énergétiques (53,4%) qui, selon les perspectives, atteindrait en 2020 les 62,2%. Sur la base d'études prospectives, le potentiel d'atténuation des émissions de GES en Tunisie a été évalué pour la période 2002-2020, à un total de réduction cumulée de 240 MTE-CO<sub>2</sub>. Ce potentiel comprend 47 options d'atténuation (l'énergie : 33 options ; l'agriculture : 4 options ; les forêts et le changement d'affectation des sols : 6 options ; et les déchets : 4 options). Ce potentiel de réduction se base en partie sur la perspective d'une utilisation rationnelle des opportunités offertes par le Mécanisme pour le Développement Propre (MDP). En fait, une grande part du potentiel d'atténuation rentre dans le cadre de la politique énergétique du pays et prend en compte l'ensemble des incitations qui sont offertes au secteur. La Tunisie a bénéficié d'une collaboration fructueuse aussi bien au niveau bilatéral que multilatéral. Ceci s'est traduit par le financement d'un nombre important de projets en relation avec le changement climatique. En termes d'adaptation au changement climatique, la Tunisie a à son actif plusieurs actions innovatrices : (i) Une stratégie nationale d'adaptation au changement climatique de l'agriculture et des ressources en eau ; (ii) Une stratégie d'adaptation au changement climatique du système de la santé ; (iii) Une stratégie d'adaptation de la frange littorale face à une élévation accélérée du niveau de la mer ; et (iv) Une

---

\* Auteur correspondant : M. LABBENE Yadh – Email : [yadh.labbene@gmail.com](mailto:yadh.labbene@gmail.com)

stratégie d'adaptation au changement climatique du secteur du tourisme (en cours). Malencontreusement, ces stratégies d'adaptation ne sont pas souvent mises en œuvre et leur intégration dans les plans de développement nationaux accuse un certain retard.

Mots clés : Adaptation, atténuation, changement climatique, émission, stratégie d'adaptation, vulnérabilité, Tunisie

## INTRODUCTION

La Tunisie a signé la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC) à Rio de Janeiro en 1992, puis l'a ratifiée en juillet 1993. Elle a également ratifié le Protocole de Kyoto en juin 2002.

Conformément à l'article 12 de la CCNUCC, la Tunisie a transmis à la 7<sup>ème</sup> Conférence des Parties à Marrakech, en 2001, sa communication nationale initiale au titre de la CCNUCC. Elle comprend notamment un inventaire national des émissions de gaz à effet de serre (GES) pour l'année 1994 ainsi que des perspectives pour ses émissions de GES aux horizons 2020 et 2030. Depuis 2007, la Tunisie s'est engagée dans la préparation de sa 2<sup>ème</sup> communication nationale au titre de la CCNUCC. Elle comprendra, entre autres, un inventaire actualisé des émissions de GES (année 2000) ainsi qu'un portefeuille de projets d'atténuation et une description de sa stratégie d'adaptation.

Conformément à ses engagements vis-à-vis de la CCNUCC, la Tunisie s'est également efforcée de contribuer à l'effort de lutte contre le changement climatique, en renforçant les connaissances scientifiques (p. ex. l'évaluation de la vulnérabilité et les possibilités d'adaptation, l'observation et le suivi des paramètres liés au changement climatique), en consolidant les échanges (tels que la création du Centre d'Information sur l'Énergie Durable et l'Environnement - CIEDE), en participant et en appuyant les réseaux et le transfert de technologies, et en mettant en place des actions concrètes (telles que l'atténuation des émissions de GES, l'adaptation au changement climatique et la sensibilisation).

Tenant compte de sa conjoncture énergétique, la Tunisie a initié une politique énergétique basée essentiellement sur la maîtrise de l'énergie qui a des répercussions positives sur l'environnement en termes de diminution de ses émissions de GES. Cette politique s'est appuyée, en particulier, sur le développement de l'utilisation rationnelle de l'énergie, la promotion des énergies renouvelables, la valorisation des déchets et le reboisement.

## CLIMAT : EVOLUTION ET TENDANCE OBSERVEES DURANT LE 20<sup>ème</sup> SIECLE

L'observation météorologique en Tunisie a démarré à la fin du 19<sup>ème</sup> siècle. Actuellement, l'Institut National de la Météorologie (INM) est en charge de l'observation météorologique et climatique sur l'ensemble du territoire tunisien.

### Réseau d'observation météorologique et climatologique

L'INM dispose d'un vaste réseau d'observation météorologique et climatologique comprenant plus de 300 stations de différents types (synoptique, climatologique, pluviométrique, agrométéorologique et aéronautique), réparties sur tout le territoire tunisien. Ce réseau est en phase avancée d'automatisation ce qui permettra d'améliorer la qualité des données et leur disponibilité en temps réel.

Ce précieux volume d'informations constitue un patrimoine national, qui est sauvegardé dans une banque de données. Il est utilisé dans diverses applications parmi lesquelles figurent le suivi et l'étude du climat tunisien et de son évolution durant le dernier siècle.

Cette banque de données climatologiques de l'INM comprend des données de précipitations, de températures, de vent, d'humidité, etc. Les données quotidiennes datent de 1950 et les données mensuelles remontent, pour certaines stations, à l'année 1900.

## Etude de l'évolution du climat tunisien durant le 20<sup>ème</sup> siècle

### Evolution des précipitations

L'étude de l'évolution des précipitations depuis le début du 20<sup>ème</sup> siècle a porté sur 43 stations du réseau d'observation météorologique de l'INM, disposant de séries de données longues de 70 à 101 ans (1901/2000). La Figure 1 présente l'évolution des cumuls annuels de précipitations pour quatre stations, à savoir Tunis, Tabarka, Kairouan et Gafsa. La Figure 2 situe ces différentes stations sur la carte de la Tunisie.

L'analyse statistique a révélé qu'à l'exception de quelques tendances fortuites et disparates, l'évolution du volume des précipitations annuelles en Tunisie durant le 20<sup>ème</sup> siècle ne présente pas de tendance statistiquement significative.

Durant les trois premières décennies du 20<sup>ème</sup> siècle, la pluviométrie a été marquée par une relative stabilité. En revanche, le reste du siècle a été marqué par l'alternance de périodes sèches\* (la décennie 1940/50) et de périodes humides† (la décennie 1950/60). A partir des années 1985, le Nord de la Tunisie, en particulier, a présenté une accentuation de la variabilité donnant lieu à une occurrence plus accrue d'années respectivement sèches et humides.

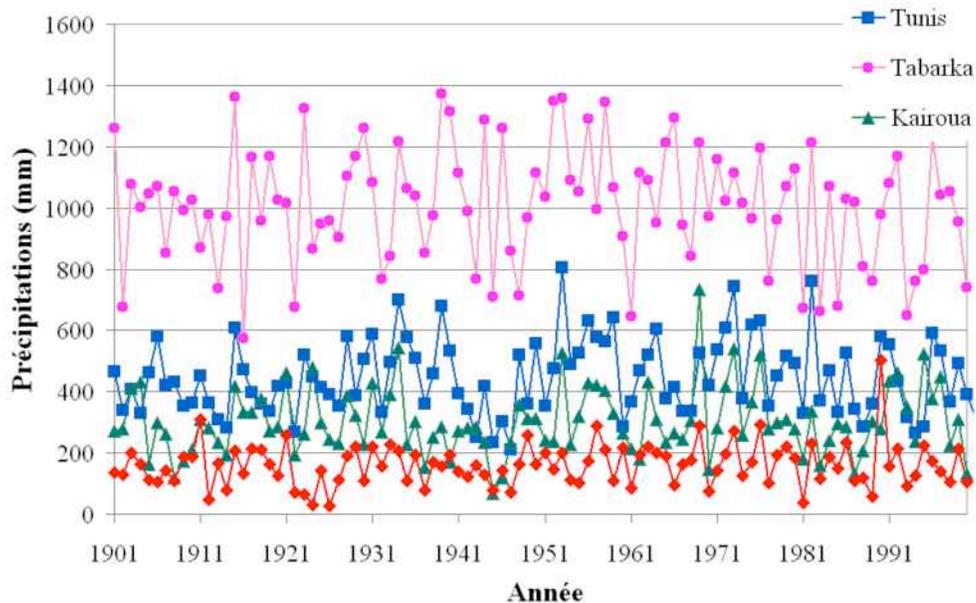
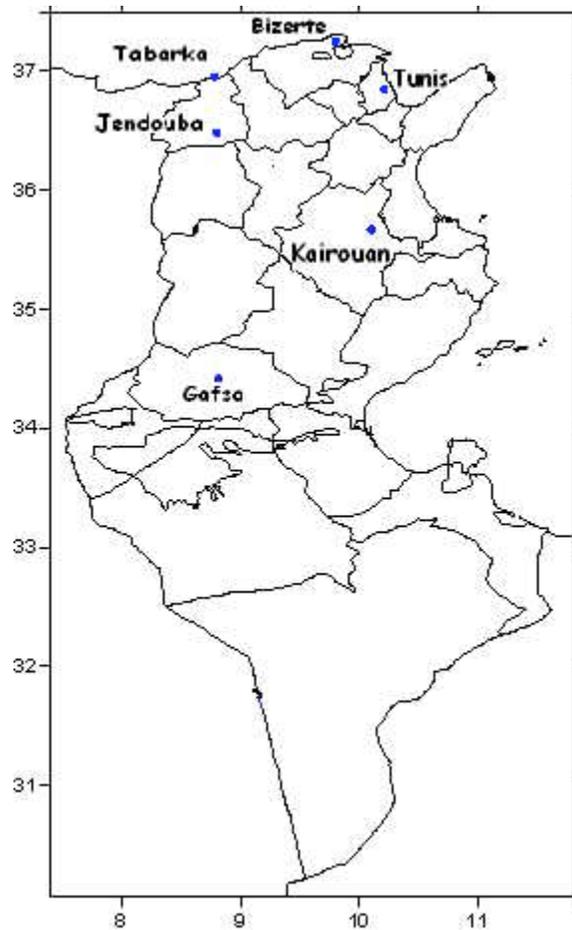


Figure 1. Evolution des cumuls annuels de précipitations au niveau des stations de Tunis, Tabarka, Kairouan et Gafsa (Labbene et Ben Rached, 2003a)

\* Année sèche : Le cumul annuel des précipitations (Pr.ann) est inférieur à 80% de la moyenne

† Année humide : Le Pr.ann est supérieur à 120% du cumul annuel



**Figure 2. Carte de la Tunisie**

### Evolution de la température

Une étude similaire sur l'évolution de la température en Tunisie, relative à la période 1961-2002, a porté sur une quarantaine de stations du réseau d'observation de l'INM. Toutes les séries ont présenté à partir de 1975 une tendance à la hausse de la température moyenne annuelle (Labbene et Ben Rached, 2003b). Par ailleurs, cette tendance a également été observée aussi bien pour les températures annuelles minimales et maximales que moyennes.

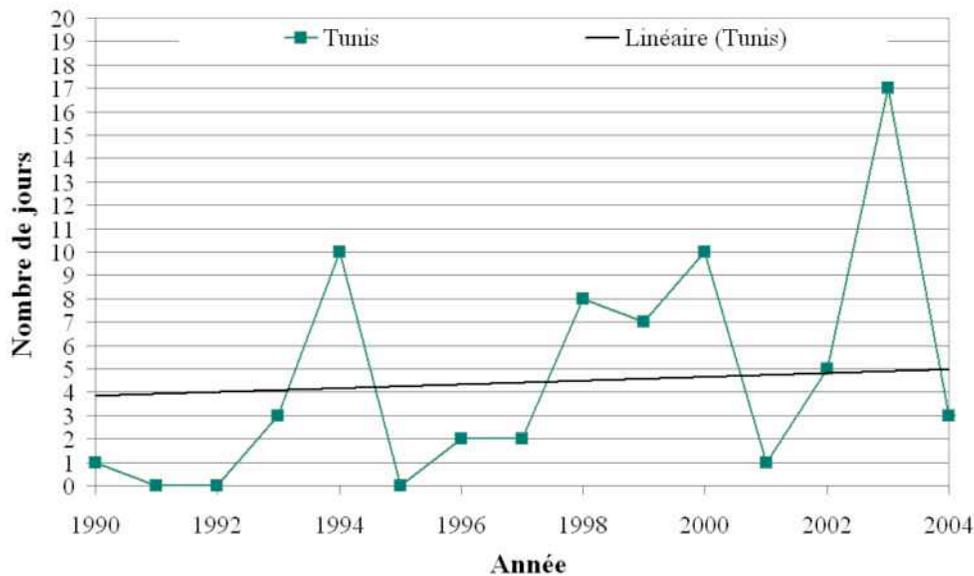
Par ailleurs, cette tendance s'est accentuée durant la dernière décennie (1991/2000) qui est la plus chaude qu'ait connu la Tunisie depuis le début du siècle précédent et ce à l'instar de ce qui a été observé dans le monde et mentionné dans les rapports de l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM) (Labbene et Ben Rached, 2003b).

### Evolution des extrêmes

En Tunisie, l'évolution récente du climat durant les dernières décennies peut être qualifiée d'anormale. En effet, le pays a vécu durant les dernières années une sécheresse d'une grande ampleur qui a duré 3 à 4 ans (1999/2002). En revanche, les 2 années suivantes (2003-2004) ont été relativement pluvieuses et marquées par des inondations exceptionnelles (janvier 2003 au niveau du Bassin Medjerda et à deux reprises en septembre 2003 sur le Grand Tunis). De même, l'été 2003 a été le plus chaud qu'ait connu la Tunisie depuis le début des observations météorologiques (Henia et Alouane, 2009). Ces extrêmes climatiques ont été de fortes amplitudes, néanmoins le plus préoccupant demeure le rythme et la fréquence avec lesquelles ces anomalies climatiques semblent s'intensifier au cours des dernières années.

La Figure 3 montre une augmentation du nombre de jours chauds (température maximale quotidienne  $>$  à  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) ce qui confirme que le réchauffement observé en Tunisie se manifeste avant tout au niveau des températures maximales.

En résumé, le climat tunisien semble présenter durant les dernières décennies une fréquence accrue de phénomènes climatiques extrêmes. Il y a lieu d'approfondir l'étude statistique de cette question et de veiller à accorder une attention particulière à son suivi.



**Figure 3. Evolution du nombre annuel de jours chauds par an ( $T_{\max} > 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) à la station de Tunis-Carthage (Labbene et Ben Rached, 2003a)**

## EVOLUTION FUTURE DU CLIMAT A L'HORIZON 2030

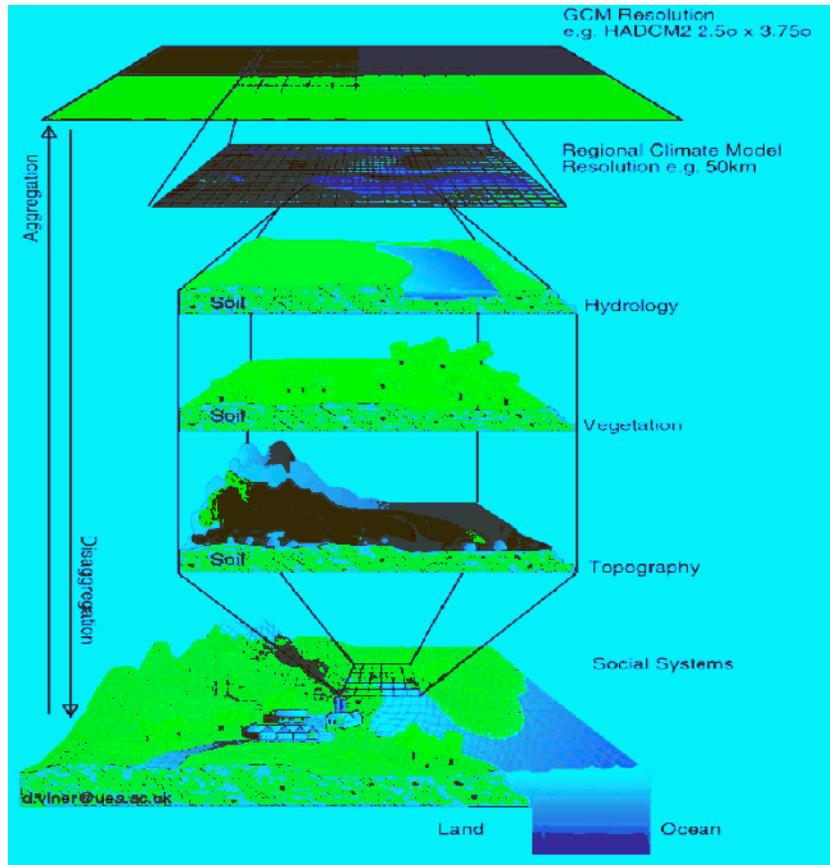
### Quelques aspects méthodologiques

Le climat est un système particulièrement complexe avec des interactions et des rétroactions entre ses différentes composantes qui sont difficiles à cerner et à définir. Pour l'étude du climat et la prise en compte de l'ensemble de ces interactions, il est nécessaire d'adopter une approche globale. Pour cela, les scientifiques utilisent des modèles de circulation générale (MCG) de l'atmosphère, qui consistent à intégrer numériquement un ensemble d'équations mathématiques qui représentent les lois fondamentales gouvernant le comportement du système climatique et décrivant les processus physiques liant les diverses composantes du système. L'utilisation des MCG permet de reproduire la circulation atmosphérique à grande échelle et ainsi de simuler les principales caractéristiques de la distribution et de l'évolution du climat à la surface du globe.

Toutefois, compte tenu de la faible résolution horizontale des modèles climatiques (autour de 350 à 450 km), les MCG ne peuvent pas représenter adéquatement certains processus climatiques qui se produisent à des échelles plus fines. Une résolution plus fine nécessite des capacités de calcul dont la communauté scientifique n'en dispose pas à l'état actuel.

Afin d'améliorer la simulation du climat à l'échelle régionale, l'approche adoptée consiste à utiliser un modèle régional du climat (MRC) qui utilise les mêmes principes physiques de base que les MCG, mais avec une résolution horizontale plus fine (de 10 à 50 km environ), qui permet d'intégrer les spécificités de la région (Christensen et al., 2007).

La Figure 4 illustre d'une manière simplifiée le passage d'un MCG à un MRC par une technique de descente d'échelle (« downscaling » en anglais) qui consiste à simuler le climat d'une région donnée en se basant sur l'information fournie par la grande échelle aux bords du domaine considéré tout en intégrant les différentes composantes du système climatique propre à cette région.



**Figure 4. Approche pour la modélisation du climat à l'échelle régionale (Boé et al, 2006)**

### Projections du changement climatique au niveau global

La question des projections futures du changement climatique a été appréhendée à l'aide d'une approche intégrée s'articulant autour :

- D'une composante relative à l'activité humaine, son évolution et son impact sur la concentration des principaux GES dans l'atmosphère, analysée à l'aide d'un jeu de scénarios ;
- D'une composante relative à l'évolution future du climat, sous la contrainte liée aux activités humaines, étudiée à l'aide de la modélisation numérique du climat.

En se référant au 4<sup>ème</sup> rapport du Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC) (Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat, 2007a), les projections du changement climatique attendu au niveau global seraient :

- Une augmentation de la température moyenne annuelle à la surface de la Terre, variant dans un intervalle de (1,8 à 4 °C). Néanmoins dans tous les cas de figure, le plus préoccupant demeure le rythme avec lequel ce réchauffement aurait lieu, lequel rythme est le plus élevé que la terre ait connu depuis 10 000 ans ;
- Une élévation du niveau moyen des océans et des mers suite au réchauffement des eaux et à la fonte des glaciers et des calottes glaciaires, variant entre 20 et 70 cm ;

- Une augmentation globale des précipitations accompagnée d'une disparité régionale importante.

Une variation de l'ordre de 2 °C dans la température moyenne annuelle pourrait paraître anodine pour des non climatologues, cependant un tel écart est synonyme d'un glissement d'un climat tempéré vers un climat aride.

L'amplitude du changement climatique attendu varierait considérablement d'un scénario socio-économique à l'autre. Cela dépendrait en grande partie des engagements mondiaux pris par l'ensemble des pays pour faire face au changement climatique.

### **Projections du changement climatique au niveau de la région méditerranéenne**

La Méditerranée est une zone de transition entre les régions tropicales et les régions tempérées de l'hémisphère Nord. D'un point de vue climatique, c'est une zone difficile à étudier au regard des processus qui y prennent naissance. Plusieurs études (Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat, 2007a ; Omrani H. 2008) semblent néanmoins s'accorder sur :

- Une augmentation de la température supérieure à celle prévue au niveau global. Le réchauffement en été serait deux fois plus rapide dans les régions méditerranéennes qu'en Europe du Nord avec des étés chauds de plus en plus fréquents ainsi qu'une diminution de la fréquence des hivers rudes d'ici 2080 ;
- Une légère diminution des cumuls de précipitations sur les rives Sud ;
- Une fréquence plus accrue des phénomènes climatiques extrêmes, comme les sécheresses, les vagues de chaleur et les inondations ;
- De même, comme conséquence directe de l'augmentation de la température, une élévation du niveau de la mer Méditerranée serait prévisible.

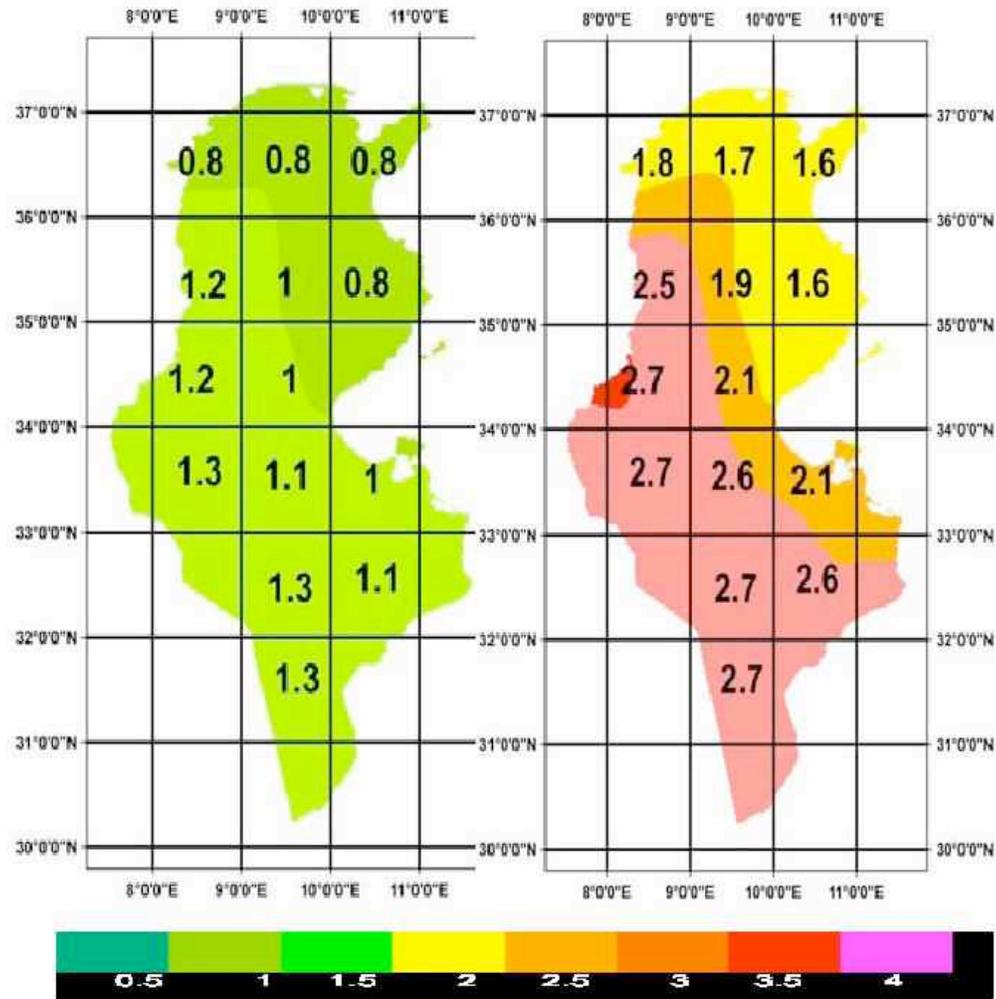
### **Projections du changement climatique au niveau de la Tunisie**

Dans le cadre de l'étude « Stratégie nationale d'adaptation de l'agriculture tunisienne et des écosystèmes aux changements climatiques » (Ministère de l'Agriculture et des Ressources Hydrauliques et Coopération Technique Allemande, 2007) il a été procédé à l'évaluation des principales projections du changement climatique en Tunisie. Cette évaluation a concerné six modèles et a permis de retenir le modèle HadCM3 du Hadley Center du Royaume-Uni comme étant le plus adapté aux spécificités de la Tunisie. Ce modèle utilise pour la Tunisie une résolution horizontale de 55 x 55 km. Les projections climatiques sont aux horizons temporels de 2030 et 2050, et sont calculées par rapport à la période de référence 1961-1990.

A l'horizon 2030, il est prévu une augmentation de la température moyenne annuelle en Tunisie de 1,1 °C, qui atteindrait les +2,1 °C à l'horizon 2050.

Au niveau spatial et temporel, deux caractéristiques seraient à distinguer à l'horizon 2030 (Figure 5) :

- Une augmentation de la température moyenne annuelle de 0,8 à 1 °C pour la région littorale atteignant 1,3 °C au niveau des régions continentales du Sud Ouest ;
- Une augmentation de la température moyenne annuelle plus marquée durant l'été.

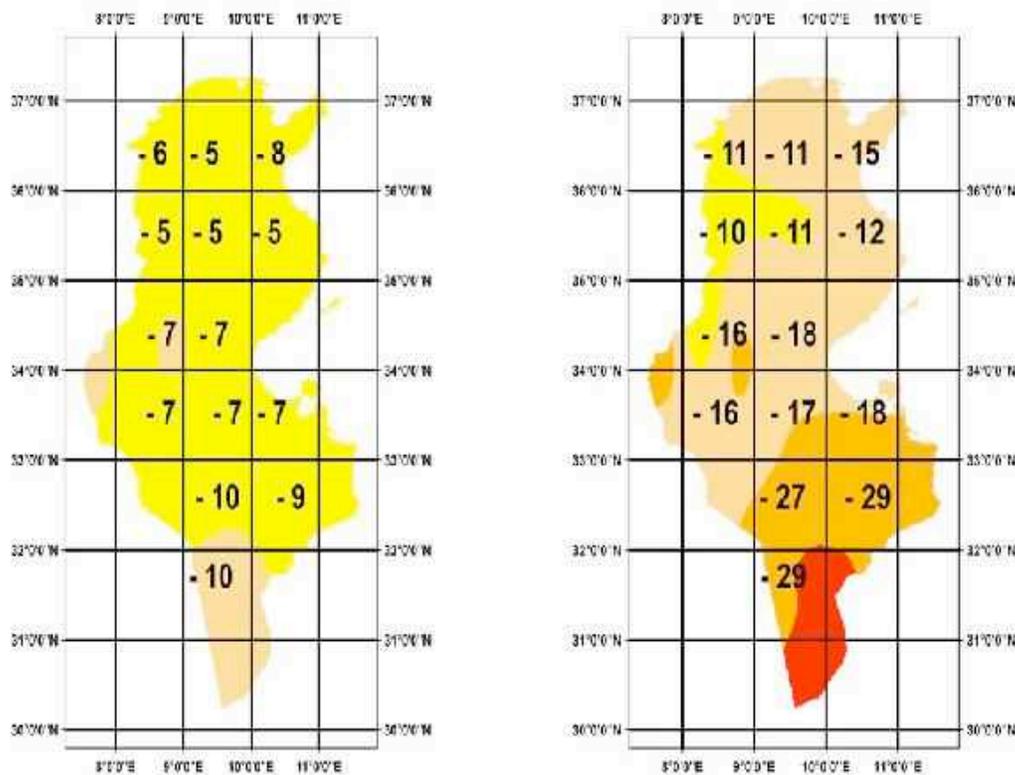


**Figure 5. Evolution des températures (°C) moyennes annuelles selon le modèle HadCM3 (scénario A2) à l’horizon 2030 (gauche) et à l’horizon 2050 (droite) (Ministère de l’Agriculture et des Ressources en Hydrauliques et Coopération Technique Allemande, 2007)**

Au niveau de l’évolution des précipitations, une tendance générale à une faible baisse des volumes moyens de précipitations serait attendue. Cette baisse modérée à l’horizon 2030 irait en s’accroissant à l’horizon 2050 (Figure 6).

A l’horizon 2050, une baisse des précipitations de 10 à 15% serait attendue au Nord de la dorsale tunisienne pouvant atteindre 29% à l’extrême Sud du pays (Figure 6). Au niveau des variations saisonnières, l’hiver connaîtrait la plus faible diminution des précipitations alors que l’été subirait la baisse la plus forte, les situations de l’automne et du printemps seraient intermédiaires.

Globalement, à l’horizon 2030 il est attendu un climat plus chaud et plus variable en Tunisie. Néanmoins, le plus préoccupant serait que cette tendance devrait s’accroître vers les années 2050.



**Figure 6. Evolution des précipitations moyennes annuelles (en %) selon le modèle HadCM3 (scénario A2) à l'horizon 2030 (à gauche) et à l'horizon 2050 (à droite) (Ministère de l'Agriculture et des Ressources en Hydrauliques et Coopération Technique Allemande, 2007)**

## VULNERABILITE DE LA TUNISIE FACE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Le changement du climat attendu en Tunisie aurait des conséquences non négligeables sur des secteurs et des activités traditionnellement sensibles aux conditions climatiques, tels que les ressources en eau, les activités agricoles, les écosystèmes et les agro-écosystèmes (la production oléicole, l'arboriculture, l'élevage et les grandes cultures). Par ailleurs, la hausse du niveau de la mer aurait des conséquences sur l'ensemble de la frange littorale, notamment en ce qui concerne les nappes côtières et les zones humides côtières. De même, d'autres secteurs et/ou activités présentent également une vulnérabilité particulière au changement climatique à savoir la santé, le tourisme, le transport.

### Ressources en eau

Les ressources en eau constituent le « bien » économique et environnemental le plus précieux pour les pays affectés par l'aridité (tels que le Maghreb et le Moyen Orient). La Tunisie, en particulier, avec des ressources inférieures à 500 m<sup>3</sup>/hab/an (Agence Nationale de la Protection de l'Environnement, 2007) est en situation de pénurie d'eau. Associé à une forte pression anthropique, le changement climatique pourrait également avoir des impacts non négligeables sur les différentes activités économiques grosses consommatrices d'eau, comme l'agriculture et le tourisme.

Outre la rareté de cette ressource, le secteur de l'eau en Tunisie est déjà confronté à plusieurs défis, abordés ci-dessous.

### Une grande variabilité dans la disponibilité des ressources

La Tunisie reçoit en moyenne « géographique » une précipitation moyenne de 230 mm/an, soit un volume total d'eau estimé à 36 milliards de m<sup>3</sup>/an. Cette pluviométrie est très variable dans l'espace et dans le temps, la moyenne annuelle varie de moins de 100 mm dans l'extrême Sud à plus de 1000 mm dans l'extrême Nord-Ouest (Ministère de l'Agriculture et des Ressources en Hydrauliques, 2000).

Les ressources en eau d'une manière générale, et les eaux de surface d'une façon particulière, sont largement dépendantes de la variabilité du climat et des précipitations. En se référant au Rapport national sur l'état de l'environnement de l'année 2006 (Agence Nationale de la Protection de l'Environnement, 2007) le volume moyen d'eau de surface annuellement disponible en Tunisie est de l'ordre de 2700 millions de m<sup>3</sup>/an (Mm<sup>3</sup>/an). Cette disponibilité, fortement modulée par la pluviométrie, est (Ministère de l'Environnement et de l'Aménagement du Territoire, 2001) :

- Inférieure à 2230 Mm<sup>3</sup>/an, un an sur deux ;
- Inférieure à 1500 Mm<sup>3</sup>/an, un an sur cinq ;
- Inférieure à 1250 Mm<sup>3</sup>/an, un an sur dix.

Cette grande variabilité dans la disponibilité des ressources en eau de surface est une contrainte majeure dans la gestion de cette ressource.

### Un équilibre « demande en eau /eau exploitable » fragile

En prenant en compte l'année de référence 1996, les ressources en eau exploitables sont évaluées à 3230 Mm<sup>3</sup>, dont environ 78% de cette ressource (soit 2528 Mm<sup>3</sup>/an) sont utilisés par le secteur de l'agriculture (Ministère de l'Agriculture et des Ressources en Hydrauliques, 2000).

D'un point de vue hydrologique, cet équilibre se trouve à la limite de la viabilité technique. Durant les dernières années, la gestion de cet équilibre est devenue de plus en plus difficile dans la mesure où la demande en eau augmente constamment et est associée à une stagnation des ressources mobilisables.

### Qualité de l'eau

Les principaux aspects relatifs à la qualité de l'eau concernent :

- La salinité des nappes profondes, qui est aux environs de 2 g/l, pouvant atteindre 5 à 7 g/l dans certaines régions ;
- Certains cours d'eau dont la salinité est de l'ordre de 3 à 5 g/l ;
- Certaines nappes côtières qui sont sous la menace d'une intrusion marine.

Ainsi, d'après le Tableau 1, 72% des ressources en eau de surface ont une salinité inférieure à 1,5 g/l. Toutefois, cette problématique se pose de manière plus aigüe dans le Sud tunisien.

**Tableau 1. Salinité des ressources en eau de surface (Ministère de l'Agriculture et des Ressources en Hydrauliques, 2000)**

	Nord	Centre	Sud	Total
Ressources en eau de surface (Mm <sup>3</sup> )	2190	320	190	2700
Ressources en eau de surface avec une salinité inférieure à 1,5 g/l (Mm <sup>3</sup> )	1796	153	6	1955
Pourcentage (%)	82	48	3	72

### Impacts du changement climatique sur les ressources en eau

Le changement climatique est un nouveau défi pour les ressources en eau en Tunisie qui vient accentuer les contraintes auxquelles est déjà confrontée la gestion de cette ressource.

Les impacts du changement climatique sur les ressources en eaux sont de deux types :

- Des impacts directs dus à un climat plus chaud et plus variable ;
- Des impacts indirects liés à la gestion de cette ressource (p. ex. un déficit dans les ressources de surface conduirait à une surexploitation des ressources souterraines et engendrerait un conflit d'usage entre l'agriculture et les autres usagers).

En se référant à la stratégie nationale d'adaptation de l'agriculture, des ressources en eau et des écosystèmes au changement climatique (Ministère de l'Agriculture et des Ressources Hydrauliques et Coopération Technique Allemande, 2007), les impacts attendus du changement climatique sur les ressources en eau à l'horizon 2030 auraient trait à :

- Une diminution des eaux de surface d'environ 5%. L'eau exploitable diminuerait légèrement ;
- Plus sensibles : Les nappes phréatiques de forte salinité, les nappes littorales et les aquifères non renouvelables diminueraient de 28% ;
- Une diminution des précipitations estivales augmenterait le manque hydrique du sol.

Par ailleurs, une augmentation de la variabilité climatique (plus de sécheresse et de séquences humides), entraînerait en premier lieu une diminution des eaux de surface engendrant un déficit dans les eaux exploitables. Un tel impact représente un risque important pour l'équilibre (demande en eau/eau exploitable). En effet, l'étude stratégique « Eau 2000 » (Ministère de l'Agriculture et des Ressources en Hydrauliques, 2000) a permis de faire des prospectives futures de ressources en eau exploitables et de demande en eau à l'horizon 2030 (Tableau 2). Ces prospectives montrent qu'au delà de 2010, les ressources exploitables devraient diminuer pour se stabiliser à partir de 2020 aux environs de 3100 Mm<sup>3</sup>. En revanche, la demande se stabiliserait aux environs de 2700 Mm<sup>3</sup> (Ministère de l'Agriculture et des Ressources en Hydrauliques, 2000). Ces prospectives ne tiennent pas compte des impacts du changement climatique qui présenteraient un risque réel de rupture de cet équilibre fragile (demande en eau/eau exploitable).

**Tableau 2. Prospectives futures à l'horizon 2030 des ressources en eaux exploitables et de la demande en eau en Tunisie (Ministère de l'Agriculture et des Ressources en Hydrauliques, 2000)**

	Année de référence 1996	2010	2020	2030
Ressources exploitables (Mm <sup>3</sup> )	3230	3300	3106	3121
Demande en eau (Mm <sup>3</sup> )	2528	2689	2721	2760
Ressources exploitables/Demande en eau	1,28	1,23	1,14	1,13

De même, une augmentation de la température, notamment au niveau des extrêmes, entraînerait :

- Une aggravation du problème de la salinité des eaux ;
- Une augmentation du taux d'évaporation dans les réservoirs d'eau.

La bibliographie actuelle ne présente pas de quantification scientifique de ces impacts qui demeurent toutefois importants.

Concernant les impacts indirects, certains impacts sont prévisibles :

- Des besoins en eau non satisfaits par les ressources de surface engendreraient une pression plus accrue sur les nappes phréatiques et profondes. En effet, un tel schéma serait plus que probable dans certaines régions du Centre de la Tunisie, comme Kairouan et Sidi Bou Zid où les ressources de surface sont déjà fortement sollicitées ;
- Dans une situation de conflit avec les autres usagers de l'eau, les diminutions de quotas intéresseraient l'agriculture en premier lieu. Une telle perspective ne va pas de paire avec la demande accrue de produits agricoles irrigués.

Dans le cadre d'une optique d'adaptation au changement climatique :

- En termes de nouvelles mobilisations, les perspectives seraient particulièrement limitées ;
- En revanche, en termes d'amélioration de la gestion, les perspectives seraient nombreuses avec un potentiel intéressant.

### **Activités agricoles**

L'agriculture, qui représente, en 2002, 16% du Produit Intérieur Brut (PIB), contribue à hauteur de 9% aux exportations de biens et fournit du travail à environ 22% de la population active (Institut National de la Statistique, 2006). Les principaux produits agricoles sont l'huile d'olive, les agrumes, les céréales et les dattes.

#### Vulnérabilité des cultures à sec

Les rendements des cultures pluviales sont directement liés aux précipitations. En fait, outre les volumes de précipitations, ils sont également liés aux conditions climatiques, à savoir la distribution des précipitations durant les saisons et les conditions thermiques prévalentes (telles que le nombre de jours de froid et les vagues de chaleur). De même, les rendements sont aussi dépendants des maladies qui peuvent apparaître suite à des conditions climatiques particulières.

Les cultures céréalières occupent en moyenne 1,5 millions d'hectares (Mha), soit 1/3 des superficies cultivables (Institut National de la Statistique, 2006). Elles sont essentiellement cultivées à sec et donc particulièrement vulnérables aux aléas climatiques. Ainsi, les superficies emblavées varient du simple au double selon la pluviométrie de l'automne (2,02 Mha en 1996 contre 1,14 Mha en 1997) (Ministère de l'Agriculture et des Ressources Hydrauliques et Coopération Technique Allemande, 2007). Les rendements sont fortement corrélés avec la répartition des précipitations entre les saisons ainsi qu'avec d'autres conditions climatiques (telles que les températures, l'humidité et l'apparition de maladies).

L'arboriculture, cultivée essentiellement à sec, est la première spéculation agricole en Tunisie avec une superficie moyenne de plus de 2 Mha. Elle est dominée par l'oléiculture (1,5 Mha, soit 57 millions de pieds) (Institut National de la Statistique, 2006). L'arboriculture fruitière représente une grande partie du reste ; elle est essentiellement concentrée dans la région du Cap Bon (orangers, citronniers) et le Centre Ouest (abricotiers, pommiers).

#### Impacts du changement climatique sur les activités agricoles

Les impacts du changement climatique sur les activités agricoles sont de deux types :

- Des impacts directs dus à un climat plus chaud et plus variable ;
- Des impacts indirects dus à la gestion des ressources naturelles et plus particulièrement de l'eau.

L'olivier est un arbre ancestral particulièrement adapté aux conditions climatiques de la Tunisie. Il dispose d'une forte résilience aux conditions climatiques extrêmes (telles qu'un déficit pluviométrique et des chaleurs intenses) et présente ainsi un degré de vulnérabilité intéressant au changement climatique. En revanche, certaines variétés non autochtones, importées des pays du Nord de la Méditerranée, présentent des capacités d'adaptation au

changement climatique moins importantes (Ministère de l'Agriculture et des Ressources Hydrauliques et Coopération Technique Allemande, 2007).

L'arboriculture fruitière, surtout celle à pépin, est très liée aux conditions climatiques et plus particulièrement thermique. En effet, ce type de spéculation agricole nécessite pour son développement un minimum de nombre de jours de froid (température inférieure à un certain seuil). Dans une perspective de changement climatique, l'augmentation de la température serait vraisemblablement accompagnée d'une augmentation du nombre de jours de chaleur ainsi qu'une diminution du nombre de jours de froid. Une telle diminution aurait probablement un impact sur le développement de l'arboriculture fruitière ainsi que sur les rendements.

De même, les conditions thermiques et hydrométriques attendues dans une perspective de changement climatique seraient favorables à l'accentuation de certaines maladies végétales, voire l'apparition de nouveaux types de maladies adaptées à des climats plus tropicaux.

Concernant les impacts indirects liés au niveau mondial, le changement climatique engendrerait une modification dans la distribution des aires géographiques des cultures céréalières (telles que le blé, l'orge, le maïs et le riz). Ainsi, certaines cultures, comme celle du riz particulièrement émettrice de méthane, seraient probablement désavantagées par rapport aux autres types de céréales. De même, certaines régions tempérées des hémisphères Nord et Sud connaîtraient des conditions climatiques nouvelles plus favorables à la culture des céréales (Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat, 2007b). Enfin, l'évolution du niveau de vie de certaines populations s'accompagnerait d'un changement du régime alimentaire avec moins de céréales et plus de viande.

D'une manière générale, sous la pression du changement climatique, le marché mondial des produits agricoles, en termes de coût et de disponibilité, aurait des impacts non négligeables sur les activités agricoles au niveau national.

## **Ecosystèmes**

En se référant à la stratégie nationale d'adaptation au changement climatique de l'agriculture, des ressources en eau et des écosystèmes (Ministère de l'Agriculture et des Ressources Hydrauliques et Coopération Technique Allemande, 2007), l'étude a noté que les écosystèmes méditerranéens en général, et tunisiens en particulier, disposent d'une bonne résilience. Néanmoins, ils sont généralement affaiblis par une pression humaine en expansion, perdant ainsi une partie de leur résilience naturelle face au risque lié au changement climatique.

Les conséquences seraient nombreuses et pourraient aller de la migration des espèces autochtones à la recherche de leur équilibre écologique, à la dégradation des sols et au déclin des produits traditionnels en passant par un appauvrissement des services écologiques, par exemple la protection des ressources en eau et des sols.

En raison de l'augmentation attendue des températures et de l'inflammabilité des biomasses, le risque de grands incendies serait plus important. De manière plus indirecte, une augmentation de la présence invasive d'espèces dites « neos » pourrait entraîner des nuisances d'ordre phytosanitaire, vétérinaire, éventuellement de santé publique.

## **Secteur de la santé**

Les résultats de l'étude réalisée sous l'égide de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) (McMichael et al, 2003), montrent que le changement climatique serait à l'origine de 2,4% de tous les cas de diarrhée dans le monde et de 2% des cas de paludisme. Par ailleurs, il est estimé que ces maladies ont été la cause, en 2000, de 150 000 décès et de 5,5 millions d'années de vie corrigées de l'incapacité (AVCI).

Le changement climatique est un nouveau défi pour le secteur de la santé. Ces effets seraient de 2 types (McMichael et al, 2003) :

- Des effets directs liés aux nouvelles conditions climatiques générées par le changement climatique, plus particulièrement la fréquence accrue des phénomènes climatiques extrêmes (tels que les vagues de chaleur et les inondations) ;

- Des effets indirects liés à la transformation de l'environnement et aux perturbations écologiques (telles que la modification de vecteurs de maladies, la modification des pathogènes hydriques, la qualité de l'eau, la qualité de l'air, la disponibilité et la qualité des aliments).

En Tunisie, dans le cadre du Projet « Appui de la Tunisie pour la mise en œuvre de la CCNUCC » (Projet CCC), exécuté en collaboration entre le Ministère de l'Environnement et du Développement Durable (MEDD) Tunisien et la GTZ, un diagnostic de la situation actuelle a permis d'identifier quatre groupes de pathologies sensibles au changement climatique (Ministère de l'Environnement et du Développement Durable et Ministère de la Santé Publique, 2006), à savoir :

- Les maladies à transmission hydrique ;
- Les maladies à transmission vectorielle ;
- Les maladies du système respiratoire ;
- Les maladies liées à l'exposition au soleil.

### **Secteur du tourisme**

En Tunisie, dans le cadre du Projet CCC, le MEDD et le Ministère du Tourisme collaborent dans l'élaboration d'une étude visant à identifier les impacts potentiels du changement climatique sur les activités touristiques et la proposition d'une stratégie d'adaptation.

En effet, le tourisme tunisien est un des piliers de l'économie tunisienne. Il contribue à raison de 5,2% au PIB et assure de manière directe ou indirecte près de 360 000 emplois (Institut National de la Statistique, 2006). Il occupe une place prépondérante dans la réalisation des objectifs globaux du schéma de développement économique retenu et ce en termes de croissance, d'exportations, de développement régional, d'emplois et d'amélioration de la qualité de la vie des citoyens.

Les impacts du changement climatique sur les activités touristiques seraient de trois types :

- Impacts directs dus à un climat plus chaud et plus variable ainsi qu'à l'élévation attendue du niveau de la mer ;
- Impacts indirects dus à l'utilisation des ressources naturelles ;
- Impacts au niveau global dus à une diminution attendue de la mobilité au niveau mondial et plus particulièrement de l'implication de cette diminution sur la mobilité touristique en Méditerranée.

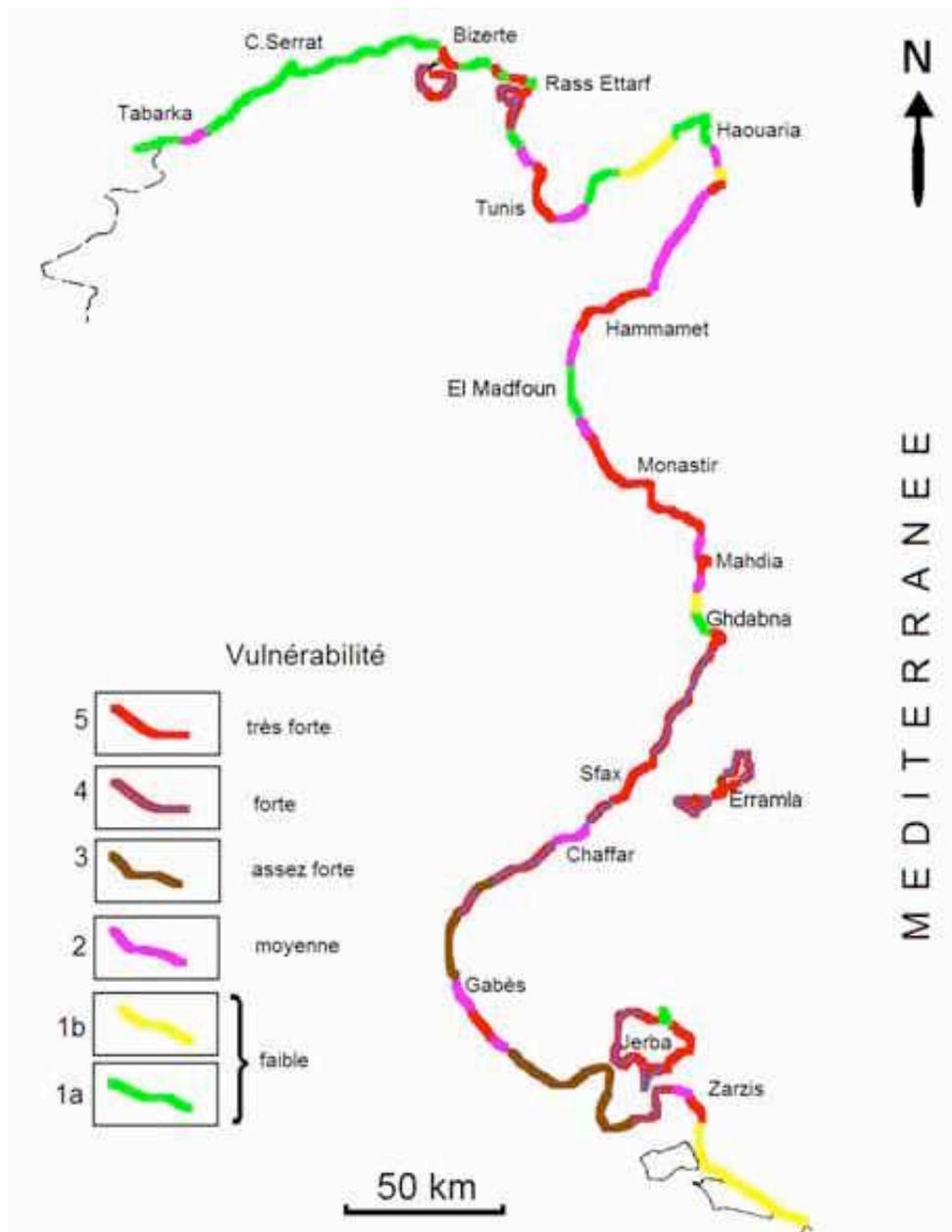
Une étude en relation avec le changement climatique et le potentiel climatique du tourisme tunisien (Henia et Alouane, 2009) montre que dans une perspective de changement climatique il est attendu :

- Une augmentation de 7% du nombre de jours balnéaires ;
- Un léger allongement de la période estivale.

Le changement climatique constitue un autre défi pour le tourisme tunisien. La question qui se pose est dans quelle mesure ce nouveau défi va contraindre le planificateur tunisien dans l'atteinte de ses objectifs.

### **Frange littorale**

Suite à l'augmentation attendue de la température, une élévation du niveau de la mer serait possible et entraînerait des impacts sur le littoral tunisien. D'ailleurs, une érosion relativement importante est déjà observée dans certaines régions comme Jerba et Monastir. A cet effet, une récente étude, rentrant dans le cadre de l'élaboration de la 2<sup>ème</sup> communication nationale de la Tunisie au titre de la CCNUCC et relative à la vulnérabilité environnementale et socio-économique du littoral tunisien face à une élévation accélérée du niveau de la mer méditerranée (Ministère de l'Environnement et du Développement Durable, 2007), a permis d'identifier la vulnérabilité de l'ensemble des segments du littoral tunisien face à une élévation accélérée du niveau de la mer (Figure 7).



**Figure 7. Vulnérabilité physique du littoral tunisien face à une élévation accélérée du niveau de la mer (Ministère de l'Environnement et du Développement Durable, 2007)**

Cette même étude a également permis de recenser les impacts attendus à l'horizon 2100 en termes :

- D'espaces susceptibles d'être perdus par submersion ;
- De retraits de côtes par région ;
- De nappes côtières vulnérables à une salinisation par intrusion marine.

L'originalité de cette étude a été d'étendre l'analyse à une première évaluation socio-économique des impacts du changement climatique. Ainsi, à l'horizon 2050 il est attendu une diminution du potentiel productif touristique de l'ordre de 1935 millions de Dinars tunisiens (Dt), alors que les pertes en ressources en eau seraient :

- En termes de terres irriguées, de l'ordre de 290 millions de Dt ;

- En termes de capital eau, de l'ordre de 579 millions de Dt.

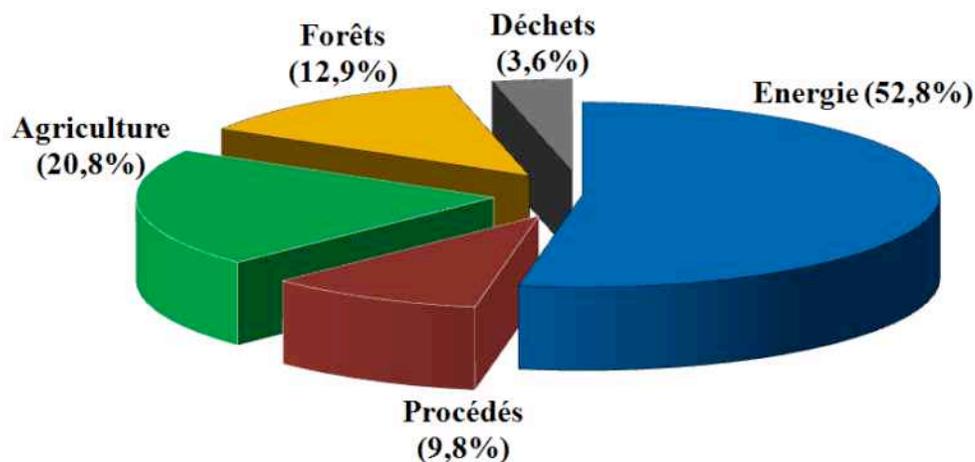
Les pertes du potentiel productif touristique seront accompagnées de pertes annuelles de production de 5% des recettes touristiques et une perte économique et environnementale du secteur de l'ordre de 102 millions de Dt (soit 0,3% du PIB).

## ENJEUX LIÉS À L'ATTÉNUATION DES ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE (GES)

### Emissions de gaz à effet de serre (GES) en Tunisie

#### Inventaire national des émissions de gaz à effet de serre (GES)

En se référant à la 1<sup>ère</sup> communication nationale<sup>‡</sup> de la Tunisie au titre de la CCNUCC (Ministère de l'Environnement et de l'Aménagement du Territoire, 2001), l'inventaire national des émissions anthropiques brutes de GES pour l'année 1994 fait état de 29 millions de tonnes équivalent CO<sub>2</sub> (MTE-CO<sub>2</sub>), soit 3,3 tonnes équivalent CO<sub>2</sub> (Teq CO<sub>2</sub>)/habitant. L'absorption du carbone par les écosystèmes a été estimée à 5,5 MTE-CO<sub>2</sub> en 1994, soit 0,6 Teq CO<sub>2</sub>/habitant. Ainsi, les émissions anthropiques nettes de GES ont été évaluées à 23 MTE-CO<sub>2</sub>, ce qui représente 2,66 Teq CO<sub>2</sub>/habitant ou 1,8 Teq CO<sub>2</sub> par millier d'United States Dollar (USD) de PIB. Il y a lieu de rappeler par ailleurs qu'avec 85% de l'absorption annuelle de carbone, l'arboriculture tunisienne joue un rôle déterminant en tant que source nationale de séquestration de carbone (Ministère de l'Environnement et de l'Aménagement du Territoire, 2001).



**Figure 8. Répartition des émissions brutes de GES, par source, pour l'année 1994 (Ministère de l'Environnement et de l'Aménagement du Territoire, 2001)**

L'analyse des émissions brutes tunisiennes (inventaire de 1994) met en exergue une prépondérance des émissions de GES dues au secteur de l'énergie. En effet, d'après la Figure 8, avec 15,3 MTE-CO<sub>2</sub> en 1994, les utilisations énergétiques représentent plus de la moitié des émissions nationales brutes (52,8%), suivies de l'agriculture, qui représente, avec 6 MTE-CO<sub>2</sub>, 20,8% des émissions brutes. Les forêts et les procédés industriels, avec respectivement 3,7 MTE-CO<sub>2</sub> (12,9%) et 2,8 MTE-CO<sub>2</sub> (9,8%), ont des contributions relativement limitées. Enfin, les déchets demeurent un secteur peu émetteur avec uniquement 1 MTE-CO<sub>2</sub>, représentant à peine 4% des émissions brutes.

<sup>‡</sup>Communications nationales des Parties non-Annexe I de la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCUNCC) disponibles sur <[http://unfccc.int/national\\_reports/non-annex\\_i\\_natcom/items/2979.php](http://unfccc.int/national_reports/non-annex_i_natcom/items/2979.php)>

### Prospectives futures des émissions de gaz à effet de serre (GES) pour la Tunisie

Dans le cadre de l'élaboration de la 1<sup>ère</sup> communication tunisienne au titre de la CCNUCC (Ministère de l'Environnement et Développement Durable, 2001), des perspectives futures d'émissions de GES à l'horizon 2020 ont été établies sur la base de deux scénarios de référence :

- Un scénario socio-économique caractérisé par une maîtrise de l'évolution démographique et une croissance soutenue de l'économie tunisienne ;
- Un scénario environnemental se traduisant par le prolongement des tendances en matière d'évolution des émissions de GES.

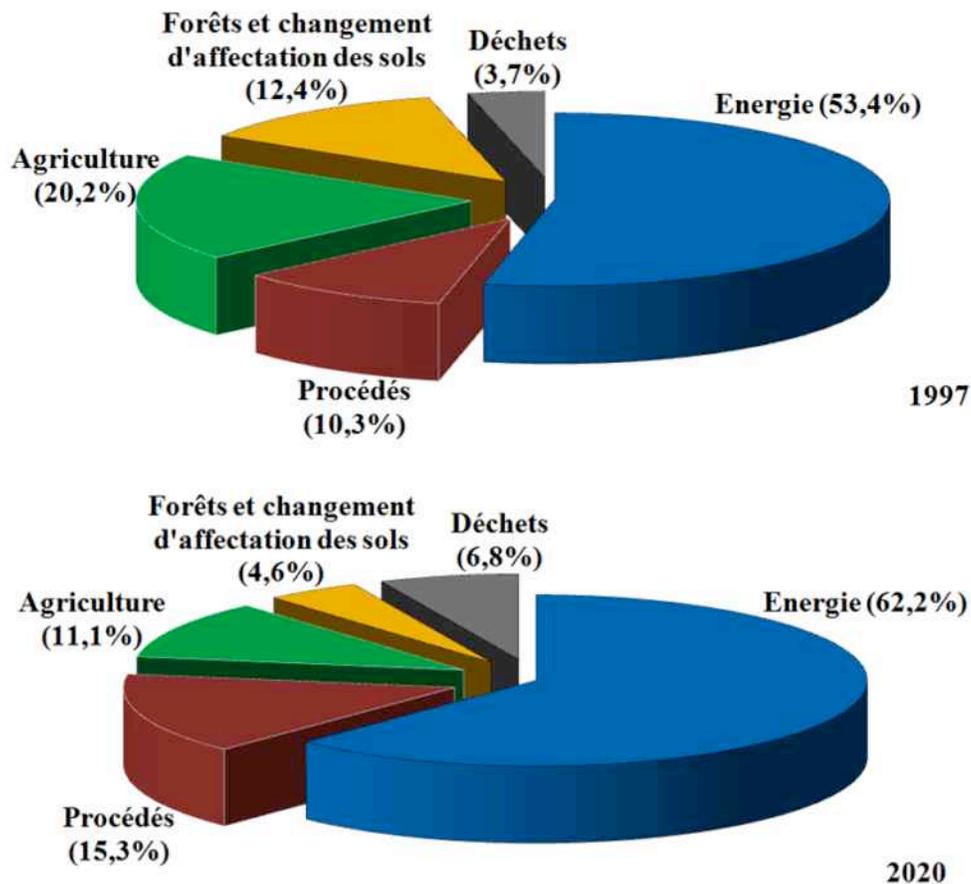
Les émissions de GES attendues aux échéances 2010 et 2020, secteurs par secteurs, sont présentées dans le Tableau 3.

**Tableau 3. Évolution des émissions de GES - Scénario de prolongement des tendances (1000 Teq CO<sub>2</sub>) (Ministère de l'Environnement et de l'Aménagement du Territoire, 2001)**

	1997	2010	2020
Energies	17 010	31 636	48 993
Procédés industriels	3265	7409	12 068
Agriculture	6440	7522	8746
Forêt et changement d'affectation des sols	-2744	-7209	-12 785
Forêt émissions	3952	3917	3 596
Forêt absorptions	-6696	-11	-16 381
		126	
Déchets	1182	4678	5338
TOTAL émissions brutes	31 849	55 162	78 741
TOTAL émissions nettes	25 153	44 036	62 360

En se référant à la Figure 9, la contribution du secteur énergétique présente une forte tendance à la hausse passant ainsi de 53,4% des émissions totales de GES en 1997 à 62,2% en 2020. Il en est de même concernant les procédés industriels, dont la contribution aux émissions totales de GES passe de 10,3% en 1997 à 15,3% en 2020. Quant à la contribution des déchets aux émissions totales de GES en Tunisie, elle a pratiquement doublé durant la même période (Ministère de l'Environnement et de l'Aménagement du Territoire, 2001).

En revanche, les contributions de l'agriculture, des forêts et des changements d'affectation des sols enregistrent quant à eux des baisses significatives passant de 20,2% et 12,4% des émissions totales de GES en 1997 à 11,1% et 4,6% en 2020, respectivement. En valeur absolue, les émissions dues à l'agriculture vont légèrement augmenter alors que celles relatives aux forêts vont légèrement diminuer.



**Figure 9. Structures comparées des émissions de GES, par source, en 1997 et 2020 (Ministère de l'Environnement et de l'Aménagement du Territoire, 2001)**

### Potentiel d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre (GES) en Tunisie

Le potentiel d'atténuation des émissions de GES en Tunisie a été évalué, pour la période 2002-2020, à un total de réduction cumulée de 240 MTE-CO<sub>2</sub> (Agence Nationale des Energies Renouvelables, 2001). Ce potentiel prend en compte l'ensemble des secteurs d'activités fortement émetteurs de GES tel que l'énergie, l'agriculture, les forêts et les changements d'affectation des sols et déchets. Il comprend 47 options d'atténuation qui se répartissent comme suit (Agence Nationale des Energies Renouvelables, 2001) :

- Energie : 33 options ;
- Agriculture : 4 options ;
- Forêts et CAS : 6 options ;
- Déchets : 4 options.

Ce potentiel de réduction se base sur la perspective d'une utilisation rationnelle des opportunités offertes par le Mécanisme pour le Développement Propre (MDP), sans pour autant en être totalement dépendant. En fait, une grande part du potentiel d'atténuation rentre dans le cadre de la politique énergétique du pays et prend en compte l'ensemble des incitations qui sont offertes au secteur. En effet, le secteur de l'énergie concerne la plus grande portion du potentiel d'atténuation, soit 60%.

## Valorisation des projets d'atténuation de gaz à effet de serre (GES) dans le secteur de l'énergie

De part sa dépendance aux énergies fossiles et la part croissante de ses importations en matière d'énergie, la Tunisie accorde une importance particulière à la question de l'énergie et plus particulièrement à la maîtrise de l'énergie.

### Etudes stratégiques dans le secteur de l'énergie

L'Agence Nationale pour la Maîtrise de l'Energie (ANME - <[http://www.changementsclimatiques.tn/latunisieetlescc\\_realisation.htm](http://www.changementsclimatiques.tn/latunisieetlescc_realisation.htm)>) a réalisé plusieurs études, dont trois se rapportent particulièrement à l'atténuation des émissions de GES :

- **Etude stratégique sur le Développement des Energies Renouvelables (ENR) :** L'objectif est d'élaborer une stratégie nationale de développement des ENR dans un contexte de développement durable. Il s'agit de dresser un bilan des réalisations, d'évaluer le potentiel national en ENR, de mener une analyse socio-économique des différentes filières et d'élaborer un plan d'actions durant les trois prochaines décennies.
- **Etude stratégique sur le Développement de l'Utilisation Rationnelle de l'Energie (URE) :** L'objectif est d'établir une stratégie cohérente d'URE, contribuant à l'approvisionnement énergétique au moindre coût et à l'atténuation des émissions de GES dues à l'énergie. L'étude vise trois objectifs intermédiaires devant garantir la relance des actions d'économie d'énergie : définir les éléments de base d'une stratégie d'utilisation rationnelle et durable de l'énergie, mettre en place un programme d'actions permettant de concrétiser la stratégie durant les trois prochaines décennies, et proposer des instruments institutionnels et réglementaires nécessaires à la mise en œuvre des actions de la stratégie.
- **Etude stratégique sur l'Atténuation des émissions de GES (Agence Nationale des Energies Renouvelables, 2002) :** L'objectif est de promouvoir l'atténuation des GES en Tunisie et ce à travers le renforcement des capacités (structure et compétences) de l'ANME en matière d'élaboration de stratégie et d'évaluation du potentiel d'atténuation des émissions de GES.

### Projets d'atténuation de GES dans le secteur de l'énergie

Compte tenu de l'importance du secteur énergétique dans les émissions de GES, ce secteur a été le premier à élaborer un portefeuille de projets d'atténuation des émissions de GES. Ce portefeuille présenté sur le site web <<http://www.changementsclimatiques.tn/>> comporte huit projets, cinq d'entre eux portant sur l'utilisation rationnelle de l'énergie alors que les trois autres ciblent les énergies nouvelles et renouvelables (Tableau 4) :

1. Développement de la cogénération ;
2. Mise en place d'un fonds rotatif de soutien aux Entreprises de Services Energétiques (ESCO) ;
3. Développement de l'énergie éolienne pour la génération d'électricité ;
4. Développement de la récupération du méthane issu des déchets (fermes d'élevage, agro-industries et décharges d'ordures ménagères), à des fins énergétiques ;
5. Promotion du chauffage solaire de l'eau ;
6. Implantation de centrales de fret pour le transport routier de marchandises ;
7. Développement de l'éclairage public efficace ;
8. Action de promotion des Lampes Basse Consommation (LBC).

Ces projets comptabilisent un investissement total de l'ordre de 237 millions de USD, dont une partie allant de 48 à 81 millions de USD pourrait provenir d'investisseurs au titre du MDP selon que la valeur de la tonne de CO<sub>2</sub> soit de 3 ou 5 USD (Agence Nationale des Energies Renouvelables, 2001).

**Tableau 4. Données synthétiques sur les huit options d'atténuation des émissions de GES en Tunisie (Source: Agence Nationale des Energies Renouvelables, 2001)**

	Economies d'énergie (1000 tonne équivalent pétrole- Tep)	Millions Teq CO <sub>2</sub> évités	Valeur du CO <sub>2</sub> évité en millions USD (1 Teq CO <sub>2</sub> = 3 USD)	Valeur du CO <sub>2</sub> évité en millions USD (1 Teq CO <sub>2</sub> = 5 USD)	Investissement total (millions USD)
1. Cogénération	520	1,360	4,1	6,8	34,5
2. ESCO	850	3,700	11,1	18,5	24
3. Energie Éolienne	3100	8,200	24,6	41,0	155
4. Biogaz	124	0,300	0,9	1,5	4,8
5. Chauffage Solaire de l'eau	175	0,500	1,5	2,5	11,7
6. Centrales de Fret	400	1,200	3,6	6,0	6
7. Eclairage Public Efficace	323	0,808	2,4	4,0	0,3
8. LBC	58	0,179	0,5	0,9	1,2
<b>Total du portefeuille</b>	<b>5550</b>	<b>16,247</b>	<b>48,7</b>	<b>81,2</b>	<b>237,5</b>

### Renforcement institutionnel

Conformément aux recommandations du Conseil Exécutif du MDP, la Tunisie a créé une Autorité Nationale Désignée (AND). Coordonnée par le MEED, l'AND intègre l'ensemble des acteurs actifs dans le domaine de l'atténuation des émissions de GES en Tunisie.

Dans le cadre du Projet CCC, les différents porteurs des projets MDP tunisiens ont bénéficié d'un appui afin de mieux se positionner sur le marché international du carbone. Cet appui s'est articulé autour des axes suivants :

- Renforcement des capacités nationales par l'appui à l'AND en tant que seule structure qui est habilitée à évaluer et à approuver les projets MDP au niveau national ;
- Appui au montage des projets MDP (identification, élaboration de documents de projets et enregistrement) ;
- Promotion des projets MDP tunisiens pour assurer la vente des unités de réduction des émissions dans les meilleures conditions sur le marché international.

## ACQUIS ET DES ACTIONS INNOVATRICES EN MATIERE D'ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Plusieurs actions ont été engagées par la Tunisie pour faire face aux effets néfastes du changement climatique. En parallèle, la Tunisie a bénéficié d'un nombre important de projets financés aussi bien au niveau bilatéral qu'au niveau multilatéral.

### **Collaboration internationale fructueuse**

#### Collaboration avec le Programme des Nations Unies pour Le Développement/Fonds pour l'Environnement Mondial PNUD/FEM

Durant les années 1990, le MEDD a eu une collaboration étroite et fructueuse avec le Programme des Nations Unies pour Le Développement (PNUD) et le Fonds pour l'Environnement Mondial (FEM) pour la mise en œuvre de deux projets relatifs au changement climatique :

- Le Projet national TUN/95/G31, intitulé « Inventaire des émissions des gaz à effet de serre, stratégie et plans d'action nationaux pour l'atténuation des émissions, évaluation de la vulnérabilité et communication nationale », clôturé en juin 2003.
- Ce projet a permis de mener un ensemble d'études qui ont été à la base de la 1<sup>ère</sup> communication nationale de la Tunisie au titre de la CCNUCC.
- Le Projet régional RAB/94/G31 intitulé « Renforcement des capacités des pays du Maghreb (Algérie, Maroc et Tunisie) dans le domaine des changements climatiques », clôturé en mars 2003.
- Ce projet a permis de renforcer les capacités régionales dans le domaine du changement climatique et de créer une dynamique entre les différents partenaires régionaux.

Par ailleurs, dans le cadre du programme de financement japonais de l'adaptation au changement climatique en Afrique (« Cool Earth » - <<https://www.coolearth.org>>), la Tunisie bénéficiera à partir de 2010 d'un projet sur l'adaptation au changement climatique en Tunisie, qui s'étalera sur 5 ans et sera coordonné par le PNUD.

#### Coopération tuniso-allemande

Dans le cadre de la coopération tuniso-allemande, le MEDD tunisien bénéficie de l'appui de la GTZ pour l'exécution du Projet CCC. Ce projet vise à renforcer les capacités d'action de la Tunisie dans le changement climatique, il s'articule autour de deux composantes :

- Une composante préventive relative à l'atténuation des émissions de GES ;
- Une composante curative relative à l'adaptation planifiée des écosystèmes et des systèmes socio-économiques, identifiés comme étant les plus vulnérables.

Au niveau de l'adaptation au changement climatique, ce projet propose une approche nationale globale et innovatrice s'articulant autour de 3 axes :

- Le renforcement du cadre institutionnel ;
- L'amélioration du cadre juridique ;
- La mise en œuvre de mesures d'adaptation.

A terme, il sera procédé à l'élaboration d'une stratégie nationale d'adaptation au changement climatique sur la base de l'intégration des différentes stratégies sectorielles.

### **Actions innovatrices en matière d'adaptation au changement climatique**

Cet appui international a permis à la Tunisie de réaliser plusieurs acquis et de conduire plusieurs actions innovatrices, notamment dans le domaine de l'adaptation au changement climatique.

#### L'élaboration d'une stratégie sectorielle d'adaptation au changement climatique de l'agriculture et des ressources en eau

Dans le domaine de l'adaptation des activités agricoles au changement climatique, la Tunisie a élaboré une Stratégie nationale d'adaptation de l'agriculture tunisienne et des écosystèmes au changement climatique à l'horizon 2030/2050 ainsi qu'un Plan d'actions pour sa mise en œuvre (Ministère de l'Agriculture et des Ressources Hydrauliques, 2007). Les principes directeurs de cette stratégie sont :

- Dépasser la gestion de crises à court terme au moyen d'une stratégie d'adaptation aux risques liés ;
- Intégrer la volatilité climatique dans la politique économique et agricole du pays ;
- Gérer d'une manière intégrée entre les différents secteurs économiques, les conséquences socio-économiques du secteur agricole.

Les éléments de cette stratégie nationale d'adaptation intégrée au changement climatique sont :

- Au niveau du climat : une dimension institutionnelle et une autre technique ;
- Au niveau de la ressource en eau : une dimension institutionnelle et une autre économique en lien avec l'agriculture ;
- Au niveau des écosystèmes : une dimension de réhabilitation des capacités de résilience des écosystèmes et de valeur des services environnementaux fournis ;
- Au niveau des agrosystèmes et du secteur agricole : une dimension de reconversion sur des activités non agricoles.

Quant au plan d'actions, il concerne la mise en œuvre notamment en termes de moyens, suivi et évaluation et de recherches adaptées.

Les efforts actuellement en cours portent surtout sur la mise en œuvre du plan d'actions de cette stratégie au niveau national et son opérationnalisation au niveau régional. Toutefois, ces perspectives se trouvent limitées par :

- ♣ Le manque d'appropriation de cette stratégie par l'ensemble des acteurs ;
- ♣ La non intégration de cette stratégie dans les stratégies agricoles et de gestion des ressources en eau à court, à moyen et à long termes (2010, 2020, 2030, respectivement).

#### Elaboration d'une stratégie d'adaptation du système de la santé au changement climatique

Dans le cadre de l'adaptation du système de la santé humaine au changement climatique, une étude est actuellement en cours sur l'adaptation du secteur de la santé au changement climatique (Ministère de l'Environnement et du Développement Durable et Ministère de la Santé Publique, 2008) : stratégie sectorielle, plan d'actions et mesures d'adaptation prioritaires. Elle a permis dans le cadre d'un processus participatif avec l'ensemble des partenaires de :

- ♣ Cerner le diagnostic de la situation existante du secteur de la santé en termes de groupes de pathologies sensibles au changement climatique, de système d'échange d'informations, de cadre institutionnel et organisationnel et des mécanismes de gestion des risques sanitaires ;
- ♣ Orienter l'élaboration d'une stratégie d'adaptation du secteur de la santé au changement climatique.

Ce processus participatif a été accompagné par un programme de renforcement de capacités des partenaires à travers différents séminaires et formations aussi bien au niveau national qu'au niveau international.

Cette initiative mérite d'être suivie avec intérêt et d'être dupliquée dans les autres pays maghrébins en tenant compte de leur spécificité.

#### Stratégie d'adaptation de la frange littorale face à une élévation accélérée du niveau de la mer

Dans le cadre de l'élaboration de sa 2<sup>ème</sup> communication nationale et avec l'appui du PNUD, la Tunisie a réalisé une étude sur la vulnérabilité environnementale et socio-économique du littoral tunisien face à une élévation accélérée du niveau de la mer et l'identification d'une stratégie d'adaptation (Ministère de l'Environnement et du Développement Durable, 2007).

Ainsi, la stratégie d'adaptation proposée a comporté :

- Un plan d'action pour la veille océanographique ;
- Un plan d'action pour la protection de la côte et des zones basses ;
- Un plan d'action pour les ressources en eaux ;
- Un plan d'action pour les ressources écologiques ;
- Un plan d'action pour les infrastructures portuaires.

L'originalité de cette étude a été d'adopter une approche économique étayée par une synthèse des coûts du plan d'action proposé pour l'adaptation à l'élévation accélérée des Niveaux de la Mer (EANM) qui a été estimé globalement à 10% de la valeur du capital dégradé et ce en cas d'absence de mesures d'adaptation.

#### Stratégie d'adaptation du secteur du tourisme en Tunisie au changement climatique

Dans le cadre de l'adaptation des activités touristiques aux effets néfastes du changement climatique, le MEDD, en collaboration avec le Ministère du Tourisme, coordonne une étude en cours visant à élaborer une stratégie d'adaptation du secteur touristique au changement climatique. Cette stratégie attendue intégrera des mesures en relation avec l'atténuation des émissions de GES et proposera une vision durable pour la prise en charge des défis environnementaux liés aux activités touristiques, à savoir :

- Une utilisation rationnelle des ressources en eau (arrosage des terrains de golf et usage hôtelier) ;
- Une utilisation rationnelle des autres ressources naturelles (telles que la mer, la forêt, la diversité biologique) ;
- Une maîtrise des besoins énergétiques notamment par un choix plus adéquat des techniques et des matériaux de construction et d'isolation ;
- Une protection et une valorisation du patrimoine naturel/culturel (l'érosion des plages, les parcs et les réserves naturelles, le dépérissement des sites archéologiques et culturels).

A terme, ceci permettra d'améliorer l'offre touristique tunisienne sur des bases plus durables (environnementales, sociales et économiques) afin de lui permettre de mieux s'adapter à la demande internationale.

#### Etudes à caractère transversal

Une étude (Ministère de l'Environnement et du Développement Durable, 2008) est actuellement en cours sur les « Opportunités d'amélioration du cadre juridique en relation avec l'adaptation au changement climatique pour les secteurs de l'agriculture/ressources en eau, infrastructure/équipement, santé et environnement ». L'objectif est d'améliorer et actualiser le cadre juridique national pour tenir compte de manière plus effective de l'adaptation au changement climatique.

Cette étude permettra entre autre de réaliser :

- Un inventaire des textes juridiques par secteur ;
- Une identification des textes qui contribuent à l'adaptation au changement climatique ;

- Des propositions concrètes pour l'amélioration du cadre juridique afin de tenir compte de manière plus effective de l'adaptation au changement climatique.

## CONCLUSIONS

En 2006, la Tunisie a démarré la réalisation de sa 2<sup>ème</sup> communication nationale au titre de la CCNUCC. Cette 2<sup>ème</sup> communication nationale débouchera, entre autre, sur la réalisation d'un inventaire national des émissions de GES pour l'année 2000, conformément aux directives et aux bonnes pratiques du GIEC.

Dans le domaine de l'énergie qui présente des enjeux particuliers pour la Tunisie, des options d'atténuation ont été déjà identifiées pour former un premier portefeuille « énergie » de projets d'atténuation des émissions de GES. Il a été élargi pour former un portefeuille de projets nationaux en intégrant de nouvelles options d'atténuation dans les secteurs de l'agriculture, des forêts et des déchets.

Sur la base d'études prospectives, le potentiel d'atténuation des émissions de GES en Tunisie a été évalué pour la période 2002-2020 à un total de réduction cumulée de 240 MTE-CO<sub>2</sub>. Ce potentiel prend en compte l'ensemble des secteurs d'activités fortement émetteurs de GES, tels que l'énergie, l'agriculture, les forêts et les changements d'affectation des sols et déchets. Le portefeuille de projet relatif au secteur de l'énergie est le plus développé. Il se base en partie sur la perspective d'une utilisation rationnelle des opportunités offertes par le MDP. En fait, ce potentiel rentre dans le cadre de la politique énergétique du pays et prend en compte l'ensemble des incitations qui sont offertes au secteur.

Les acquis de la Tunisie en matière d'adaptation au changement climatique sont nombreux. Plusieurs acquis, dont notamment l'élaboration de stratégies sectorielles d'adaptation au changement climatique (pour l'agriculture, la santé et le tourisme), présentent par ailleurs un aspect innovateur. Malencontreusement, ces stratégies ne sont pas souvent mises en œuvre et leur intégration dans les plans de développement nationaux accuse un certain retard.

L'adaptation au changement climatique nécessite une approche intersectorielle orientée vers le développement durable. Une telle approche nécessite une coordination intersectorielle qui permettrait à l'ensemble des acteurs nationaux d'être actifs et de jouer pleinement leur rôle. Une sensibilisation accrue des acteurs à cette question leur permettra à terme de mieux tenir leur rôle afin d'intégrer l'adaptation au changement climatique dans le développement (« Mainstreaming »).

Au niveau des acteurs, la participation de la société civile en général et des Organisations Non Gouvernementales (ONGs) en particulier, est d'un point de vue quantitatif intéressant. Il n'en reste pas moins qu'au niveau de la qualité, cette participation nécessite une meilleure coordination et une meilleure structuration et ce afin de gagner en efficacité. Les insuffisances relevées à ce niveau concernent : i) un déficit en matière d'information et de sensibilisation, ii) et un relatif manque de compétences dans le domaine du changement climatique et un caractère souvent amateur.

## REFERENCES

Agence Nationale de la Protection de l'Environnement (2007) Rapport national sur l'état de l'environnement : année 2006. République Tunisienne, 226 p.

Agence Nationale des Energies Renouvelables (2001) Emissions de gaz à effet de serre en Tunisie. République Tunisienne, Ministère de l'Environnement et de l'Aménagement du Territoire, Agence Nationale des Energies Renouvelables, Centre d'Information sur l'Energie Durable et l'Environnement, Projet RAB/94/G31, Octobre 2001, 33 p.

Agence Nationale des Energies Renouvelables (2002) Etude sur l'atténuation des émissions de gaz à effet de serre dans le secteur de l'énergie en Tunisie. République Tunisienne, Ministère de l'Environnement et de

l'Aménagement du Territoire, Agence Nationale des Energies Renouvelables, Projet TUN/95/G31, Août 2001, 134 p.

Boé J., Terray L., Habets F., et Martin E. (2006) A simple statistical-dynamical downscaling scheme based on weather types and conditional resampling. *J. Geophys. Res.*, 111, D23106, doi:10.1029/2005JD006889

Christensen J.H., Hewitson B., Busuioc A., Chen A., Gao X., Held I., Jones R., Kolli R.K., Kwon W.-T., Laprise R., Magaña Rueda V., Mearns L., Menéndez C.G., Räisänen J., Rinke A., Sarr A. and Whetton P. (2007) Regional Climate Projections. In: "Climate Change 2007: The Physical Science Basis." Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 847-940.

Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC) (2007a) Bilan 2007 des changements climatiques : Rapport de synthèse. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat [Équipe de rédaction principale, Pachauri, R.K. et Reisinger, A.]. GIEC, Genève, Suisse, 103 p.

Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC) (2007b) Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 976 p.

Henia L. et Alouane T. (2009) Les ambiances caniculaires dans les villes tunisiennes : Cas de Monastir, Kairouan et Tozeur. Actes du XXIIème colloque de l'Association Internationale de Climatologie (AIC) : « Extrêmes climatiques : genèse, modélisation et impact », 1-5 septembre 2009, Cluj-Napoca, Roumanie.

Institut National de la Statistique (INS) (2006) Annuaire statistique de la Tunisie. N°49, année 2006, INS (ed), Tunis, Tunisie, ISSN 0066-3689, 322 p.

Labbene Y. Et Ben Rached S. (2003a) Evolution du climat tunisien durant le dernier siècle : variabilité naturelle ou changements climatiques. La 1<sup>ère</sup> Conférence mondiale sur le Tourisme et les changements climatiques, organisé par l'Organisation Mondiale du Tourisme avec la collaboration de l'Office Nationale du Tourisme tunisien, Jerba, Tunisie, 9-11 avril 2003.

Labbene Y. Et Ben Rached S. (2003b) Situation thermique de l'année 2003, Note interne de l'Institut National de la Météorologie.

McMichael A.J., Campbell-Lendrum D.H., Corvalán C.F., Ebi K.L., Githeko A., Scheraga J.D. et Woodward A. (2003) Climate change and human health– Risks and Responses. World Health Organization (WHO), Genève, Suisse, ISBN 92 4 156248 X, 333 p.

Ministère de l'Agriculture et des Ressources en Hydrauliques (MARH) (2000) Etude du secteur de l'eau. Direction Générale de la Ressource en Eau, Tunis, Tunisie.

Ministère de l'Agriculture et des Ressources en Hydrauliques (MARH) et Coopération Technique Allemande (GTZ) (2007) Stratégie nationale d'adaptation de l'agriculture tunisienne et des écosystèmes aux changements climatiques. Tunis, Tunisie.

Ministère de l'Environnement et de l'Aménagement du Territoire (2001) Communication Initiale de la Tunisie à la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques. République Tunisienne, Octobre 2001, 211 p.

Ministère de l'Environnement et du Développement Durable (MEDD) et Ministère de la Santé Publique (2006) Compte rendu de l'Atelier sur les « Effets du changement climatique sur le secteur de la santé: identification de mesures d'adaptation ». 28-29 Novembre 2006 ; Tunis, Tunisie.

Ministère de l'Environnement et du Développement Durable (MEDD) (2007) Etude de la vulnérabilité environnementale et socio-économique du littoral tunisien face à une élévation accélérée des niveaux de la mer due aux changements climatiques et identification d'une stratégie d'adaptation. Tunis, Tunisie.

Ministère de l'Environnement et du Développement Durable (MEDD) (2008) Etude sur les Opportunités d'amélioration du cadre juridique en relation avec l'adaptation au changement climatique pour les secteurs de l'agriculture/ressources en eau, infrastructure/équipement, santé et environnement. Tunis, Tunisie.

Ministère de l'Environnement et du Développement Durable (MEDD) et Ministère de la Santé Publique (2008) Etude sur l'adaptation du secteur de la santé en Tunisie au changement climatique: Rapport I - Analyse diagnostique. Tunis, Tunisie

---

**PARTIE III**  
**APPENDICES**

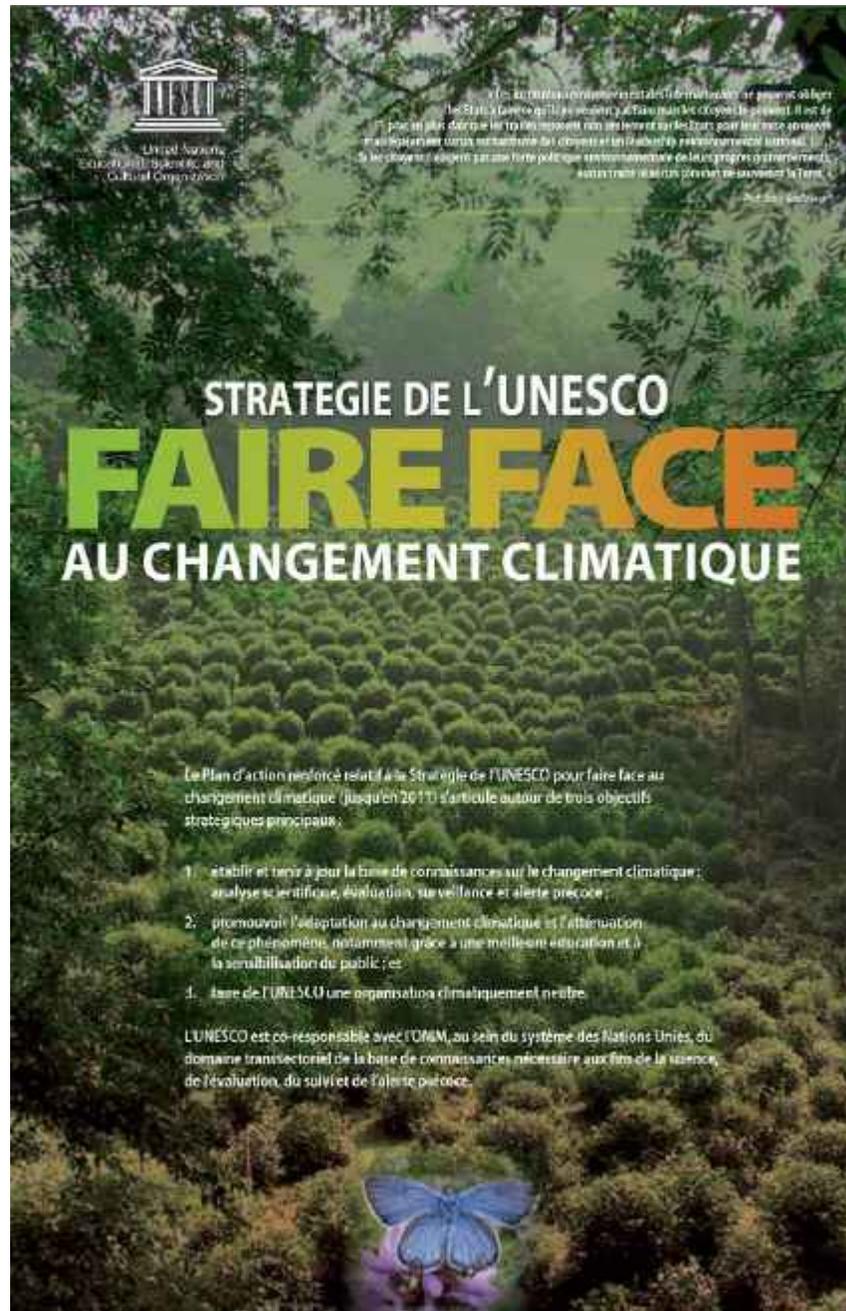
---



## **APPENDICE A**

# **STRATEGIE DE L'UNESCO POUR FAIRE FACE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE**

## BROCHURE SUR LA STRATEGIE DE L'UNESCO



[Version Française](#) – [Version anglaise](#)

## **APPENDICE B**

# **DONNEES ET CONTACTS POUR LE CHANGEMENT CLIMATIQUE EN ALGERIE, AU MAROC, EN MAURITANIE ET EN TUNISIE**

## **ALGERIE**

### **Statut de Ratification**

- ***La Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC)***

Date de signature : 13 juin 1992

Date de ratification : 09 juin 1993

Date d'entrée en vigueur : 21 mars 1994

- ***Protocole de Kyoto***

Date de ratification : 16 février 2005

Date d'entrée en vigueur : 17 mai 2005

### **Première communication nationale**

Date de soumission : 30 avril 2001

Publiée par : Ministère de l'Aménagement du Territoire, et de l'Environnement et du Tourisme

Date de publication : 01 mars 2001

Site web : <http://unfccc.int/resource/docs/natc/algnc1.pdf>

### **Point focal national de la CCNUCC en Algérie**

Personne à contacter : Mr. Kamel Djemouai

Ministère/Organisation : Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Environnement et du Tourisme

Adresse : Rue des 4 Canons Alger

Tél : (213-21)43-1245

Fax : (213-21)43-1245

E-mail direct : [kdjemouai@yahoo.fr](mailto:kdjemouai@yahoo.fr)

Site web : [www.matet.dz](http://www.matet.dz)

### **Autorité Nationale Désignée du MDP**

Organisation : Direction Générale des Relations Multilatérales, Ministère des Affaires Etrangères

Adresse : 4, Route des Quatre Canons, 16000 Alger

Personne à contacter : M. Lazhar Soualem, Directeur à la Direction Générale des Relations Multilatérales, Ministère des Affaires Etrangères

E-mail : [soualem\\_lazhar@yahoo.fr](mailto:soualem_lazhar@yahoo.fr)

Fax : (213-21)50 41 60

### **Office national de la météorologie**

Site web : [www.meteo.dz](http://www.meteo.dz)

## MAROC

### Statut de Ratification

- *La Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC)*

Date de signature : 13 juin 1992

Date de ratification : 28 décembre 1995

Date d'entrée en vigueur : 27 mars 1996

- *Protocole de Kyoto*

Date de ratification : 25 janvier 2002

Date d'entrée en vigueur : 16 février 2005

### Première communication nationale

Date de soumission : 01 novembre 2001

Publiée par : Ministère de l'Énergie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement à Rabat

Date de publication : 01 janvier 2001

Site web : <http://unfccc.int/resource/docs/natc/morncl1f.pdf>

### Point focal national de la CCNUCC au Maroc

Personne à contacter : M. Mohamed Benyahya, Directeur du Partenariat, de la Communication et de la Coopération

Ministère/Organisation : Secrétariat d'Etat auprès du Ministère de l'Énergie et des Mines, de l'Eau et de l'Environnement chargé de l'eau et de l'environnement

Adresse : N°9, Avenue Al Araar, 420/1 Secteur 16, Hay Riad, Rabat, Maroc.

Tél : (212) 37 57 66 37

Fax : (212) 37 57 66 78

E-mail direct : [benyahya@environnement.gov.ma](mailto:benyahya@environnement.gov.ma) / [equipecc@environnement.gov.ma](mailto:equipecc@environnement.gov.ma)

Site web : [www.minenv.gov.ma](http://www.minenv.gov.ma)

### Autorité Nationale Désignée du MDP

Organisation : Direction du Partenariat, de la Communication et de la Coopération. Secrétariat d'Etat auprès du Ministère de l'Énergie et des Mines, de l'Eau et de l'Environnement chargé de l'eau et de l'environnement - Secrétariat permanent.

Adresse : N°9, Avenue Al Araar, 420/1 Secteur 16, Hay Riad, Rabat, Maroc.

Personne à contacter : M. Mohamed Benyahya, Directeur du Partenariat, de la Communication et de la Coopération

E-mail : [equipecc@environnement.gov.ma](mailto:equipecc@environnement.gov.ma)

Tél : (212) 37 57 66 37

Fax : (212) 37 57 66 78

Site web : <http://www.cdmmorocco.ma/>

### Direction de la météorologie nationale

Site web : <http://www.marocmeteo.ma/>

Adresse : Face Préfecture Hay Hassani Ain Chock - B.P. 8106 Oasis- Casablanca

Tél : 212-22 91 38 05 / 03

Fax : 212-22 91 37 97

E-mail : [webmaster@marocmeteo.ma](mailto:webmaster@marocmeteo.ma)

## **MAURITANIE**

### **Statut de Ratification**

#### **- *La Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC)***

Date de signature : 12 juin 1992

Date de ratification : 20 janvier 1994

Date d'entrée en vigueur : 20 avril 1994

### **Protocole de Kyoto**

Date de ratification : 22 juillet 2005

Date d'entrée en vigueur : 20 octobre 2005

### **Première communication nationale**

Date de soumission : 30 juillet 2002

Publiée par : Ministère du Développement Rural et de l'Environnement, Mauritanie à Nouakchott

Date de publication : 30 juillet 2002

Site web : <http://unfccc.int/resource/docs/natc/maunc1.pdf>

### **Seconde communication nationale**

Date de soumission : 6 décembre 2008

Publiée par : Ministère du Développement Rural et de l'Environnement, Mauritanie à Nouakchott

Date de publication : 1 novembre 2008

Site web : <http://unfccc.int/resource/docs/natc/maunc2.pdf>

### **Point focal national de la CCNUCC en Mauritanie**

Personne à contacter : M. El Hadramy Ould Bahneine, Directeur de l'environnement

Ministère/Organisation : Ministère auprès du Premier Ministre chargé de l'environnement

Adresse : P.O. Box 170 Nouakchott

Tél : (222) 525-7475

Fax : (222) 525-7475

E-mail : [dear@opt.mr](mailto:dear@opt.mr)

Tél direct : (222) 645-9067/529-0115

Fax direct : (222) 525-0115

E-mail direct : [bahneine@yahoo.fr](mailto:bahneine@yahoo.fr)

### **Autorité Nationale Désignée du MDP**

Organisation : Direction de la Réglementation et des Conventions Internationales

Adresse : B.P 170 Nouakchott Mauritanie

Personne à contacter : Hamoud Ould Sid'Ahmed

E-mail : [hosa65@hotmail.com](mailto:hosa65@hotmail.com) ; [hamoudsid@yahoo.com](mailto:hamoudsid@yahoo.com)

Tél : (222)524 3145

Fax : (222)525 8386

### **Office national de la météorologie**

Adresse : B.P 205, Nouakchott

Tel : 00 222 524 35 31 / 525 94 12 / 638 35 75

Fax : 00 222 524 35 30

E-mail : [dmeteo@mauritania.mr](mailto:dmeteo@mauritania.mr)

Site web : [www.onm.mr](http://www.onm.mr)

## TUNISIE

### Statut de Ratification

- **La Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC)**

Date de signature : 13 juin 1992

Date de ratification : 15 juillet 1993

Date d'entrée en vigueur : 21 mars 1994

- **Protocole de Kyoto**

Date de ratification : 22 janvier 2003

Date d'entrée en vigueur : 16 février 2005

### Première communication nationale

Date de soumission : 27 octobre 2001

Publiée par : Ministère de l'Environnement et de l'Aménagement du Territoire, à Tunis

Date de publication : 01 octobre 2001

Site web : <http://unfccc.int/resource/docs/natc/tunnc1f.pdf>

### Point focal national de la CCNUCC en Tunisie

Personne à contacter : M. Imed Fadhel, Sous-directeur

Ministère/Organisation : Ministère de l'environnement et du développement durable

Adresse : Boulevard de la Terre- Centre Urbain Nord – 1080 Tunis

Tél : (216-70)72-8644

Fax : (216-70)72-8655

E-mail : [boc@mineat.gov.tn](mailto:boc@mineat.gov.tn)

Tél direct : (216-70)72-8679

Fax direct : (216-70)72-8595

E-mail direct : [i.fadhel@yahoo.fr](mailto:i.fadhel@yahoo.fr)

Site web : [www.environnement.nat.tn](http://www.environnement.nat.tn)

### Autorité Nationale Désignée du MDP

Organisation : Ministère de l'Environnement et du Développement Durable, Direction Générale de l'Environnement et de la Qualité de la Vie

Adresse : Centre Urbain Nord - Immeuble ICF 1080 Tunis, Tunisie

Personne à contacter : Le Directeur Général de l'Environnement et de la Qualité de la Vie/Le Point Focal National de la CCNUCC

E-mail : [DGEQV@mineat.gov.tn](mailto:DGEQV@mineat.gov.tn)

Tél : (216-70) 728 679

Fax : (216-70) 728 595

### Institut national de la météorologie

Adresse : BP n° 156, 2035 Tunis-Carthage Tunis TUNISIE

Tel : 00 216.71.773.400

Fax : 00 216.71.772.609

E-mail : [admin@meteo.tn](mailto:admin@meteo.tn)

Site web : [www.meteo.tn](http://www.meteo.tn)

### Sites web relatifs au changement climatique et au MDP

-Changements climatiques en Tunisie, Cellule d'Information sur l'Energie Durable et l'Environnement (CIEDE) : [www.changementsclimatiques.tn](http://www.changementsclimatiques.tn)

-Mécanisme de Développement Propre en Tunisie (MDP) : [www.mdptunisie.tn](http://www.mdptunisie.tn)



## **APPENDICE C**

### **LIENS UTILES**

## EN GENERAL...

UNESCO-Sciences Exactes et Naturelles

<http://www.unesco.org/science/>

UNESCO-Évolution du climat mondial

<http://www.unesco.org/en/climatechange>

Bureau Multipays de l'UNESCO à Rabat

<http://rabat.unesco.org/>

Portail du système des Nations Unies sur le changement climatique

<http://www.un.org/climatechange/index.shtml/>

Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC)

<http://www.unfccc.int/>

Portail francophone du site de la CCNUCC

[http://unfccc.int/portal\\_francoophone/items/3072.php](http://unfccc.int/portal_francoophone/items/3072.php)

Les Mécanismes de Développement Propre (MDP) de la CCNUCC

<http://cdm.unfccc.int/>

Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC)

<http://www.ipcc.ch/>

Organisation Météorologique Mondiale (OMM)

[http://www.wmo.int/pages/index\\_en.html](http://www.wmo.int/pages/index_en.html)

Système d'observation du climat mondial

<http://www.wmo.int/pages/prog/gcos/index.php>

## PROGRAMMES ET FONDS...

Programme des Nations Unies pour l'Environnement-Centre mondial de la surveillance de la conservation-Biodiversité et changement climatique

<http://www.unep-wcmc.org/climate/>

Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD)

<http://www.undp.org/energy/index.html>

GEF small grants programme

<http://www.undp.org/sgp/>

Convention sur la diversité biologique-Biodiversité et le changement climatique

<http://www.cbd.int/climate/>

International Union for Conservation of Nature (IUCN)

<http://www.iucn.org/what/tpas/climate/>

Fonds prototype pour le carbone

<http://www.prototypecarbonfund.org/>

Fonds Biocarbone

<http://www.biocarbonfund.org/>

Fonds carbone pour le développement communautaire

<http://carbonfinance.org/cdcf/home.cfm>

Fonds pour l'Environnement Mondial (FEM)

<http://www.gefweb.org>

Fonds carbone Européen

<http://www.europeancarbonfund.com/>

Fonds carbone KfW

<http://www.kfw.de/carbonfund>

Tunisie

<http://www.changementsclimatiques.tn/>

<http://www.mdptunisie.tn/>

Maroc

<http://www.ccmoroc.ma/>

## **CONSEIL, INFORMATION, ONG ET ORGANISATIONS INTERNATIONALES...**

Réseau Arabe des Experts en Eau

<http://www.reseau-arabe.net>

Réseau Arabe des Experts en Environnement

<http://www.environnement-arabe.net>

Réseau Action Climat

<http://www.rac-f.org/>

<http://www.climatenetwork.org>

Greenpeace International-Campagne de lutte contre le réchauffement climatique

<http://www.greenpeace.org/international/campaigns/climate-change>

Organisation de Coopération et de Développement Economiques (OCDE), programme sur le changement climatique

[http://www.oecd.org/departement/0,2688,fr\\_2649\\_34361\\_1\\_1\\_1\\_1\\_1\\_1,00.html](http://www.oecd.org/departement/0,2688,fr_2649_34361_1_1_1_1_1_1,00.html)

Agence Internationale de l'Energie (AIE), agence autonome liée à l'OCDE

<http://www.iea.org/>

Union Européenne :

Synthèse de la législation de l'Union Européenne sur le changement climatique

[http://europa.eu/legislation\\_summaries/environment/tackling\\_climate\\_change/index\\_fr.htm](http://europa.eu/legislation_summaries/environment/tackling_climate_change/index_fr.htm)

Commission Européenne-Programme sur le changement climatique

[http://europa.eu/legislation\\_summaries/environment/tackling\\_climate\\_change/128185\\_fr.htm](http://europa.eu/legislation_summaries/environment/tackling_climate_change/128185_fr.htm)

<http://ec.europa.eu/environment/climat/eccp.htm>

Agence Européenne de l'Environnement (AEE)

[http://themes.eea.eu.int/Environmental\\_issues/climate](http://themes.eea.eu.int/Environmental_issues/climate)

World Business Council for Sustainable Development

<http://www.wbcsd.org/>

Stockholm Environment Institute (SEI)

<http://www.sei.se/>

SouthSouth North

<http://www.southsouthnorth.org/>

<http://www.unfccc.int/Projects/pac/index.html>

Point Carbon

<http://www.pointcarbon.com/>

International Institute for sustainable development

<http://www.iisd.ca/>

Natsource

<http://www.natsource.com/>

Ecosecutrities

<http://www.ecosecurities.com/>

Médiaterre

<http://www.mediaterre.org/>

Agora 21-Site francophone du développement durable

<http://www.agora21.org/climat.html>

Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD)

<http://climat.cirad.fr/>

## **APPENDICE D**

# **COMMUNICATIONS NATIONALES POUR LES PAYS DU MAGHREB DANS LE CADRE DE LA CONVENTION CADRE DES NATIONS UNIES SUR LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (CCNUCC)**

## **ALGERIE**

### [Communication Nationale Initiale](#)

Date de publication : 01 mars 2001

Auteur : Ministère de l'Aménagement du Territoire, et de l'Environnement et du Tourisme

## **MAROC**

### [Communication Nationale Initiale](#)

Date de publication : 01 janvier 2001

Auteur : Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement à Rabat

## **MAURITANIE**

### [Communication Nationale Initiale](#)

Date de publication : 30 juillet 2002

Auteur : Ministère du Développement Rural et de l'Environnement, Mauritanie à Nouakchott

### [Seconde Communication Nationale](#)

Date de publication : 1 novembre 2008

Auteur : Ministère du Développement Rural et de l'Environnement, Mauritanie à Nouakchott

## **TUNISIE**

### [Communication Nationale Initiale](#)

Date de publication : 01 octobre 2001

Auteur : Ministère de l'Environnement et de l'Aménagement du Territoire, à Tunis

## **APPENDICE E**

# **DOCUMENTS DU GROUPE D'EXPERTS INTERGOUVERNEMENTAL SUR L'EVOLUTION DU CLIMAT (GIEC)**

## RAPPORTS D'ÉVALUATION

### Quatrième Rapport d'Évaluation du GIEC

**Changements Climatiques 2007: Rapport de Synthèse**

[Version française](#)

[Version anglaise](#)

**Changements climatiques 2007 : Les éléments scientifiques**

[Version française](#)

[Version anglaise](#)

*Contribution du Groupe de travail I au quatrième Rapport d'évaluation du GIEC*

**Bilan 2007 des changements climatiques : Conséquences, adaptation et vulnérabilité**

[Version française](#)

[Version anglaise](#)

*Contribution du Groupe de travail II au quatrième Rapport d'évaluation du GIEC*

**Bilan 2007 des changements climatiques : Atténuation du Changement Climatique**

[Version française](#)

[Version anglaise](#)

*Contribution du Groupe de travail III au quatrième Rapport d'évaluation du GIEC*

### Troisième Rapport d'Évaluation du GIEC

**Changements Climatiques 2001 : Rapport de Synthèse**

[Version française](#)

[Version anglaise](#)

**Changements climatiques 2001 : Les éléments scientifiques**

[Version française](#)

[Version anglaise](#)

*Contribution du Groupe de travail I au troisième Rapport d'évaluation du GIEC*

**Bilan 2001 des changements climatiques : Conséquences, adaptation et vulnérabilité**

[Version française](#)

[Version anglaise](#)

*Contribution du Groupe de travail II au troisième Rapport d'évaluation du GIEC*

**Bilan 2001 des changements climatiques : Mesures d'atténuation**

[Version française](#)

[Version anglaise](#)

*Contribution du Groupe de travail III au troisième Rapport d'évaluation du GIEC*

### Deuxième Rapport d'Évaluation du GIEC

**Changements climatiques 1995 : Les résumés à l'intention des décideurs des rapports élaborés par les trois groupes de travail du GIEC**

[Version française](#)

-

**Changements climatiques 1995 : Document de synthèse des informations scientifiques et techniques relatives à l'interprétation de l'article 2 de la CCNUCC**

-

[Version anglaise](#)

## RAPPORTS SPECIAUX

<b>Piégeage et Stockage du Dioxyde de Carbone</b> 2005	<a href="#">Version française</a>	<a href="#">Version anglaise</a>
<b>Préservation de la couche d'ozone et du système climatique planétaire</b> 2005	<a href="#">Version française</a>	<a href="#">Version anglaise</a>
<b>Questions méthodologiques et technologiques dans le transfert de technologie</b> 2000	<a href="#">Version française</a>	-
<b>Scénarios d'émissions</b> 2000	<a href="#">Version française</a>	-
<b>Utilisation des terres, changements d'affectation et foresterie</b> 2000	<a href="#">Version française</a>	-
<b>L'aviation et l'atmosphère planétaire</b> 1999	<a href="#">Version française</a>	-
<b>Incidences de l'évolution du climat dans les régions : évaluation de la vulnérabilité</b> 1997	<a href="#">Version française</a>	-
<b>Technical Guidelines for Assessing Climate Change Impacts and Adaptations</b> 1994	-	<a href="#">Version anglaise</a>

## DOCUMENTS TECHNIQUES

<b>Le Changement Climatique et l'Eau</b> Juin 2008	<a href="#">Version française</a>	<a href="#">Version anglaise</a>
<b>Les changements climatiques et la biodiversité</b> Avril 2002	<a href="#">Version française</a>	<a href="#">Version anglaise</a>
<b>Incidences des propositions de limitation des émissions de CO<sub>2</sub></b> Octobre 1997	<a href="#">Version française</a>	<a href="#">Version anglaise</a>
<b>Stabilisation des gaz atmosphériques à effet de serre : conséquences physiques, biologiques et socio-économiques</b> Février 1997	<a href="#">Version française</a>	<a href="#">Version anglaise</a>

**Introduction aux modèles climatiques simples employés dans le deuxième Rapport d'évaluation du GIEC**  
Février 1997

[Version française](#)

[Version anglaise](#)

**Techniques, politiques et mesures d'atténuation des changements climatiques**  
Novembre 1996

[Version française](#)

[Version anglaise](#)

## **RAPPORTS METHODOLOGIQUES**

**Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre**  
2006

[Version française](#)

[Version anglaise](#)

**Recommandations en matière de bonnes pratiques pour le secteur d'utilisation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie**  
2003

[Version française](#)

[Version anglaise](#)

**Definitions and Methodological Options to Inventory Emissions from Direct Human-induced Degradation of Forests and Devegetation of Other Vegetation Types**  
2003

-

[Version anglaise](#)

**Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques et de gestion des incertitudes pour les inventaires nationaux**  
2000

[Version française](#)

[Version anglaise](#)

**Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre – version révisée 1996 (Manuel simplifié, volume 2)**  
1996

[Version française](#)

[Version anglaise](#)

**Technical Guidelines for Assessing Climate Change Impacts and Adaptations with a Summary for Policy Makers and a Technical Summary**  
1994

-

[Version anglaise](#)

**Logiciel d'utilisation du Manuel de référence pour les inventaires de gaz à effet de serre**

[Version française](#)

-

## **DOCUMENT DE BASE**

**Elaboration de nouveaux scénarios destinés à analyser les émissions, les changements climatiques, les incidences et les stratégies de parade (Résumé Technique)**  
2008

[Version française](#)

-

## GLOSSAIRES

<b>Glossaire des termes employés dans le quatrième Rapport d'évaluation du GIEC</b>	-	<a href="#">Version anglaise</a>
<b>Glossaire des termes employés dans le troisième Rapport d'évaluation du GIEC</b>	<a href="#">Version française</a>	<a href="#">Version anglaise</a>
<b>Changements climatiques : un glossaire du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat 1995</b>	<a href="#">Version française</a>	<a href="#">Version anglaise</a>

La Stratégie de l'UNESCO pour faire face au changement climatique vise à aider les États membres à établir et tenir à jour la base de données nécessaire, à prendre des mesures pour s'adapter aux effets du changement climatique, en atténuer les causes et renforcer le développement durable. Elle s'attache à faire en sorte que les mesures de l'UNESCO tiennent compte et soient complémentaires de la nouvelle approche du changement climatique à l'échelle du système des Nations Unies et de la Feuille de route de Bali adoptée lors de la 13<sup>ème</sup> Conférence des Parties à la CCNUCC, tenue à Bali en décembre 2007. Elle s'articule sur un programme intégré pluridisciplinaire qui propose aux États membres un renforcement de leurs capacités et des avis techniques en vue de la conception et de la mise en oeuvre de politiques et de projets locaux, nationaux, sous-régionaux et régionaux fondés sur des éléments factuels. Elle s'appuie sur trois grands piliers : la production et l'utilisation rationnelles et objectives de données, d'information et de travaux de recherche concernant le changement climatique (la base de connaissances); le recours à des outils éducatifs, à des mesures sectorielles spécifiques, et à des activités de sensibilisation du public et l'élaboration de cadres d'action nationaux sur l'adaptation au changement climatique Conformément à la Stratégie à moyen terme pour 2008-2013 (34 C/4 approuvé), la Stratégie met particulièrement l'accent sur l'Afrique et l'égalité entre les sexes ainsi que sur les petits États insulaires en développement (PEID). Elle vise également à faire de l'UNESCO une organisation au bilan neutre en carbone la mise en oeuvre de la Stratégie et de son plan d'action sera administrée dans le cadre de la plate-forme d'action intersectorielle sur le changement climatique, qui donnera des informations actualisées par le biais d'un portail Internet de l'UNESCO consacré à cette question ([www.unesco.org/fr/climatechange](http://www.unesco.org/fr/climatechange)) qui sera relié au Portail de l'action du système des organismes des Nations Unies sur les changements climatiques (<http://www.un.org/climatechange>).

ISBN : 978-99548068-4-5



Organisation  
des Nations Unies  
pour l'éducation,  
la science et la culture

Bureau Multipays de l'UNESCO à RABAT  
35, Av. du 16 novembre  
BP 1777  
Rabat, MAROC

[rabat@unesco.org](mailto:rabat@unesco.org)  
<http://rabat.unesco.org/>