

Changements climatiques 2007 : Les éléments scientifiques

Résumé à l'intention des décideurs

Rapport du Groupe de travail I du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat

et

Résumé technique

Rapport accepté par le Groupe de Travail I du GIEC mais non approuvé dans le détail

et

Questions fréquentes

Contribution du Groupe de travail I
au quatrième Rapport d'évaluation du
Groupe d'experts intergouvernemental
sur l'évolution du climat

Changements climatiques 2007 : Les éléments scientifiques

Publié sous la direction de

Susan Solomon

Coprésidente,
Groupe de travail I du GIEC

Dahe Qin

Coprésident,
Groupe de travail I du GIEC

Martin Manning

Chef, Service d'appui technique
Groupe de travail I du GIEC

Melinda Marquis

Kristen Averyt

Melinda M.B. Tignor

Henry LeRoy Miller, Jr.

Service d'appui technique, Groupe de travail I du GIEC

Zhenlin Chen

Administration météorologique de Chine

© Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat 2007

Première édition 2007

ISBN 92-9169-121-6

Photo de la page de couverture:

Hémisphères est et ouest de la « bille bleue ». Ces images rassemblent les terres émergées, les océans, les glaces de mer et les nuages en une représentation visuelle du système climatique de la Terre. Elles sont fondées sur les données d'observations transmises par les spectromètres imageurs à résolution moyenne (MODIS) de la NASA embarqués à bord des satellites Terra et Aqua. Ces images font partie de l'ensemble de données sur la « bille bleue », qui sont mises gratuitement à disposition sur le site <http://blumarble.nasa.gov>. Des renseignements supplémentaires se trouvent dans Stöckli, R., Vermote, E., Saleous, N., Simmon, R., et Herring, D. (2006). L'ensemble de données en couleurs réelles inclut la dynamique saisonnière. EOS, 87(5):49, 55.

Avant-propos

En tant que première grande évaluation d'ensemble des recherches scientifiques sur le changement climatique menées ces six dernières années, le rapport intitulé *Changements climatiques 2007 : Les éléments scientifiques* a capté d'emblée l'attention des décideurs et du grand public. Ce rapport confirme l'enrichissement et l'approfondissement sans précédent de la compréhension scientifique du système climatique et de sa sensibilité aux émissions de gaz à effet de serre. Il évoque aussi l'évolution du dynamisme des recherches entreprises qui offriront des perspectives encore plus vastes pour l'étude du changement climatique dans les années à venir.

La rigueur et la fiabilité du présent rapport doivent beaucoup au caractère exceptionnel du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). Créé conjointement par l'Organisation météorologique mondiale et le Programme des Nations Unies pour l'environnement en 1988, le GIEC est à la fois un organisme intergouvernemental et un réseau mondial de scientifiques et d'experts réputés dans le domaine du changement climatique.

Les différents chapitres qui constituent l'essentiel du présent rapport présentent l'évaluation des scientifiques quant à l'état des connaissances actuelles dans leurs domaines respectifs. Ils ont été rédigés par 152 auteurs-coordonateurs principaux et auteurs principaux de plus de 30 pays et examinés par plus de 600 spécialistes. Les observations formulées ont été réexaminées par de nombreux examinateurs gouvernementaux.

Le Résumé à l'intention des décideurs a été approuvé par les représentants officiels de 113 gouvernements et exprime leur accord - et leur pleine adhésion - sur l'ensemble du rapport sous-jacent. C'est cette collaboration entre les experts et les gouvernements qui fait la force du GIEC.

Le GIEC ne mène pas de nouvelles recherches. Au contraire, il a pour mandat de procéder à des évaluations pertinentes - mais non normatives - des publications mondiales sur les aspects scientifiques, techniques et socio-économiques du changement climatique. Les précédents rapports d'évaluation du GIEC ont contribué à convaincre les gouvernements d'adopter et de mettre en œuvre la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques et le Protocole de Kyoto. Le présent rapport se révélera aussi d'une grande utilité lorsque les gouvernements examineront la possibilité de mener une action concertée pour faire face au changement climatique.

Changements climatiques 2007 - Les éléments scientifiques est le premier volume du quatrième Rapport d'évaluation du GIEC. Le deuxième volume traite des conséquences des changements climatiques, des vulnérabilités à ces changements et des adaptations possibles, tandis que le troisième volume fournit des mesures d'atténuation envisageables, avec leurs coûts. Un quatrième volume consiste en une synthèse des conclusions générales du GIEC.

L'établissement des « éléments scientifiques » a pu se faire grâce à l'engagement et au travail bénévole des plus grands climatologues de la planète. Nous aimerions exprimer notre gratitude à tous les auteurs coordonnateurs principaux, auteurs principaux, auteurs collaborateurs, éditeurs réviseurs et examinateurs. Nous aimerions remercier aussi le personnel du Service d'appui technique du Groupe de travail I ainsi que le Secrétariat du GIEC d'avoir assuré par leur dévouement la coordination de la publication d'un nouvel excellent rapport du GIEC.

De nombreux gouvernements ont soutenu la participation de leurs propres scientifiques aux travaux du GIEC et ont également contribué au Fonds d'affectation spéciale du GIEC, assurant ainsi la participation d'experts de pays en développement ou à économie en transition. L'Italie, la Chine, la Nouvelle-Zélande et la Norvège ont été

les pays hôtes des séances de rédaction, tandis que la France a accueilli la plénière finale qui a approuvé et adopté le rapport. Le gouvernement des États-Unis d'Amérique a financé le Service d'appui technique du Groupe de travail I.

En dernier lieu, nous voudrions remercier M. R. K. Pachauri, Président du GIEC, pour sa direction éclairée et compétente et sa volonté inlassable ainsi que Mme Susan Solomon et M. Dahe Qin, coprésidents du Groupe de travail I, pour l'habileté avec laquelle ils ont assuré la direction du Groupe de travail I pendant l'élaboration du présent rapport.



M. Jarraud
Secrétaire-Général
Organisation météorologique mondiale



A. Steiner
Directeur exécutif
Programme des Nations unies pour l'environnement

Préface

La présente contribution du Groupe de travail I au quatrième Rapport d'évaluation fournit une estimation d'ensemble des aspects scientifiques du changement climatique et élargit le champ des connaissances scientifiques dans ce domaine, faisant ainsi suite aux évaluations antérieures du Groupe de travail I. Les résultats présentés ici sont basés sur de nombreuses publications scientifiques parues depuis le troisième Rapport d'évaluation du GIEC ainsi que sur des bases de données élargies, des analyses nouvelles et des capacités accrues de modélisation du climat.

Le présent rapport a été élaboré conformément aux règles et procédures établies par le GIEC et appliquées pour les rapports d'évaluation précédents. Une première ébauche du rapport a été adoptée lors de la vingt et unième session du Groupe d'experts en novembre 2003, et le Bureau du GIEC a approuvé la liste des auteurs principaux lors de sa trente et unième session, en avril 2004. Les versions préliminaires préparées par les auteurs ont été doublement revues et révisées ; elles ont fait l'objet de plus de 30 000 observations écrites formulées par plus de 650 experts et par les gouvernements et diverses organisations internationales. Les éditeurs réviseurs de chaque chapitre se sont ensuite assurés que chaque observation substantielle émanant d'experts ou de gouvernements avait reçu l'attention qu'elle méritait. Le Résumé à l'intention des décideurs a été approuvé en détail, et les chapitres sous-jacents ont alors été acceptés à la dixième session du Groupe de travail I du GIEC (29 janvier-1er février 2007).

Questions abordées

Le rapport du Groupe de travail I est centré sur les aspects des connaissances scientifiques actuelles en matière de changement climatique qui sont jugés les plus pertinents pour les décideurs. Il n'essaie pas d'examiner l'évolution des connaissances scientifiques ou d'englober la climatologie dans son ensemble. La présente évaluation est en outre basée sur les publications scientifiques pertinentes dont les auteurs pouvaient disposer jusque vers le milieu de 2006, et le lecteur doit comprendre que certains des sujets abordés ici peuvent encore faire l'objet de développements rapides.

L'une des caractéristiques des recherches récentes sur le changement climatique est l'abondance des observations qui sont maintenant disponibles pour les différentes composantes du système climatique, y compris l'atmosphère, les océans et la cryosphère. Des observations supplémentaires et de nouvelles analyses ont élargi nos connaissances et permis de lever de nombreuses incertitudes. De nouvelles informations ont également suscité un certain nombre de questions nouvelles, notamment au sujet de l'évolution imprévue des nappes glaciaires et de son effet possible sur l'élévation du niveau de la mer ainsi que des conséquences des interactions complexes du changement climatique et de la biogéochimie.

S'agissant des projections futures relatives au changement climatique, le présent rapport est conforme aux décisions prises par le Groupe d'experts pendant le processus d'élaboration et d'acceptation du quatrième Rapport d'évaluation concernant l'utilisation de scénarios d'émissions soumis auparavant à une évaluation du GIEC quant à leur concordance entre les trois Groupes de travail du GIEC. On a cependant reconnu aussi l'importance des informations fournies par les nouveaux modèles climatiques concernant la stabilisation du climat. Afin de traiter les deux questions, les groupes chargés de la modélisation climatique ont effectué des simulations climatiques comprenant des expériences simplifiées, dans lesquelles la composition de l'atmosphère restait constante. Compte tenu des simulations d'ensemble des modèles climatiques, et notamment des nombreux passages de modèles pour

le XXe et le XXIe siècle, la présente évaluation a pu prendre en compte bien plus de simulations que n'importe quelle autre évaluation antérieure des changements climatiques.

L'évaluation par le GIEC des effets du changement climatique ainsi que des possibilités d'y répondre ou de les éviter relève de la compétence des Groupes de travail II et III et n'est donc pas traitée ici. En particulier, si le rapport du Groupe de travail I présente les résultats d'un certain nombre de scénarios d'émissions qui correspondent à ceux des rapports précédents, seul le Groupe de travail III peut procéder à une évaluation actualisée de la gamme plausible des émissions futures.

Structure du Rapport

Pour la première fois, l'évaluation du Groupe de travail I comprend un chapitre introductif, le chapitre 1, où sont présentés les progrès de la science du changement climatique ainsi qu'une vue d'ensemble des méthodes utilisées en la matière, du rôle des modèles climatiques et de l'évolution des techniques de traitement des incertitudes.

Les chapitres 2 et 7 traitent des modifications des constituants atmosphériques (tant les gaz que les aérosols) qui affectent l'équilibre énergétique radiatif de l'atmosphère et déterminent le climat sur Terre. Le chapitre 2 présente une perspective fondée sur les changements observés dans l'atmosphère et traite du concept central de forçage radiatif. Le chapitre 7 complète le chapitre 2 en examinant les interactions des cycles biogéochimiques qui affectent les constituants atmosphériques et du changement climatique, y compris les interactions des aérosols et des nuages.

Les chapitres 3, 4 et 5 traitent de l'éventail élargi des nouvelles observations concernant, respectivement, l'atmosphère et la surface ; la neige, la glace et le gélisol ; et les océans. Bien que les modifications observées des composantes du système climatique soient intimement liées par divers processus physiques, la séparation en chapitres distincts permet une évaluation plus précise des données disponibles et de leurs incertitudes, y compris les données transmises par les capteurs des satellites. Le chapitre 5 s'intéresse en particulier à l'évolution observée du niveau de la mer et reconnaît l'importance des interconnexions de cette évolution et de la charge thermique des océans.

Le chapitre 6 présente une perspective paléoclimatique et évalue les indices de changements climatiques passés ainsi que le degré de pertinence des explications fournies à ce sujet par nos connaissances scientifiques actuelles. Il comprend en particulier une nouvelle évaluation des températures reconstituées pour les 1 300 dernières années.

Le chapitre 8 traite de la simulation des processus physiques dans les modèles climatiques et de l'évaluation des modèles par rapport au climat observé, y compris son état général et sa variabilité. Le chapitre 9 est consacré à une question très proche, qui consiste à déterminer dans quelle mesure le changement climatique observé peut être attribué à des causes différentes, tant naturelles qu'anthropiques.

Le chapitre 10 rend compte de l'utilisation des modèles climatiques pour les projections climatiques à l'échelle mondiale, y compris leurs degrés d'incertitude. Il donne des résultats pour divers niveaux de concentration des futurs gaz à effet de serre et fournit une évaluation probabiliste d'un certain nombre de réponses physiques du système climatique, notamment au sujet des échelles de temps et de l'inertie associées à ces réponses. Le chapitre 11 traite de la concordance des projections régionales et mondiales relatives aux changements climatiques. Il comprend une évaluation de la fiabilité des modèles à l'échelle régionale et décrit les facteurs qui peuvent avoir une influence

notable sur le changement climatique à cette échelle.

Le Résumé à l'intention des décideurs et le Résumé technique du présent rapport ont une structure parallèle, chacun d'eux contenant des renvois à la section et au chapitre appropriés du rapport intégral. Les éléments de ces résumés peuvent être comparés à un guide routier servant à s'orienter dans l'ensemble du rapport, et c'est dans ce sens que le lecteur est encouragé à les utiliser.

Une innovation apparaît dans le présent rapport : la Foire aux Questions, en 19 points, dans laquelle les auteurs fournissent des

réponses scientifiques à diverses questions d'ordre général, présentées sous une forme qui sera souvent utile à des fins pédagogiques. Finalement, le rapport s'accompagne de quelques 250 pages supplémentaires de documents qui ont été revus en même temps que les ébauches des chapitres ; ce matériel est disponible sur CD-ROM et sur les sites Internet contenant les versions du rapport afin d'apporter des détails supplémentaires, tels que les résultats des modèles climatiques particuliers.

Quelques points et questions-clés traités dans le présent rapport, et les chapitres pertinents

Question	Chapitres
Quels ont été les progrès réalisés dans l'étude du changement climatique depuis la création du GIEC?	1
Que savons-nous des facteurs naturels et anthropiques qui contribuent au changement climatique et des processus sous-jacents ?	2, 6, 7
Quels ont été les changements climatiques observés depuis le début des relevés instrumentaux ?	3, 4, 5
Que savons-nous des changements paléoclimatiques qui se sont étalés sur des centaines de millions d'années avant le début des mesures, et de leurs causes ?	6, 9
Que savons-nous vraiment du rôle des facteurs humains et naturels dans les récents changements climatiques, et jusqu'à quel point les modèles permettent-ils de simuler les changements climatiques ?	8, 9
Quelles sont les projections pour l'évolution future des changements climatiques à l'échelle mondiale et régionale ?	10, 11
Que savons-nous des variations passées et anticipées du niveau de la mer, et notamment du rôle de l'évolution des glaciers et des nappes glaciaires ?	4, 5, 6, 10
Les événements extrêmes tels que les fortes précipitations, les sécheresses et les vagues de chaleur sont-ils sujets aux changements, pourquoi et qu'en sera-t-il à l'avenir ?	3, 5, 9, 10, 11

Remerciements

L'élaboration du présent rapport a grandement bénéficié de la coopération extrêmement active au sein de la communauté climatologique internationale ainsi que de la coordination assurée par le Programme mondial de recherche sur le climat (PMRC) de l'Organisation météorologique mondiale et le Programme international géosphère biosphère (PIGB). Nous tenons à saluer tout particulièrement l'engagement massif, à titre individuel ou collectif, de 14 groupes de modélisation du monde entier ainsi que l'aide apportée par le Programme de comparaison et de diagnostic des modèles climatiques (PCMDI), qui s'est chargé de l'archivage et de la distribution d'une quantité sans précédent (plus de 30 téraoctets) de sorties de modèles climatiques. Ceci nous a permis de procéder à des comparaisons plus détaillées entre les modèles climatiques actuels et à une évaluation plus approfondie que jamais auparavant des possibilités d'évolution à long terme des changements climatiques.

Il nous faut souligner la compétence, l'ardeur au travail et le souci d'excellence dont ont fait preuve les auteurs coordonnateurs principaux et les auteurs principaux, avec le concours précieux de nombreux auteurs collaborateurs tout au long de l'élaboration du présent rapport. De plus, nous voudrions remercier sincèrement les spécialistes chargés de procéder à l'examen des projets de texte et souligner la valeur des très nombreuses observations formulées. Les éditeurs réviseurs ont également joué un rôle majeur en aidant les auteurs à tirer parti de ces observations.

Le Bureau du Groupe de travail I, composé de Kansri Boonpragob, Filippo Giorgi, Bubu Jallow, Jean Jouzel, Maria Martelo et David Wratt, a fait office de comité de rédaction en contribuant à la sélection

des auteurs et en supervisant l'élaboration de la version initiale du rapport. Tous ont apporté un soutien constructif aux coprésidents du Groupe de travail I, ce dont nous leur sommes reconnaissants.

Nous adressons nos plus sincères remerciements aux hôtes et aux organisateurs des quatre réunions qu'ont dû tenir les auteurs principaux pour élaborer le rapport ; nous remercions également les gouvernements et les organismes d'Italie, de Chine, de Nouvelle-Zélande et de Norvège pour leur soutien. La session finale d'approbation du Groupe de travail I a été rendue possible par M. Marc Gillet, grâce à la générosité du gouvernement français, et par Francis Hayes, le responsable des conférences à l'OMM.

Notre reconnaissance est acquise à l'infatigable équipe du Service d'appui technique du Groupe de travail I, Melinda Marquis, Kristen Averyt, Melinda Tignor, Roy Miller, Tahl Kestin et Scott Longmore, assistés de Zhenlin Chen, Barbara Keppler, MaryAnn Pykkonen, Kyle Terran, Lelani Arris et Marilyn Anderson. Nous remercions aussi Michael Shibao et Paula Megenhardt du service graphique et de présentation. Merci à Reto Stockli d'avoir aimablement fourni des images satellitaires de la Terre pour illustrer la page de couverture du rapport. L'aide apportée aux Coprésidents par David Wratt, David Fahey et Susan Joy Hassol dans l'organisation et la rédaction de la Foire aux Questions est appréciée à sa juste valeur. Nous aimerions également remercier Renate Christ, Secrétaire du GIEC, ainsi que l'équipe du Secrétariat, Jian Liu, Rudie Bourgeois, Annie Courtin et Joelle Fernandez, qui se sont occupés du soutien logistique des relations intergouvernementales et des déplacements des experts des pays en développement et des pays aux économies de transition.

Rajendra K. Pachauri
Président du GIEC

Susan Solomon
Coprésidente GTI GIEC

Dahe Qin
Coprésident GTI GIEC

Martin Manning
Chef, SAT GTI GIEC

Table des matières

Avant-propos	iii
Préface	v
Résumé à l'intention des décideurs	1
Résumé technique	19
TS.1 Introduction	21
TS.2 Variations des mécanismes humains et naturels du climat	21
TS.3 Observation des changements climatiques	36
TS.4 Comprendre et attribuer les changements climatiques	63
TS.5 Projections des changements climatiques futurs	70
TS.6 Découvertes établies et incertitudes-clés	86
Questions fréquentes	99
FAQ 1.1 Quels sont les facteurs qui déterminent le climat de la Terre ?	100
FAQ 1.2 Quelle est la relation entre le changement climatique et le temps qu'il fait ?	102
FAQ 1.3 Qu'est-ce que l'effet de serre ?	104
FAQ 2.1 Quelle est la part des activités humaines dans les changements climatiques par rapport aux facteurs naturels ?	106
FAQ 3.1 Comment les températures sur Terre évoluent-elles ?	109
FAQ 3.2 Comment les précipitations changent-elles ?	112
FAQ 3.3 Y-a-t-il eu un changement en ce qui concerne les événements météorologiques extrêmes, tels que les vagues de chaleur, les sécheresses, les inondations et les ouragans ?	115
FAQ 4.1 Les quantités de neige et de glace sont-elles en train de diminuer ?	117
FAQ 5.1 Est-ce que le niveau de la mer monte ?	119
FAQ 6.1 Qu'est-ce qui a provoqué les périodes glaciaires et autres changements climatiques importants avant l'ère industrielle ?	121
FAQ 6.2 Est-ce que le changement climatique actuel est inhabituel par comparaison aux changements qui se sont produits auparavant sur la Terre ?	123
FAQ 7.1 Est-ce que les activités humaines sont à l'origine de l'augmentation du dioxyde de carbone et d'autres gaz à effet de serre dans l'atmosphère ?	125
FAQ 8.1 Quelle est la fiabilité des modèles utilisés pour faire des projections au sujet des changements climatiques futurs ?	128

FAQ 9.1	Peut-on expliquer les divers évènements extrêmes par le réchauffement dû à l'effet de serre ?	130
FAQ 9.2	Le réchauffement du XX ^e siècle peut-il s'expliquer par la variabilité naturelle ?	132
FAQ 10.1	Les évènements météorologiques extrêmes, comme les vagues de chaleur, les sécheresses ou les inondations, peuvent-ils changer en fonction du changement climatique sur Terre ?	135
FAQ 10.2	Dans quelle mesure peut-on s'attendre à des changements climatiques importants ou brusques, comme la disparition des nappes glaciaires, ou des modifications dans la circulation océanique dans son ensemble?	136
FAQ 10.3	Si les émissions de gaz à effet de serre diminuent, à quel rythme la concentration de ces gaz dans l'atmosphère va-t-elle décroître ?	138
FAQ 11.1	Est-ce que les changements climatiques projetés varient d'une région à l'autre ?	140
Annexe I:	Glossaire	143