

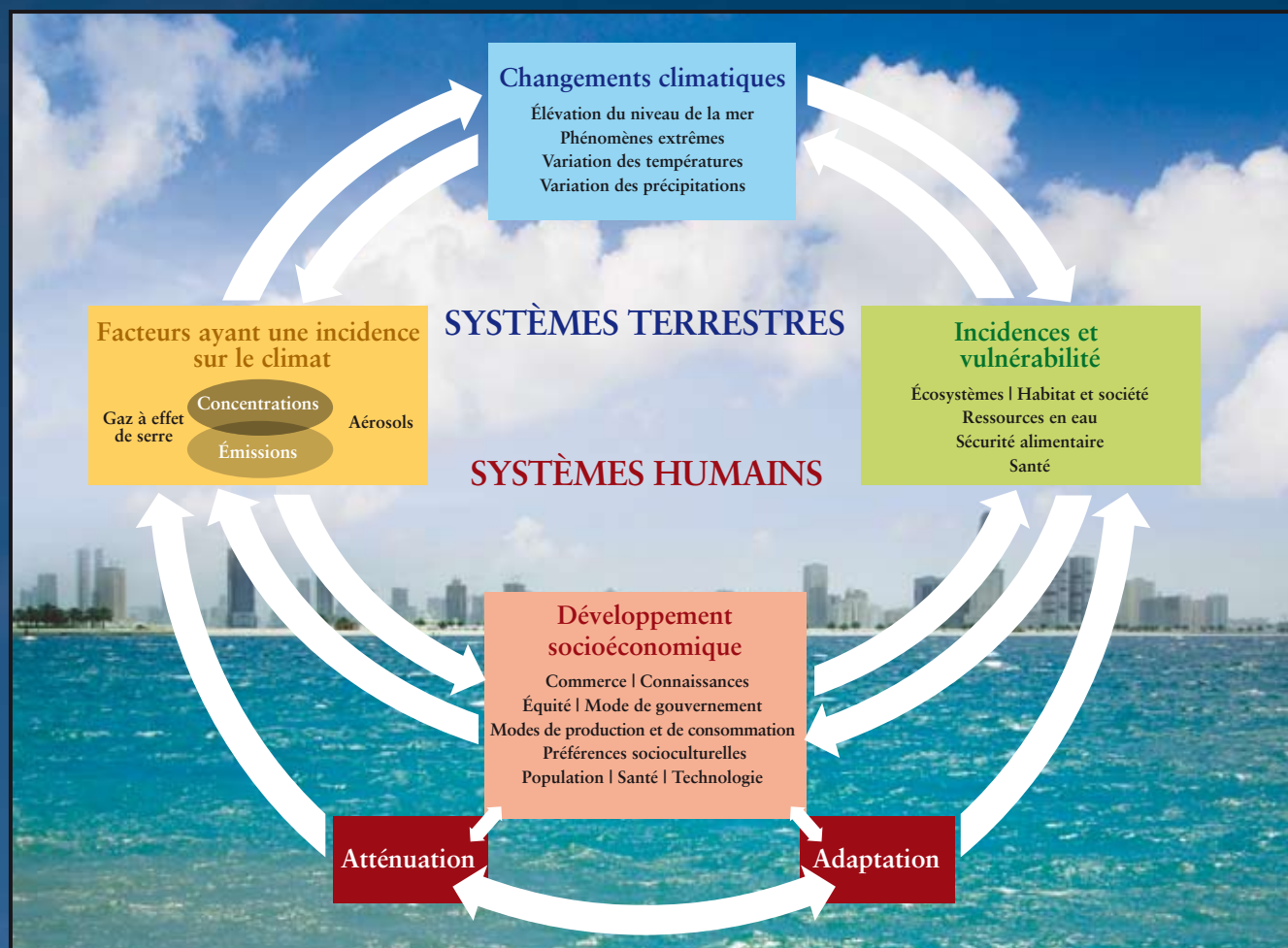
ÉLABORATION DE NOUVEAUX SCÉNARIOS DESTINÉS À ANALYSER LES ÉMISSIONS, LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES, LES INCIDENCES ET LES STRATÉGIES DE PARADE

RÉSUMÉ TECHNIQUE

RAPPORT DE LA RÉUNION D'EXPERTS DU GIEC

19-21 septembre 2007

Noordwijkerhout, Pays-Bas





**ÉLABORATION DE NOUVEAUX SCÉNARIOS DESTINÉS À
ANALYSER LES ÉMISSIONS, LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES,
LES INCIDENCES ET LES STRATÉGIES DE PARADE**

RAPPORT DE LA RÉUNION D'EXPERTS DU GIEC

19-21 septembre 2007
Noordwijkerhout, Pays-Bas

RÉSUMÉ TECHNIQUE

Le présent rapport résume les documents soumis à l'attention du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, dont le contenu n'a pas fait l'objet d'un examen officiel. La réunion d'experts faisait partie du plan de travail du GIEC, ce qui n'implique pas que le Groupe de travail ou le Groupe d'experts approuve ce rapport, ni quelque conclusion ou recommandation qui y est énoncée.

*Le rapport a été analysé par les milieux scientifiques et révisé en conséquence.
Le document intégral est disponible auprès du Secrétariat et peut être consulté sur le site Web du GIEC à l'adresse suivante: <http://www.ipcc.ch/ipccreports/supporting-material.htm>*

Référence du présent résumé technique:

Richard Moss, Mustafa Babiker, Sander Brinkman, Eduardo Calvo, Tim Carter, Jae Edmonds, Ismail Elgizouli, Seita Emori, Lin Erda, Kathy Hibbard, Roger Jones, Mikiko Kainuma, Jessica Kelleher, Jean-François Lamarque, Martin Manning, Ben Matthews, Jerry Meehl, Leo Meyer, John Mitchell, Nebojsa Nakicenovic, Brian O'Neill, Ramon Pichs, Keywan Riahi, Steven Rose, Paul Runci, Ron Stouffer, Detlef van Vuuren, John Weyant, Tom Wilbanks, Jean-Pascal van Ypersele et Monika Zurek, 2008. *Élaboration de nouveaux scénarios destinés à analyser les émissions, les changements climatiques, les incidences et les stratégies de parade*. Résumé technique. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, Genève, 26 p.

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

ISBN: 978-92-9169-224-8

Couverture: photomontage réalisé par Alexandre Keshavjee, OMM

ÉLABORATION DE NOUVEAUX SCÉNARIOS DESTINÉS À ANALYSER LES ÉMISSIONS, LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES, LES INCIDENCES ET LES STRATÉGIES DE PARADE

RAPPORT DE LA RÉUNION D'EXPERTS DU GIEC

RÉSUMÉ TECHNIQUE

Auteurs principaux:

Richard Moss, Mustafa Babiker, Sander Brinkman, Eduardo Calvo, Tim Carter, Jae Edmonds, Ismail Elgizouli, Seita Emori, Lin Erda, Kathy Hibbard, Roger Jones, Mikiko Kainuma, Jessica Kelleher, Jean-Francois Lamarque, Martin Manning, Ben Matthews, Jerry Meehl, Leo Meyer, John Mitchell, Nebojsa Nakicenovic, Brian O'Neill, Ramon Pichs, Keywan Riahi, Steven Rose, Paul Runci, Ron Stouffer, Detlef van Vuuren, John Weyant, Tom Wilbanks, Jean-Pascal van Ypersele, Monika Zurek

Auteurs collaborateurs:

Fatih Birol, Peter Bosch, Olivier Boucher, Johannes Feddema, Amit Garg, Amadou Gaye, Maria Ibarraran, Emilio La Rovere, Bert Metz, Shuzo Nishioka, Hugh Pitcher, Drew Shindell, P.R. Shukla, Anond Snidvongs, Peter Thorton, Virginia Vilariño

Comité directeur:

Richard Moss et Ismail Elgizouli (coprésidents); Mustafa Babiker, Olivier Boucher, Eduardo Calvo, Tim Carter, Jae Edmonds, Seita Emori, Amit Garg, Martin Manning, Jose Marengo, Jerry Meehl, Bert Metz, Leo Meyer, John Mitchell, Nebojsa Nakicenovic, Shuzo Nishioka, Martin Parry, Paul Runci, Ronald Stouffer, Jean-Pascal van Ypersele, Monika Zurek

Préface

Le présent rapport récapitule les conclusions et recommandations de la Réunion d'experts sur les nouveaux scénarios, qui s'est tenue à Noordwijkerhout (Pays-Bas) du 19 au 21 septembre 2007. Ce rapport est l'aboutissement des efforts déployés par le Comité directeur pour les nouveaux scénarios et une équipe d'auteurs composée principalement de membres de la communauté scientifique ainsi que par les nombreux autres participants à la réunion et les examinateurs externes qui ont formulé des observations détaillées lors du processus d'examen par des spécialistes.

La réunion d'experts a donné lieu à la présentation d'un certain nombre d'exposés ayant pour thème les besoins en scénarios du point de vue de l'élaboration des politiques, un examen des précédents scénarios du GIEC, des aperçus de l'évolution des plans au sein de la communauté scientifique, les besoins et possibilités en matière de scénarios à deux échelles de temps différentes («à court terme», c'est-à-dire à l'horizon 2035, et «à long terme», c'est-à-dire à l'horizon 2100, porté jusqu'à 2300 pour certaines applications) et, enfin, un examen des options envisageables pour les scénarios de référence, qualifiés de profils représentatifs d'évolution de concentration (RCP, pour «Representative Concentration Pathways») dans le présent rapport. D'autres exposés ont porté sur des questions d'ordre institutionnel et d'éventuels moyens de favoriser la participation des pays en développement ou à économie en transition. Le reste de la réunion a été consacré à des activités menées au sein de divers groupes de travail et en séance plénière, ce qui a permis aux divers milieux de la recherche de mieux coordonner leurs plans respectifs, d'élaborer la proposition relative aux RCP et d'examiner d'autres questions de caractère transsectoriel.

Pour que toutes les principales parties intéressées soient convenablement représentées lors des débats, le Comité directeur a autorisé plus de 130 personnes – parmi les très nombreux candidats – à participer à la réunion d'experts. Ces participants ont fait valoir différents points de vue émanant des milieux de la climatologie, de spécialistes des incidences des changements climatiques et de l'évaluation globale, de groupes d'utilisateurs des scénarios et de diverses organisations multilatérales et internationales. Plus de 30 % des participants à la réunion venaient de pays en développement ou à économie en transition.

Comme escompté, la réunion d'experts a permis de définir une série de RCP sur la base des articles publiés. Ces profils constituent des points de départ communs à partir desquels les modélisateurs du climat et de l'évaluation globale peuvent adopter une démarche parallèle pour élaborer de nouveaux scénarios intégrés de l'évolution du climat en vue d'un éventuel cinquième Rapport d'évaluation. Les participants à la réunion d'experts ont recommandé, moyennant certaines conditions, que le scénario de forçage radiatif le moins élevé dont il est fait état dans les travaux publiés pour cette catégorie de modèles, à savoir le scénario IMAGE 2.6, soit retenu comme l'un des RCP, vu le vif intérêt qu'il a suscité chez les participants représentant les décideurs. Toutefois, comme ce scénario de forçage radiatif n'a toujours pas été reproduit par d'autres modèles de cette catégorie de modèles d'évaluation intégrée (MEI), le Comité directeur a demandé au Consortium des spécialistes des modèles d'évaluation intégrée (CMEI) de constituer un groupe d'évaluation chargé de vérifier si le scénario en question satisfait aux critères scientifiques nécessaires pour servir de RCP. Le CMEI et le Comité directeur sont convenus d'un processus d'évaluation qui est décrit dans le présent rapport. L'établissement de ce processus a donné lieu à un échange de lettres, qui sont reproduites en appendice. Même si les membres du groupe d'évaluation ne seront pas nécessairement tenus de marquer leur accord sur tous les aspects de la

robustesse du scénario IMAGE 2.6, il leur faudra cependant formuler une recommandation unique afin d'indiquer au CMEI, en tant qu'organe convocateur, si ce scénario peut être ou non considéré comme robuste. Le CMEI présentera ensuite cette recommandation au Comité directeur pour confirmation.

Le Comité directeur s'est rallié à la décision prise par le GIEC de jouer un rôle de catalyseur. Le rapport précise donc l'état actuel de la planification mise en œuvre par la communauté scientifique pour l'élaboration de nouveaux scénarios. Certains aspects du processus ne sont pas encore parfaitement planifiés, et le rapport fait donc état de travaux «en cours de réalisation». Il importe de noter que la plupart des activités prévues mettent l'accent sur la communication et l'harmonisation entre les spécialistes de la modélisation du climat, des incidences des changements climatiques, des questions d'adaptation et du processus d'évaluation globale et qu'elles nécessiteront par conséquent un effort de grande ampleur de la part des milieux scientifiques et un soutien accru de la part des gouvernements et des organismes de financement.

Il faut en outre mentionner deux autres points évoqués lors de la réunion d'experts:

En premier lieu, la communauté scientifique a anticipé que, conformément à la pratique établie, le GIEC prendrait une décision en 2008 au sujet de l'échéancier et des différentes phases du processus d'élaboration d'un éventuel cinquième Rapport d'évaluation. Cela découle du fait qu'en l'absence d'une date assurée pour le parachèvement du cinquième Rapport d'évaluation, tous les principaux groupes de modélisation relevant du Groupe de travail I devraient activement poursuivre le développement de leurs modèles jusqu'à l'annonce d'un échéancier précis. Les particularités de ces améliorations peuvent influencer sur le type d'éléments d'information nécessaires, notamment pour ce qui concerne le couplage de la chimie de l'atmosphère et du cycle du carbone. En conséquence, l'allongement de cette période de perfectionnement des modèles augmente les chances de modifications substantielles qui nécessiteraient un réexamen détaillé des éléments d'information fondés sur des scénarios que doit fournir le Groupe de travail III. Collectivement, ces considérations chronologiques nécessitent une période d'au moins cinq à six ans pour le parachèvement du cinquième Rapport d'évaluation à compter de son annonce initiale. Cette recommandation a été formulée par le GIEC à sa vingt-huitième session, lorsque l'échéancier propre au cinquième Rapport d'évaluation a été défini, en même temps qu'étaient prises les deux décisions suivantes:

1) Le GIEC invite les milieux scientifiques chargés d'élaborer de nouveaux scénarios pour l'analyse des émissions, des changements climatiques, des incidences de ces changements et des stratégies de parade à se mobiliser avec détermination en vue de communiquer en temps voulu les résultats des scénarios conformément à l'échéancier figurant dans le rapport intitulé *Further work on scenarios (Poursuite des travaux sur les scénarios)*, présenté à la vingt-huitième session du GIEC (figure II.1, p. 19).

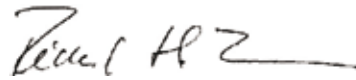
2) Le GIEC demande au Bureau de faciliter la prise en compte en temps voulu des produits de scénarios décrits dans le rapport intitulé *Further work on scenarios* dans le processus d'élaboration du cinquième Rapport d'évaluation, en particulier pour ce qui concerne les incidences, l'adaptation et la vulnérabilité.

En second lieu, la réunion d'experts et le processus ultérieur de rédaction du rapport ont contribué à resserrer les liens entre les chercheurs et différents groupes d'utilisateurs. Le Programme mondial de

recherche sur le climat et le CMEI sont prêts à jouer des rôles déterminants dans le plan envisagé, compte tenu de leurs rôles antérieurs dans les milieux chargés de la modélisation du climat et de l'évaluation globale. Toutefois, aucun arrangement institutionnel n'a encore été conclu pour favoriser la communication interdisciplinaire nécessaire – notamment dans le contexte de l'échéancier particulièrement serré qui a été retenu. De ce fait, malgré la bonne volonté et l'engagement des principaux intéressés, le succès constituera un défi majeur et n'est nullement assuré. Étant donné la contribution actuelle de l'Équipe spéciale pour les données et les scénarios servant à l'analyse du climat et de ses incidences (TGICA) à l'amélioration de la communication entre différentes disciplines, il se peut que le GIEC propose à cette équipe d'assurer le suivi régulier et de lui rendre compte des progrès des activités prévues.



Ismail Elgizouli



Richard H. Moss

Coprésidents du Comité directeur pour les nouveaux scénarios



Rajendra K. Pachauri


Président du GIEC

Remerciements

Nous voudrions exprimer notre gratitude à toutes celles et à tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce rapport. Nous tenons à remercier le Gouvernement néerlandais d'avoir apporté le soutien administratif et logistique nécessaire au Comité directeur et d'avoir aimablement accepté d'accueillir la réunion de Noordwijkerhout. L'Unité d'appui technique du Groupe de travail III a fourni une assistance inlassable en assurant l'organisation des téléconférences, des communications et de la réunion d'experts proprement dite. Enfin, nous tenons aussi à adresser nos plus vifs remerciements aux membres du Comité directeur pour les nouveaux scénarios et de l'équipe d'auteurs du présent rapport, qui ont fait preuve d'un dévouement exceptionnel et sans lesquels il n'y aurait eu ni réunion, ni rapport.



Ismail Elgizouli



Richard H. Moss

Coprésidents du Comité directeur pour les nouveaux scénarios

Table des matières

| | |
|---|----|
| Résumé technique | 1 |
| <i>I. Introduction</i> | 1 |
| <i>II. Élaboration des scénarios</i> | 6 |
| <i>III. Profils représentatifs d'évolution de concentration (RCP)</i> | 9 |
| <i>IV. Institutions et coordination</i> | 21 |
| <i>V. Élargissement de la contribution des pays en développement</i> | 23 |
| <i>VI. Principales références visant les RCP</i> | 25 |

Résumé technique

I. Introduction

Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) a toujours axé une bonne partie de ses travaux sur les scénarios décrivant les changements climatiques qui pourraient découler des activités humaines, sur les forces sous-jacentes et sur les possibilités d'intervention. Il coordonnait lui-même l'élaboration des scénarios sur lesquels reposaient ses évaluations. À sa vingt-cinquième session (Maurice, 26-28 avril 2006), le GIEC a estimé que cette tâche devait revenir aux milieux scientifiques et a décidé de s'employer, pour sa part, à stimuler la création de nouveaux scénarios pouvant conduire à publier un cinquième Rapport d'évaluation. Il convoquerait une réunion d'experts afin d'étudier les plans dressés par la communauté scientifique dans ce domaine et de choisir un ensemble de «scénarios d'émissions de référence» (ultérieurement dénommés «profils représentatifs d'évolution de concentration» pour les raisons exposées dans le paragraphe I.2). Ces profils devaient servir à entreprendre les simulations nécessaires pour établir des scénarios climatiques se prêtant à une vaste gamme de travaux de recherche et d'évaluation. Ils devaient également être «compatibles avec l'éventail complet des scénarios de stabilisation, d'atténuation et de référence décrits dans les textes scientifiques».¹

La réunion d'experts s'est déroulée du 19 au 21 septembre 2007 à Noordwijkerhout (Pays-Bas). Elle a attiré plus de 130 participants issus des secteurs utilisateurs et des secteurs de recherche contribuant à l'élaboration et à l'application de scénarios. Parmi les premiers figuraient des membres de gouvernements souvent associés aux travaux de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) et des représentants d'organisations internationales, d'institutions multilatérales de financement et d'organisations non gouvernementales. Le monde de la recherche réunissait les spécialistes des modèles d'évaluation intégrée (MEI), les analystes des incidences, de l'adaptation et de la vulnérabilité (IAV) et les experts des modèles climatiques (MC). Une aussi large participation a permis aux divers segments scientifiques de faire connaître leurs besoins respectifs et de planifier de concert les tâches à venir.

Le présent résumé technique expose la démarche parallèle qui sera suivie pour élaborer de nouveaux scénarios et donne un aperçu des profils représentatifs d'évolution de concentration qui ont été analysés et affinés pendant la réunion d'experts. Il récapitule les recommandations formulées dans le but d'étayer le processus en améliorant les mécanismes institutionnels et en élargissant la participation des experts et des utilisateurs des pays en développement et des pays à économie en transition. On trouvera plus de renseignements à ce sujet dans la version intégrale du rapport de la réunion.

¹ L'encadré I.1 du rapport intégral de la réunion d'experts donne des précisions sur la décision qui a été prise par le GIEC à sa vingt-sixième session (Bangkok, Thaïlande, 30 avril-4 mai 2007) sur la suite à donner à ces travaux.

1.1 Caractéristiques des scénarios et besoins des utilisateurs

Au cours des réunions antérieures du GIEC consacrées aux scénarios² et pendant la préparation de cette réunion d'experts, divers utilisateurs ont précisé leurs attentes quant aux scénarios portant sur les conditions socioéconomiques et climatiques, et sur d'autres conditions liées à l'environnement. On peut les répartir en deux grands groupes: les utilisateurs finals, c'est-à-dire les décideurs qui s'appuient sur les indications issues des scénarios pour prendre des décisions, et les utilisateurs intermédiaires, c'est-à-dire les chercheurs qui intègrent dans leurs travaux les scénarios émanant d'un autre segment du monde scientifique.

Il a été décidé que deux types de scénarios mondiaux seraient créés dans le cadre de la nouvelle démarche, compte tenu des intérêts et des besoins formulés par les utilisateurs:

- Les scénarios à courte échéance, qui vont jusqu'en 2035 environ;
- Les scénarios à longue échéance, qui s'étendent jusqu'en 2100 et, de manière plus schématique, jusqu'en 2300.

Il est important d'établir une distinction de ce genre car la nature des décisions à prendre, les réponses du système climatique et les capacités de projection des modèles évoluent au fil du temps.

Les scénarios à courte échéance doivent surtout servir à comprendre l'effet des émissions sur la qualité de l'air, à donner des précisions sur les tendances et les phénomènes extrêmes et à fournir des produits de grande résolution aux analystes des incidences, de l'adaptation et de la vulnérabilité. Les études portant sur l'adaptation et l'atténuation à court terme peuvent être réalisées à des échelles de temps qui concordent avec les calendriers classiques de planification, cerner les facteurs favorables et défavorables compte tenu de l'inertie propre aux technologies et aux institutions et favoriser grandement l'intégration des questions climatiques dans d'autres sphères de la gestion et de la formulation des politiques. Les questions de fond à ces échéances sont la détermination des risques immédiats, la création des capacités d'adaptation, la réduction de la vulnérabilité, l'investissement dans la lutte contre l'évolution du climat et dans les technologies à faible émission, la conservation de l'énergie, la protection ou le renforcement des puits de carbone. Cette nouvelle activité pour les modélisateurs du climat doit être explorée plus avant. L'initialisation des modèles revêt beaucoup plus d'importance pour les analyses à court terme qu'à long terme. On espère que l'utilisation de conditions initiales qui correspondent à la phase actuelle de variabilité naturelle du climat réduira la dispersion des ensembles de simulations visant les dix à vingt prochaines années. Les recherches sur les scénarios à courte échéance présentant une haute résolution (0,5 à 1°) en sont encore au stade expérimental.

À un horizon plus éloigné, on s'attache à préciser les objectifs qui permettraient d'éviter certains impacts des changements climatiques, à mieux saisir les risques de profondes modifications géophysiques et biogéochimiques et de vastes effets de rétroaction, ainsi qu'à adopter des stratégies d'adaptation, d'atténuation et de développement efficaces en dépit des incertitudes qui persistent. Il est possible

² Il a été question de nouveaux scénarios au cours de plusieurs sessions du GIEC et lors des ateliers tenus à Washington, États-Unis d'Amérique (janvier 2005), à Laxenbourg, Autriche (juillet 2005) et à Séville, Espagne (mars 2006). Pour en savoir plus sur ces rencontres et sur les recommandations et décisions qui en sont issues, voir:

<http://www.ipcc.ch/pdf/supporting-material/expert-meeting-2005-01.pdf> (Washington);

http://www.mnp.nl/ipcc/pages_media/meeting_report_workshop_new_emission_scenarios.pdf (Laxenbourg);

<http://www.ipcc.ch/meetings/session25/doc11.pdf> (Séville).

d'estimer la probabilité que certains seuils soient franchis, tant du point de vue des transformations physiques que des impacts sur les systèmes biologiques et humains, si l'on dispose de scénarios différents quant au rythme et à l'ampleur de l'évolution du climat.

Les responsables de l'élaboration des politiques qui étaient présents à la réunion d'experts ont manifesté un vif intérêt pour des profils très bas de forçage radiatif (par exemple, pic de 3 W/m² atteint avant 2100, suivi d'un déclin). Il est manifeste que l'on s'oriente vers des objectifs toujours plus rigoureux de réduction des émissions et que les décideurs auront besoin d'informations concernant les effets de ces mesures sur l'évolution du climat, les incidences inévitables, même dans le cas de profils bas, et les modes de développement économique et technologique qui permettront d'atteindre ces objectifs. Il a été longuement question lors de la réunion des profils représentatifs d'évolution de concentration qui pourraient répondre à cette attente, étant entendu que ces derniers devaient être extraits de textes scientifiques, dont le nombre reste limité.

Les utilisateurs souhaitaient aussi que l'on élabore des scénarios socioéconomiques à l'échelle régionale ou nationale qui concordent avec les perspectives mondiales mais tiennent compte également des particularités locales. Cela semble d'autant plus opportun aujourd'hui que les efforts se portent davantage sur l'application de mesures régionales et nationales d'adaptation et d'atténuation et sur l'intégration de telles mesures dans la gestion des risques de nature climatique. Les experts se sont penchés sur cette question au sein de groupes constitués dans ce but pendant la réunion et leurs premières recommandations figurent dans la version intégrale du rapport.

1.2 Démarche parallèle d'élaboration des scénarios

La mise au point des scénarios se faisait jusqu'à présent de manière séquentielle et linéaire, en définissant tout d'abord les conditions socioéconomiques et les niveaux d'émissions puis en établissant les projections climatiques à partir de ceux-ci. La démarche parallèle décrite dans ces pages devrait améliorer l'intégration, la cohérence et la prise en considération des rétroactions, et laisser plus de temps pour évaluer les impacts et les réponses. Les chercheurs l'ont élaborée lors d'une série de réunions et d'ateliers³ mais, comme tout plan de recherche qui s'étend sur plusieurs années, elle pourrait être revue au besoin.

La démarche parallèle débute par la détermination des profils représentatifs d'évolution de concentration à utiliser, afin que les modélisateurs du climat puissent produire de nouvelles projections des changements climatiques, tandis que d'autres tâches sont accomplies par les spécialistes de l'évaluation intégrée et les analystes des incidences, de l'adaptation et de la vulnérabilité (figure 1b)). Les profils permettront d'élaborer des scénarios qui analysent et précisent les caractéristiques des changements climatiques, sans que cela n'entrave le travail des spécialistes de l'évaluation intégrée. Ces derniers, dans la partie qui leur revient, élaboreront simultanément un éventail de nouveaux scénarios des conditions socioéconomiques et des émissions. Ils seront libres d'établir des scénarios qui explorent toutes les possibilités. Ils étudieront diverses évolutions technologiques, socioéconomiques

³ Il s'agit notamment de l'université d'été organisée par Aspen Global Change Institute en juillet 2006, de la réunion conjointe, tenue en septembre 2006, du Groupe de travail des modèles couplés (Programme mondial de recherche sur le climat) et du projet-cadre sur l'analyse, l'intégration et la modélisation du système terrestre (Programme international géosphère-biosphère), de l'atelier d'été organisé sous les auspices d'Energy Modeling Forum à Snowmass, Colorado, en juillet 2007, et de la réunion du Groupe de travail des modèles couplés qui a eu lieu à Hambourg, Allemagne, du 3 au 5 septembre 2007.

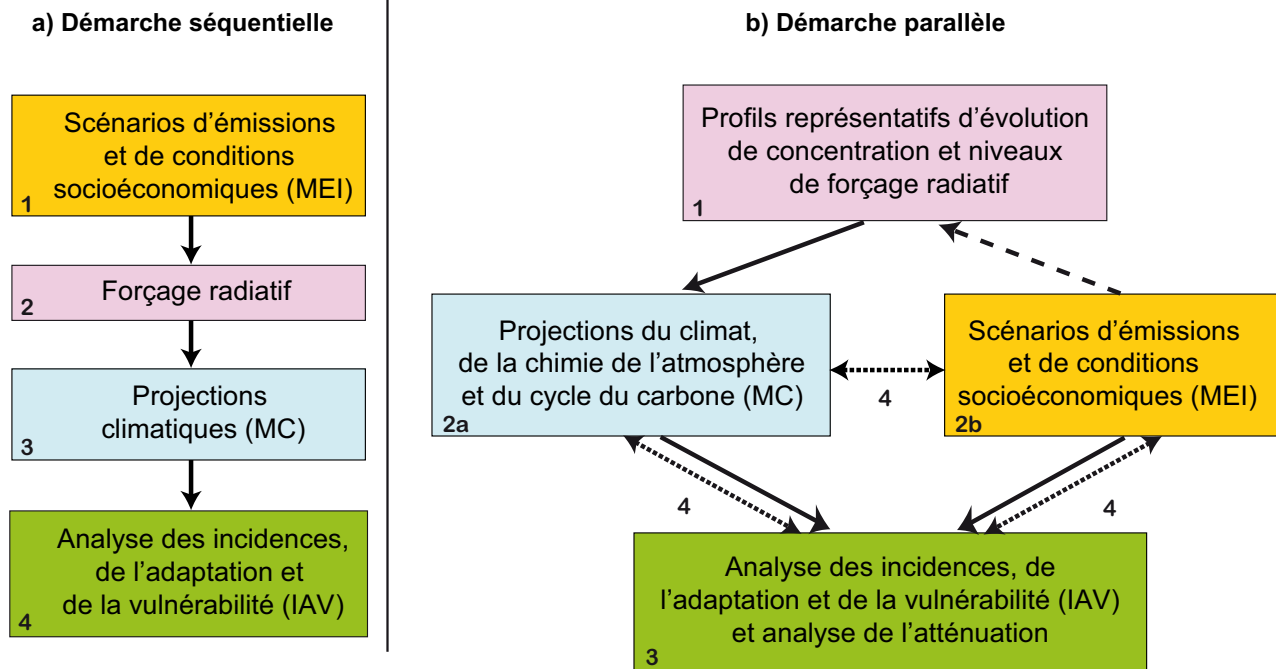


Figure 1. Élaboration des scénarios mondiaux: a) démarche *séquentielle* antérieure et b) démarche *parallèle* envisagée. Les chiffres précisent l'étape de l'analyse (2a) et 2b) se font simultanément). Les flèches montrent le flux de l'information (trait plein), le choix des profils (tiretés) et l'intégration des informations et rétroactions (points).

et politiques, y compris des scénarios de référence (sans mesures directes visant le climat) et des scénarios d'intervention. Cette manière de faire semble prometteuse et paraît correspondre aux attentes des décideurs qui doivent déterminer les voies à emprunter pour atteindre divers niveaux de stabilisation.

La démarche parallèle constitue un progrès par rapport à la démarche séquentielle. Elle permettra de réduire le nombre des longues et coûteuses simulations effectuées par les modélisateurs du climat, car il ne sera plus nécessaire de recommencer chaque fois qu'une modification est apportée aux scénarios d'émissions. Le recours à des profils représentatifs d'évolution de concentration dissocie en partie la climatologie des projections socioéconomiques, puisqu'une trajectoire de concentration peut être obtenue à partir de différentes projections et sorties de modèles d'évaluation intégrée. Il fallait auparavant procéder à de nouvelles simulations après toute modification des scénarios socioéconomiques, même si les variations résultantes dans le climat projeté étaient rarement significatives (c'est-à-dire perceptibles). À l'avenir, les modèles climatiques pourront fonctionner avec les mêmes profils, ce qui permettra aux experts d'isoler les effets des changements apportés aux modèles eux-mêmes. Il sera possible, avec les nouveaux scénarios de forçage, de modifier l'échelle des simulations climatiques, en recourant à des modèles plus simples qui auront été étalonnés pour donner des résultats comparables aux modèles climatiques complets en trois dimensions. Les modèles n'auront pas à être relancés avec chaque nouveau scénario. Le temps de calcul gagné pourra servir à produire de plus grands ensembles offrant une meilleure résolution, qui affineront sans doute les simulations des changements régionaux et des phénomènes extrêmes et représenteront plus justement les incertitudes ou les probabilités. Bien entendu, tout changement d'échelle introduit une approximation dans les résultats, meilleure pour

certaines variables que pour d'autres. Ce n'est pas le cas lorsqu'on utilise un modèle ultraperfectionné, mais c'est le prix à payer pour que la configuration et le passage des modèles soient plus rapides et moins coûteux.

1.3 Explication des termes employés et utilisation des profils représentatifs d'évolution de concentration dans le cadre de la démarche parallèle

On a forgé l'expression «profils représentatifs d'évolution de concentration» (RCP) pour plusieurs raisons liées à leur utilisation. Les termes *profil d'évolution* soulignent que le but premier est de fournir des projections des concentrations atmosphériques des gaz à effet de serre (GES) en fonction du temps. Ils rappellent également que l'on ne s'intéresse pas seulement à un niveau particulier de concentration ou de forçage radiatif à longue échéance, par exemple le niveau de stabilisation, mais aussi à la trajectoire suivie pour parvenir à ce résultat. Les RCP sont *représentatifs* dans la mesure où ils font partie d'un ensemble de scénarios distincts qui présentent des caractéristiques d'émissions et de forçage radiatif similaires. Le qualificatif *de référence* qui apparaît dans la décision du GIEC semblait moins indiqué car il suggère qu'un scénario jouit d'un statut particulier par rapport à ceux que l'on trouve dans les textes scientifiques, au lieu de représenter simplement ces derniers. Il s'agit d'un point primordial car, comme cela est expliqué en détail dans la section II du présent résumé et de la version intégrale du rapport, la détermination et l'utilisation des RCP pour modéliser le climat ne sont que la première étape de la démarche parallèle que doivent coordonner les milieux scientifiques. Conformément à la décision prise par le GIEC de stimuler la création de nouveaux scénarios, les RCP visent simplement à accélérer la préparation de scénarios intégrés, afin que la modélisation de la réponse du climat aux activités humaines puisse progresser parallèlement à la définition de scénarios d'émissions et autres destinés à évaluer les incidences, l'adaptation, la vulnérabilité et l'atténuation.

1.4 Produits escomptés

Soucieuse de répondre aux attentes des utilisateurs intermédiaires et finals, la communauté scientifique pense élaborer cinq grandes catégories de produits qui pourraient conduire à publier un cinquième Rapport d'évaluation:

1. *Profils représentatifs d'évolution de concentration.* Quatre RCP seront produits à partir de scénarios MEI publiés: un profil haut, dans lequel le forçage radiatif excède $8,5 \text{ W/m}^2$ en 2100 et continue de croître pendant un certain temps encore, deux «profils de stabilisation» intermédiaires, où le forçage radiatif se stabilise à 6 W/m^2 et $4,5 \text{ W/m}^2$ environ après 2100, et un profil dans lequel le forçage radiatif atteint un pic de 3 W/m^2 avant 2100 puis décroît. Ces scénarios incluent l'évolution temporelle des émissions et des concentrations de la série complète des GES et aérosols, des gaz chimiquement actifs, de l'utilisation des terres et de la couverture terrestre (voir le tableau A1.1 de la version intégrale du rapport). Cette tâche devrait être achevée en septembre 2008.
2. *Ensembles de projections issues des modèles climatiques utilisant les RCP et résultats du changement d'échelle des configurations.* Plusieurs modèles climatiques (modèles de la circulation générale couplés atmosphère-océan (MCGAO), modèles du système terrestre (MST), modèles du système terrestre de complexité intermédiaire et modèles climatiques

régionaux établiront des ensembles de projections aux points de grille en fonction du temps pour les quatre RCP à longue échéance, ainsi que des projections allant jusqu'en 2035 pour le RCP de stabilisation à 4,5 W/m² uniquement. La résolution des scénarios à longue échéance devrait être de 2° environ, celle des scénarios à courte échéance pourrait être plus fine (entre 0,5 et 1°). Il sera possible d'augmenter ou de réduire l'échelle des projections selon le rapport entre la température moyenne du globe simulée pour le RCP en question et l'évolution de la température définie par des modèles climatiques simples avec différents scénarios. Cette tâche devrait être achevée à l'automne 2010.

3. *Nouveaux scénarios MEI.* Les spécialistes des modèles d'évaluation intégrée élaboreront, en consultation avec les analystes des incidences, de l'adaptation et de la vulnérabilité, des scénarios qui explorent un large éventail d'aspects du forçage anthropique du climat. Ces scénarios seront combinés avec les sorties des projections climatiques d'ensemble (produit 5) mises à l'échelle, dans le but de produire les éléments suivants: diverses forces socioéconomiques, différents modes de développement technologique, des applications éventuelles des recherches sur le système terrestre, des scénarios de stabilisation alternatifs (y compris les scénarios classiques «inférieur ou égal», les scénarios de dépassement et les représentations des mesures et politiques d'atténuation propres à chaque région), ainsi que les tendances et les politiques socioéconomiques à l'échelle locale et régionale. Cette tâche devrait être achevée au cours du troisième trimestre 2010.
4. *Canevas narratifs à l'échelle du globe.* Il s'agit de descriptions précises accompagnant les quatre RCP produits pendant la phase préparatoire et les scénarios définis par les spécialistes de l'évaluation intégrée et les analystes des incidences, de l'adaptation et de la vulnérabilité (produit 3). Ces canevas donneront aux analystes et aux chercheurs des indications concernant le globe et de vastes régions du monde. De nouveaux canevas seront également élaborés pour les futurs scénarios de référence (produit 3). Cette tâche pourrait se prolonger jusqu'à la phase d'intégration. Elle sera réalisée conjointement par les chercheurs MEI et IAV et devrait être achevée au cours du troisième trimestre 2010.
5. *Scénarios intégrés.* Les ensembles issus des modèles climatiques utilisant les RCP et les résultats du changement d'échelle des configurations (produit 2) seront combinés avec les ensembles de scénarios MEI (produit 3). Ces scénarios permettront de réaliser de nouvelles évaluations des incidences, de l'adaptation et de la vulnérabilité. En outre, les spécialistes MEI commenceront à amalgamer les résultats, modèles et rétroactions IAV de manière à synthétiser l'ensemble des résultats relatifs aux valeurs de référence, aux changements climatiques et aux modèles d'évaluation intégrée. Cette tâche devrait être achevée au printemps 2012.

La figure 2 présente le calendrier approximatif établi pour l'élaboration des cinq produits concernés.

II. Élaboration des scénarios

Les scénarios seront mis au point selon une nouvelle démarche qui comprend trois phases: une phase préparatoire et deux grandes phases d'élaboration, la première conjuguant en parallèle la modélisation et l'établissement des scénarios, la deuxième portant sur l'intégration, la diffusion et l'application.

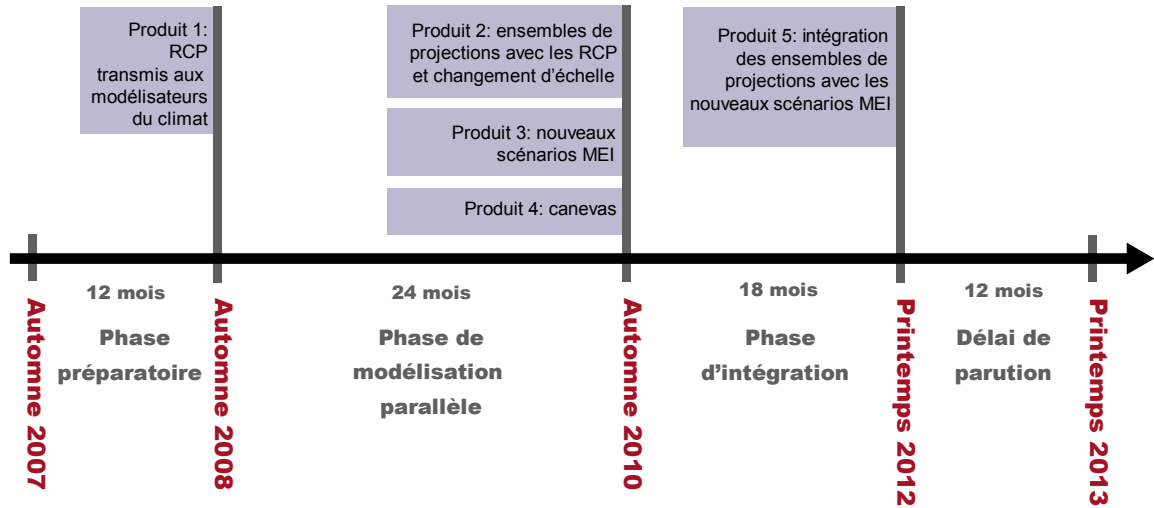


Figure 2. Calendrier d'élaboration des principaux scénarios

II.1 Phase préparatoire

Au cours de cette phase, les spécialistes des modèles d'évaluation intégrée produiront quatre RCP qui procureront aux modélisateurs du climat les données dont ils ont besoin. Il s'agira des scénarios «de référence» demandés par le GIEC à la communauté scientifique. Les RCP ne seront pas le point de convergence de toutes les recherches ultérieures. Ils constitueront plutôt un fil conducteur pour les milieux scientifiques et faciliteront l'analyse et la détermination des incertitudes relatives au climat, aux conditions socioéconomiques, aux émissions, à la vulnérabilité et aux impacts.

Les spécialistes de l'évaluation intégrée travailleront de concert avec les modélisateurs du climat afin que les RCP correspondent bien aux attentes de ces derniers. L'élaboration des RCP présente un certain nombre de difficultés que l'on s'emploie actuellement à résoudre. Le jeu de données qui accompagnera chaque profil devra faire l'objet d'une réduction d'échelle spatiale pour les espèces à courte durée de vie, les aérosols, les émissions gazeuses, l'utilisation des terres et la couverture terrestre. Prolonger les RCP jusqu'en 2300 n'est pas non plus chose facile, car la plupart des résultats des modèles d'évaluation intégrée qui ont été publiés s'arrêtent en 2100. Étant donné les grandes incertitudes qui règnent à un horizon si lointain sur le plan socioéconomique, on envisage plusieurs façons de fournir schématiquement les données sur les émissions et les concentrations aux modélisateurs du climat. Les méthodes qui auront été retenues à l'issue de ces délibérations pourront faire l'objet de commentaires. Conjointement avec les modélisateurs du climat et les analystes des incidences, de l'adaptation et de la vulnérabilité, les spécialistes de l'évaluation intégrée devront entreprendre sans tarder une autre tâche importante, à savoir la définition des règles de transmission des données. Ils fourniront aux modélisateurs du climat les données nécessaires, qui seront soumises à un examen minutieux et à une contre-vérification de la part des deux segments de recherche. L'ensemble des données relatives aux RCP pourront être consultées et utilisées par toute personne intéressée. Un Consortium de spécialistes des modèles d'évaluation intégrée (CMEI) a été constitué⁴ afin de faciliter la coordination des travaux entre les équipes participantes, ainsi qu'avec les autres milieux de recherche sur l'évolution du climat.

⁴ Créé en novembre 2006, le CMEI comprend aujourd'hui 37 groupes. On trouvera plus de détails dans la section IV du rapport.

II.2 Phase de modélisation parallèle

Comme on le voit dans la figure 1, cette phase a été créée dans le but d'accélérer l'élaboration des scénarios. Elle combine les tâches qui se faisaient auparavant les unes après les autres et prenaient beaucoup plus de temps. L'ancienne démarche séquentielle et la nouvelle démarche parallèle présentent toutes deux des avantages et des inconvénients qui sont analysés dans la version intégrale du rapport.

Au cours de la phase de modélisation, les chercheurs exécuteront de manière indépendante et simultanée les nombreuses opérations nécessaires pour déterminer avec minutie et cohérence les caractéristiques de l'évolution du climat dans ses multiples aspects. Trois catégories d'activités seront menées à bien. Les modélisateurs du climat utiliseront les RCP et les données sur les émissions pour élaborer des scénarios relatifs aux changements dans l'atmosphère, le climat et les conditions associées (acidité des océans, élévation du niveau de la mer, etc.) aux deux échelles de temps considérées, soit à courte échéance (jusqu'en 2035) et à longue échéance (jusqu'en 2300). Cette étape se conclura par des analyses de changement d'échelle des configurations destinées à mieux définir l'espace climatique. Pour leur part, les spécialistes de l'évaluation intégrée commenceront à constituer une bibliothèque de scénarios qui réanalyseront les options relatives aux valeurs de référence, à la stabilisation, aux technologies et aux politiques. Enfin, ils établiront de concert avec les analystes des incidences, de l'adaptation et de la vulnérabilité des canevas narratifs à l'échelle mondiale et régionale, des méthodes de réduction d'échelle et des modèles d'incidence par région ou secteur que les chercheurs pourront employer avec les nouveaux scénarios, y compris les RCP.

II.3 Phase d'intégration et délai de parution

Au cours de cette phase, on assimilera deux produits de la phase parallèle, soit les scénarios climatiques d'ensemble (produit 2) et les scénarios d'émissions et de conditions socioéconomiques (produits 3 et 4), pour réaliser de nouvelles études des incidences, de l'adaptation et de la vulnérabilité. On procédera également à une interpolation et à un changement d'échelle des configurations afin que les résultats issus des modèles climatiques puissent être jumelés aux nouveaux scénarios socioéconomiques. Les résultats seront sans doute rassemblés dans des archives afin de simplifier la synthèse et la comparaison. Toujours au cours de cette phase, les spécialistes de l'évaluation intégrée commenceront à incorporer directement dans leurs modèles les outils de recherche sur les incidences, l'adaptation et la vulnérabilité. Le but est de représenter de manière intrinsèquement cohérente les activités humaines dans un contexte où le climat, les océans et les écosystèmes évoluent. De même, les modélisateurs du climat combineront le fruit des recherches des deux autres segments dans une nouvelle génération de modèles du système terrestre qui présenteront de manière plus réaliste les effets des facteurs humains sur les systèmes physiques et biogéochimiques. L'intégration (dans les MEI et les MST) des résultats de l'analyse des incidences, de l'adaptation et de la vulnérabilité devrait permettre d'amorcer de nouvelles recherches sur les processus de rétroaction.

Un délai survient inévitablement entre le moment où se terminent les recherches et celui où paraissent les résultats. Des documents seront publiés au fil des ans, conduisant éventuellement à un cinquième Rapport d'évaluation, mais il faut prévoir un certain temps pour intégrer les produits de la recherche qui ne seront disponibles que dans la dernière partie de la démarche. On parle généralement d'une année, ce dont il convient de tenir compte dans la planification.

La figure 3 présente les liens qui seront établis entre les segments de recherche pendant les trois phases d'élaboration des scénarios.

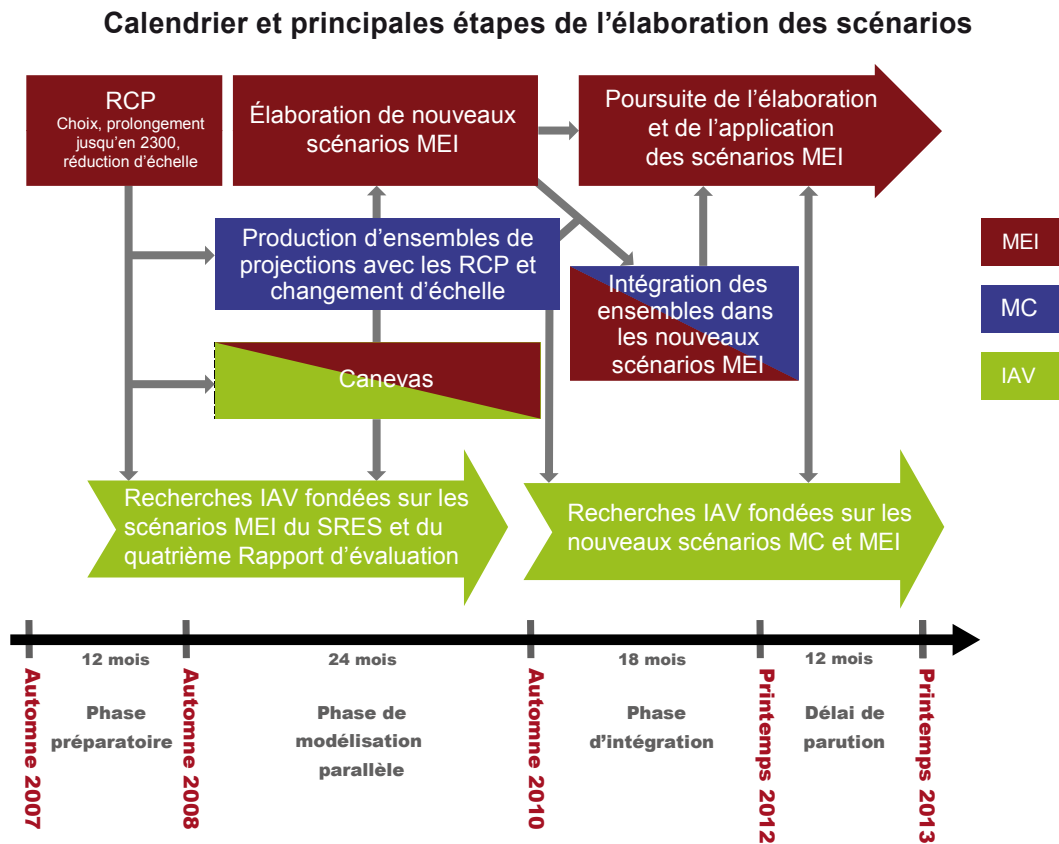


Figure 3. Principales activités conduites par les chercheurs IAV, MEI et MC et liens entre elles. La durée des différentes étapes n'est pas précisément arrêtée mais les échéances proches (par exemple, automne 2008 pour la production des RCP) seront sans doute respectées.

III. Profils représentatifs d'évolution de concentration (RCP)

La détermination précoce d'un ensemble de profils représentatifs d'évolution de concentration facilitera la coordination des activités qui doivent aboutir à la production de scénarios intégrés du climat, des émissions et des conditions socioéconomiques. En commençant par le choix des RCP, un grand nombre de textes pourront être publiés rapidement sur les nouveaux scénarios, puisque la modélisation des réponses du système climatique aux activités humaines pourra se faire parallèlement à la mise au point des scénarios d'émissions (voir la figure 2).

Le GIEC a demandé que les RCP soient compatibles avec l'éventail complet des scénarios de stabilisation, d'atténuation et de référence décrits dans les textes scientifiques. Ils devaient également renfermer des informations sur divers facteurs, outre les concentrations et les émissions de GES à longue durée de vie, notamment sur les émissions d'autres gaz et aérosols radiatifs (et leurs précurseurs), l'utilisation des terres et les conditions socioéconomiques (une description complète en est donnée dans l'appendice 1 de la version intégrale du rapport). Les informations devaient être suffisantes pour répondre aux besoins des utilisateurs et, en particulier, fournir les données nécessaires pour la modélisation du climat. En

vue d'intégrer les effets de tous les GES et aérosols rejetés dans l'atmosphère, les RCP ont été choisis en considérant surtout les niveaux d'émissions, les concentrations résultantes et le forçage radiatif net. Chacun d'eux proviendra d'un modèle d'évaluation intégré différent et comprendra la trajectoire des concentrations et les profils correspondants des émissions et de l'utilisation des terres.

III.1 Applications et limites

Les RCP et les résultats des modèles associés serviront en premier lieu à :

- *Alimenter les modèles climatiques.* Comme on l'a vu dans la section II, les RCP doivent avant tout faciliter l'élaboration de scénarios intégrés en fournissant les données sur les émissions, les concentrations, l'utilisation des terres et la couverture terrestre dont ont besoin les modèles climatiques. Les résultats de ces simulations serviront à réétalonner les éléments du système climatique dans les MEI, à enrichir l'analyse des incidences, de l'adaptation et de la vulnérabilité et à intégrer les rétroactions provoquées par les impacts climatiques dans les facteurs socioéconomiques au cours des phases ultérieures d'élaboration des scénarios.
- *Faciliter le changement d'échelle des projections issues des modèles climatiques.* Les projections de l'évolution du climat reposant sur les RCP porteront sur une large gamme d'éléments. Ces résultats, ainsi que les passages de contrôle effectués sans forçage radiatif anthropique, permettront de déterminer s'il est possible de changer d'échelle pour obtenir des données à des niveaux de forçage intermédiaires sans repasser les modèles climatiques (voir le paragraphe II.4 de la version intégrale du rapport). Il est important pour cela d'analyser la non-linéarité de la réponse du climat à différents niveaux et rythmes de forçage (y compris les profils de pic et de déclin) au moyen de simulations comparables réalisées avec plusieurs RCP.
- *Analyser les conditions socioéconomiques compatibles avec un profil donné de concentration.* On ne sait toujours pas quelle gamme de conditions socioéconomiques pourrait concorder avec une trajectoire donnée du forçage, notamment le niveau maximal, l'évolution dans le temps et la configuration spatiale. Les quatre RCP faciliteront l'analyse des divers modes de développement qui seraient compatibles avec chacun d'eux.
- *Étudier l'incidence sur le climat de diverses configurations spatiales du forçage.* Une configuration spatiale particulière du forçage sera associée à chaque RCP, du fait de différences dans la distribution des émissions et dans l'utilisation des terres. Cela permettra d'orienter les recherches sur l'éventail des configurations spatiales du forçage qui pourraient coïncider avec une évolution donnée du climat, question non résolue à l'heure actuelle.

Les RCP présentent certaines limites qu'il convient de garder à l'esprit pour éviter toute utilisation impropre :

- *Les RCP ne sont pas des prévisions et ne déterminent pas des bornes absolues.* Ils sont représentatifs de plusieurs scénarios plausibles mais ne prédisent pas les conditions futures. Aucun d'entre eux ne doit être vu comme la « valeur la plus probable » ou la projection la plus plausible ou la plus vraisemblable.
- *Les RCP ne visent pas à recommander des politiques.* Ils doivent aider la communauté scientifique à étudier diverses conditions climatiques futures et leur incidence sur le plan de l'adaptation et de l'atténuation, sans jugement quant à l'opportunité de telles mesures.
- *Les scénarios socioéconomiques sous-jacents ne sont pas uniques.* Chaque RCP repose sur un scénario publié qui inclut un mode de développement socioéconomique. Ce dernier n'est toutefois que l'une des multiples possibilités qui seraient compatibles avec le profil de concentration.

- *Les scénarios socioéconomiques sous-jacents ne constituent pas un ensemble doté de sa propre logique interne.* Les bases socioéconomiques de chacun des RCP présentent une logique interne, mais les quatre RCP en tant que groupe ont été choisis parce que les résultats sur le plan des concentrations et du forçage sont compatibles avec l'ensemble des scénarios d'émissions publiés. Il n'y a donc pas de cohérence ou de logique fondamentale dans les hypothèses socioéconomiques ou les canevas associés au jeu de RCP. Le scénario socioéconomique qui sous-tend un RCP ne peut être utilisé avec celui d'un autre RCP et ne peut remplacer sans restrictions les hypothèses propres aux autres RCP. En outre, les scénarios socioéconomiques ne visent pas à englober toutes les hypothèses plausibles relativement à un paramètre donné (population, croissance du produit intérieur brut, rythme d'évolution technologique, utilisation des terres, etc.).
- *La traduction des profils d'émissions en concentrations et en niveaux de forçage radiatif comporte des incertitudes.* C'est surtout vrai dans le cas du cycle du carbone et de la chimie de l'atmosphère. Chaque RCP représente une série possible d'hypothèses. La mise au point de techniques et d'outils visant à traduire les émissions en concentrations et la réalisation d'analyses d'incertitude seront coordonnées dans les phases ultérieures par les experts des modèles climatiques et par le CMEI. Les travaux prévus à cet égard sont exposés dans la section II de la version intégrale du rapport.

Les paragraphes qui suivent traitent de la manière dont les RCP ont été choisis dans les publications scientifiques.

III.2 Caractéristiques recherchées

Les préférences des utilisateurs intermédiaires et finals, quant aux caractéristiques générales que devaient présenter les RCP, sont récapitulées ci-après; elles concernent l'étendue, le nombre, la séparation et la forme, la robustesse, l'exhaustivité et la résolution à courte échéance.

- *Étendue:* dans le souci de répondre aux besoins des utilisateurs, le GIEC a demandé que les RCP soient compatibles avec l'éventail complet des scénarios de stabilisation, d'atténuation et de référence décrits dans les textes scientifiques. En outre, les chercheurs et les utilisateurs ont clairement indiqué qu'ils souhaitaient disposer d'un ensemble de profils de concentration et de forçage radiatif qui s'étende d'une valeur haute à une valeur basse, dans le but de faciliter les recherches et d'obtenir des indications sur les conditions futures entre ces deux extrêmes et sur les incertitudes inhérentes aux profils eux-mêmes. Les profils de forçage radiatif les plus bas décrits dans les ouvrages scientifiques culminent avant de décroître. Les participants à la réunion d'experts ont dit s'intéresser au pic atteint et à la courbe de déclin propres à ces profils, ainsi qu'aux bas niveaux de forçage radiatif.
- *Nombre:* les chercheurs et les utilisateurs ont décidé que quatre RCP devaient être produits, étant entendu que tous les groupes chargés de la modélisation du climat ne procéderaient pas forcément aux simulations avec chacun d'eux. Ce chiffre a été jugé intéressant à plusieurs égards: il s'agit d'un nombre pair (ce qui contrecarre la tendance naturelle à choisir le cas intermédiaire, vu comme l'estimation la plus probable), supérieur à deux (ce qui permet d'étudier des profils intermédiaires) et limité (ce qui tient compte des contraintes imposées par le coût des simulations).
- *Séparation et forme:* il est beaucoup plus facile d'interpréter les résultats des MCGAO quand le signal des changements climatiques ressort nettement du bruit de fond dû à la variabilité naturelle du climat. Les profils de forçage radiatif doivent être nettement séparés à la fin du

XXI^e siècle ou présenter des formes particulières pour que les modèles puissent distinguer de manière statistiquement significative les valeurs liées à l'évolution du climat. Des résultats nets faciliteront les recherches qui tentent d'associer les impacts à diverses gammes de changements climatiques et aideront à évaluer les coûts et les avantages des mesures destinées à éviter certaines répercussions.

- *Robustesse*: il importe que les RCP et les scénarios sur lesquels ils s'appuient soient jugés robustes par les milieux scientifiques, vu l'ampleur des ressources que nécessite le passage des modèles climatiques. La robustesse signifie ici qu'un scénario est solide d'un point de vue technique, c'est-à-dire qu'il utilise des hypothèses, une logique et des calculs fondés et que le niveau de forçage radiatif dans le temps pourrait être reproduit de manière indépendante par des modèles représentant d'autres séries d'hypothèses,⁵ avec des scénarios techniquement éprouvés. De manière générale, les articles validés par les milieux scientifiques sont implicitement considérés comme techniquement solides.⁶
- *Exhaustivité*: l'évolution anthropique du climat est due à plusieurs facteurs qui concourent au forçage radiatif. Tous doivent être modélisés dans les RCP afin d'assurer une cohérence interne. Ces facteurs comprennent l'ensemble des GES, les aérosols, les gaz chimiquement actifs et les paramètres d'utilisation des terres. Les modélisateurs du climat auront besoin des valeurs aux points de grille des émissions d'aérosols, de gaz chimiquement actifs et de méthane, ainsi que de données sur l'utilisation des terres et la couverture terrestre.
- *Résolution à courte échéance*: l'un des RCP servira à établir des projections de l'évolution du climat présentant une grande résolution spatiale (par exemple, 0,5° en latitude x longitude) pendant les 30 premières années (jusqu'en 2035). Le fait d'utiliser un RCP, plutôt qu'un scénario différent, assurera une continuité à court et à long terme.

III.3 Scénarios publiés et types de RCP

Dans le quatrième Rapport d'évaluation du GIEC, le Groupe de travail III a étudié les documents sur les scénarios de référence et de stabilisation qui ont été publiés depuis le Rapport spécial sur les scénarios d'émissions (SRES) et le troisième Rapport d'évaluation. Plus de 300 scénarios ont été répertoriés, dont 147 scénarios de référence et 177 scénarios de stabilisation. L'inclusion, dans de nombreux modèles d'évaluation intégrée, d'autres GES que le dioxyde de carbone (CO₂) constitue une avancée majeure depuis le troisième Rapport d'évaluation. Cet élargissement permet d'évaluer les stratégies d'atténuation qui visent plusieurs gaz. La moitié environ des scénarios étudiés dans le quatrième Rapport d'évaluation concernent plusieurs gaz (71 pour les valeurs de référence et 76 pour la stabilisation). En dépit de ce progrès, peu de modèles d'évaluation intégrée tiennent parfaitement compte des principaux éléments qui interviennent dans le forçage radiatif. Aux fins du présent rapport, les trajectoires de forçage radiatif de plus de 30 scénarios complets ont été rassemblées afin d'identifier des RCP potentiels.⁷ La partie

⁵ Les hypothèses peuvent varier d'un modèle à l'autre en ce qui concerne, par exemple, les conditions socioéconomiques, la technologie, la structure de l'économie, la chimie de l'atmosphère, la modélisation du climat et le cycle du carbone.

⁶ La robustesse peut désigner des propriétés différentes, dans l'usage courant comme dans les ouvrages scientifiques. Un RCP est dit robuste s'il est fondé, c'est-à-dire solide ou éprouvé. Les critères employés pour déterminer si un scénario est fondé sont la solidité technique et la reproductibilité. Ce terme peut aussi qualifier les politiques qui donnent de bons résultats relativement à diverses hypothèses. La robustesse désigne alors le caractère relativement invariant dans une large gamme de conditions.

⁷ Les modèles d'évaluation intégrée de cette classe fournissent des projections cohérentes du forçage radiatif et de ses principales composantes – émissions et concentrations de la série complète des GES et d'autres gaz, utilisation des terres et couverture terrestre, climat et cycle du carbone terrestre et océanique (voir le tableau A1.1 à l'appendice 1 de la version intégrale du rapport). Le format de présentation du forçage radiatif n'étant pas compatible dans l'ensemble des 37 scénarios trouvés, la figure 4 ne concerne que 32 d'entre eux.

gauche de la figure 4 montre la gamme de forçage radiatif moyen à l'échelle du globe couverte par ces scénarios. Dans la partie droite, on compare les profils d'émissions de CO₂ de ces scénarios à l'éventail complet des profils d'émissions décrits dans les textes scientifiques. Cela donne une idée de la compatibilité des scénarios de forçage radiatif avec l'ensemble des scénarios d'émissions qui ont été publiés. Globalement, les profils de CO₂ associés aux scénarios qui fournissent des profils complets du forçage radiatif représentent bien (du 10^e au 90^e percentile et plus) les profils d'émissions de CO₂ post-SRES.⁸ Cette fourchette ne doit pas servir à choisir les scénarios mais elle donne des indications utiles sur le chevauchement des deux ensembles de scénarios.

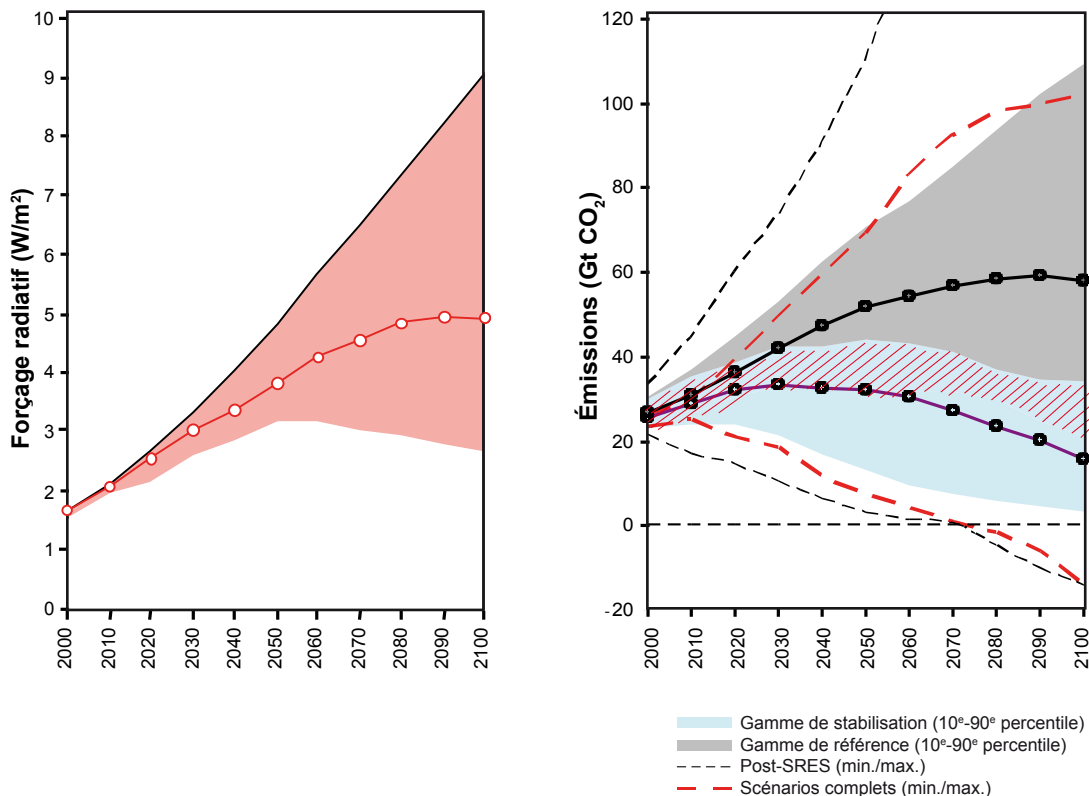


Figure 4. Gamme complète et médiane des scénarios complets de forçage radiatif (à gauche) et profils d'émissions de CO₂ pour diverses gammes et médianes (à droite). Dans la partie droite, les lignes qui relient les cercles pleins et vides sont les médianes de la gamme des scénarios de référence et de stabilisation. Les tiretés rouges représentent la gamme complète des profils d'émissions de CO₂ pour le secteur de l'énergie et l'industrie qui sont associés aux scénarios de gauche. Les données publiées s'arrêtent en 2100, tandis que les RCP devront aller jusqu'en 2300.⁹

Les scénarios publiés ont été examinés relativement aux caractéristiques recherchées (étendue, nombre, séparation et forme, robustesse et exhaustivité) afin de définir divers types de RCP. Quatre ont été définis en termes de niveau de forçage radiatif et de forme du profil qui correspondaient aux propriétés souhaitées (tableau 1).

⁸ Les scénarios «post-SRES» sont ceux qui ont été publiés après la parution du SRES, en 2000.

⁹ Il n'a pas toujours été possible de distinguer avec certitude les émissions dues au secteur de l'énergie et de l'industrie, et celles imputables à l'utilisation des terres. En conséquence, les gammes d'émissions de CO₂ qui apparaissent dans la figure 4 (zones ombrées en bleu et en gris, partie droite) incluent les scénarios qui étudient les émissions émanant du secteur de l'énergie et de l'industrie et de l'utilisation des terres.

Les profils présentés dans le tableau 1 sont représentatifs de l'éventail des scénarios d'émissions, de concentration et de forçage radiatif au niveau de référence et de stabilisation que l'on peut trouver dans les textes scientifiques. Ils embrassent la gamme complète des profils de concentration et de forçage radiatif disponibles et la fourchette des émissions de GES allant du 90^e percentile à moins du 10^e percentile.¹⁰

Tableau 1. Types de profils représentatifs d'évolution de concentration

| Désignation | Forçage radiatif ¹ | Concentration ² | Forme du profil |
|----------------------|---|---|--------------------------------|
| RCP8.5 | >8,5 W/m ² en 2100 | >~1 370 équiv.-CO ₂ en 2100 | Hausse |
| RCP6 | ~6 W/m ² au niveau de stabilisation après 2100 | ~850 équiv.-CO ₂ (au niveau de stabilisation après 2100) | Stabilisation sans dépassement |
| RCP4.5 | ~4,5 W/m ² au niveau de stabilisation après 2100 | ~650 équiv.-CO ₂ (au niveau de stabilisation après 2100) | Stabilisation sans dépassement |
| RCP3-PD ³ | Pic à ~3 W/m ² avant 2100 puis déclin | Pic à ~490 équiv.-CO ₂ avant 2100 puis déclin | Pic puis déclin |

Notes:

¹ Les valeurs approximatives du forçage radiatif correspondent à ±5 % du niveau indiqué en W/m². Le forçage radiatif englobe l'effet net de tous les GES anthropiques et autres agents de forçage.

² Il s'agit des concentrations approximatives d'équivalent-CO₂ (équiv.-CO₂), obtenues par la simple formule qui suit: [Conc. = 278 * exp.(forçage/5,325)]. La meilleure estimation de la concentration d'équivalent-CO₂ en 2005, pour les GES à longue durée de vie, est d'environ 455 ppm. La valeur correspondante, si l'on inclut l'effet net de tous les agents de forçage anthropiques (comme dans le tableau), s'établit aux alentours de 375 ppm.

³ PD = pic suivi d'un déclin.

III.4 Ordre de priorité fixé par les modélisateurs du climat

Il est possible que certaines équipes de modélisation ne disposent pas des moyens scientifiques, de la puissance de calcul et des autres ressources nécessaires pour exploiter l'ensemble des RCP proposés. Un ordre de priorité a donc été établi par les modélisateurs du climat pour le passage des RCP, soit:

1. Les RCP haut et bas, au minimum (RCP8.5 et RCP3-PD);
2. Le RCP intermédiaire offrant une haute résolution à courte échéance (RCP4.5);
3. Le RCP6.

III.5 Critères de choix

Un ensemble de critères ont été fixés pour choisir les scénarios qui pourraient servir de RCP, en fonction des types de profils définis et des données requises. L'encadré 1 énumère ces critères, qui correspondent aux caractéristiques recherchées, aux types de RCP déterminés et aux données nécessaires.

¹⁰ Les spécifications quant à la comparabilité et à la continuité avec les expériences antérieures ont fortement orienté le choix des scénarios. Cette série ne doit pas être considérée comme une distribution statistique d'analyses indépendantes dont on pourrait déduire la robustesse, la plausibilité ou la faisabilité de chacun des scénarios.

III.6 Scénarios potentiels

Les spécialistes des modèles d'évaluation intégrée ont retenu les 20 scénarios énumérés dans le tableau 2 en se basant sur les critères de l'encadré 1. Dans ce tableau, un astérisque peut recouvrir plusieurs scénarios et certaines équipes de modélisation ont produit au fil du temps divers scénarios qui pourraient correspondre à un type donné de RCP. Chacun des organismes mentionnés détient des scénarios qui satisfont l'ensemble des critères arrêtés pour un des niveaux au moins, ce dont on s'est assuré auprès des équipes de modélisation.

Soulignons que ces exigences visent uniquement le choix des RCP pendant la phase préparatoire. Au cours des travaux subséquents d'élaboration, ces critères ne seront plus appliqués et tous les modèles pourront être utilisés librement aux différentes étapes de la recherche.

Encadré 1: Critères de choix des RCP potentiels

- 1) Validation scientifique: le profil doit avoir été publié dans un texte validé par les milieux scientifiques.
- 2) Type de RCP: le profil doit correspondre à l'un des quatre types de RCP qui présentent les caractéristiques recherchées:
 - a) RCP8.5 (>8,5 W/m² en 2100, tendance à la hausse)
 - b) RCP6 (~6 W/m² au niveau de stabilisation après 2100, stabilisation sans dépassement)
 - c) RCP4.5 (~4,5 W/m² au niveau de stabilisation après 2100, stabilisation sans dépassement)
 - d) RCP3-PD (pic à ~3 W/m² avant 2100 puis déclin)
- 3) Données:
 - a) Variables: le scénario MEI doit établir des projections des profils pour toutes les variables jusqu'en 2100 – série complète des GES, aérosols, gaz chimiquement actifs, utilisation des terres et couverture terrestre.
 - b) Résolution à courte et longue échéance: l'équipe de modélisation doit pouvoir fournir des données qui présentent la résolution voulue, en suivant les méthodes déterminées lors des consultations techniques entre les spécialistes des modèles climatiques et des modèles d'évaluation intégrée. Cela comprend l'harmonisation des sorties et des données de l'année de référence, la réduction d'échelle et le prolongement jusqu'en 2300 (voir l'appendice 1 de la version intégrale du rapport).
- 4) Modélisation: pour plus de fiabilité, les résultats relatifs au forçage radiatif doivent avoir été obtenus avec un modèle d'évaluation intégrée qui représente le cycle du carbone et la chimie de l'atmosphère.
- 5) Calendrier: l'équipe de modélisation doit être en mesure de produire les données en temps opportun. Les échéances seront établies avec les modélisateurs du climat, en comptant bien que:
 - a) Les premières données sortiront d'ici l'été 2008, y compris des données préliminaires à pleine résolution et une description complète du scénario;
 - b) Les données définitives seront transmises aux modélisateurs du climat pendant l'automne 2008 au plus tard.

Tableau 2. CP potentiels (l'astérisque indique qu'un ou plusieurs scénarios sont disponibles)

| MEI (organisme) ¹ | RCP8.5 | RCP6 | RCP4.5 | RCP3-PD | Référence(s) |
|------------------------------|--------|----------------|--------|----------------|--|
| AIM (NIES) | | * ² | * | * ² | Fujino <i>et al.</i> (2006), Hijioka <i>et al.</i> (2008) |
| GRAPE (IAE) | | | * | | Kurosawa (2006) |
| IGSM (MIT) | * | * | * | | Reilly <i>et al.</i> (2006), Clarke <i>et al.</i> (2007) |
| IMAGE (MNP) | * | * | * | * | van Vuuren <i>et al.</i> (2006, 2007) |
| IPAC (ERI) | | * ² | * | | Jiang <i>et al.</i> (2006) |
| MESSAGE (IIASA) | * | * | * | * | Rao et Riahi (2006), Riahi <i>et al.</i> (2007) |
| MiniCAM (PNNL) | | * | * | | Smith et Wigley (2006), Clarke <i>et al.</i> (2007) |

Notes:

¹ AIM = Asia-Pacific Integrated Model, NIES = National Institute for Environmental Studies, GRAPE = Global Relationship to Protect the Environment, IAE = Institute of Applied Energy, IGSM = Integrated Global System Model, MIT = Massachusetts Institute of Technology, IMAGE = Integrated Model to Assess the Global Environment, MNP = Netherlands Environmental Assessment Agency, IPAC = Integrated Policy Assessment Model for China, ERI = Energy Resource Institute, MESSAGE = Model for Energy Supply Strategy Alternatives and their General Environmental Impact, MiniCAM = Mini-Climate Assessment Model, PNNL = Pacific Northwest National Laboratory.

² Scénarios nécessitant certaines modifications pour correspondre aux critères de forçage des RCP.

III.7 Profils représentatifs d'évolution de concentration

Le Comité directeur a répertorié les sources et modèles suivants après avoir examiné les scénarios susceptibles de fournir les données nécessaires, les premiers RCP présentés à la réunion d'experts et les renseignements donnés par les chercheurs et les utilisateurs lors de cette réunion:¹¹

| RCP | Publication – MEI |
|------------|---|
| RCP8.5 | Riahi <i>et al.</i> (2007) – MESSAGE |
| RCP6 | Fujino <i>et al.</i> (2006) – AIM ¹² |
| RCP4.5 | Clarke <i>et al.</i> (2007) – MiniCAM ¹³ |
| RCP3-PD | van Vuuren <i>et al.</i> (2006, 2007) – IMAGE |

Ces quatre scénarios ont été retenus au vu de ce qui suit:

- Tous ont été publiés dans des ouvrages dont la valeur scientifique est largement reconnue et tous peuvent générer les données nécessaires;
- Toutes les équipes de modélisation dont les scénarios étaient susceptibles de convenir (tableau 2) n'ont pas manifesté le désir de se joindre à cette activité;

¹¹ La signification des acronymes figure dans le tableau 2.

¹² L'équipe de modélisation a légèrement modifié le scénario pour respecter le critère de stabilisation à 6 W/m². La référence de la version révisée est Hijioka *et al.* (2008).

¹³ L'équipe IPAC de l'ERI collabore avec l'équipe MiniCAM du PNNL à la mise au point des données pour l'Asie.

- Les modèles peuvent fournir les données nécessaires et les équipes de modélisation détiennent toute l'expérience voulue pour élaborer les jeux de données attendus;
- Les profils de forçage de ces modèles ont été analysés soigneusement au moyen de modèles climatiques simples, avec les paramètres récents publiés dans le quatrième Rapport d'évaluation du GIEC;
- Parmi les équipes de modélisation qui ont accepté de participer au projet, celles qui utilisent les modèles MESSAGE et IMAGE peuvent produire des scénarios sur les extrêmes supérieur et inférieur (RCP3-PD et RCP8.5). Le modèle IMAGE a été choisi pour le profil bas en raison du grand nombre de scénarios de stabilisation à un niveau inférieur que peut établir le modèle. Le modèle MESSAGE a été choisi pour le profil haut car il peut produire une version actualisée du scénario de type A2, ce qui permettra d'effectuer des comparaisons avec les évaluations antérieures et assurera une continuité dans la modélisation du climat. Ce scénario présente les caractéristiques demandées par les analystes des incidences, de l'adaptation et de la vulnérabilité (changements climatiques de grande ampleur et facteurs de vulnérabilité – croissance démographique rapide, ralentissement du développement économique, etc.);
- Les modèles AIM et MiniCAM peuvent tous deux fournir les données nécessaires aux niveaux intermédiaires. Le premier a été choisi comme RCP4.5, le deuxième comme RCP6.

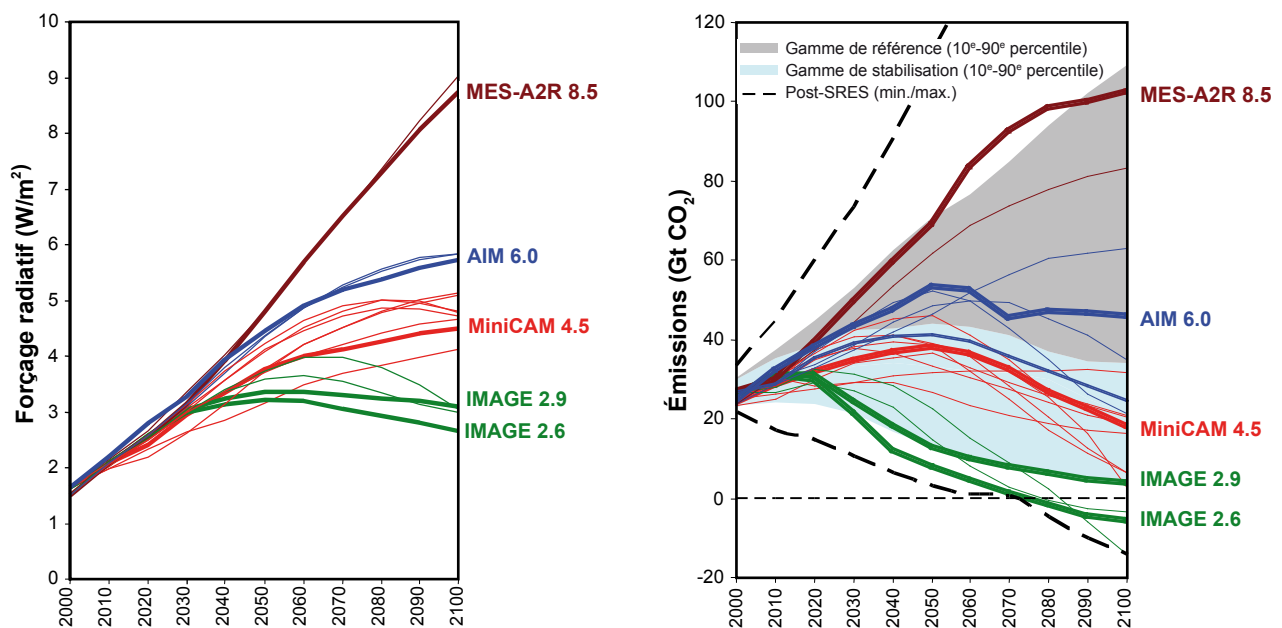


Figure 5. Forçage radiatif par rapport aux valeurs préindustrielles (à gauche) et émissions de CO₂ par le secteur de l'énergie et l'industrie (à droite) pour les RCP potentiels (lignes colorées) et pour les valeurs maximales et minimales (tiretés) et la gamme du 10^e au 90^e percentile (zone ombrée) dans les textes publiés après le SRES. Ces percentiles, qui illustrent la distribution de fréquences des scénarios actuels, ne doivent pas être vus comme des probabilités. La zone bleue correspond aux scénarios d'atténuation, la zone grise aux scénarios de référence.¹⁴

¹⁴ Il n'a pas toujours été possible de distinguer avec certitude les émissions dues au secteur de l'énergie et de l'industrie, et celles imputables à l'utilisation des terres. En conséquence, les gammes d'émissions de CO₂ qui apparaissent dans la figure 5 (zones ombrées en bleu et en gris, partie droite) incluent les scénarios qui étudient les émissions émanant du secteur de l'énergie et de l'industrie et de l'utilisation des terres.

La figure 5 montre dans quelle mesure les RCP représentent les scénarios publiés, du point de vue du forçage radiatif (à gauche) et des émissions de CO₂ par le secteur de l'énergie et l'industrie (à droite). Les lignes colorées épaisses représentent les quatre RCP retenus, les lignes fines les 20 scénarios potentiels présentés dans le tableau 2. Les couleurs indiquent le niveau de forçage en 2100 (vert <3 W/m², rouge ~4,5 W/m², bleu ~6 W/m² et marron ~8,5 W/m²). Les scénarios RCP8.5 (MES-A2R8.5) et RCP3-PD (IMAGE 2.6 ou IMAGE 2.9) se situent aux limites supérieure et inférieure des profils de forçage radiatif disponibles. Ils n'atteignent cependant pas les limites absolues des profils d'émissions publiés depuis le troisième Rapport d'évaluation. Le RCP8.5 est représentatif du 90^e percentile de la gamme d'émissions de référence pour le CO₂. Le RCP3-PD, pour sa part, est représentatif des profils d'émissions de CO₂ au niveau ou en dessous du 10^e percentile. Les chiffres relatifs aux autres types d'émissions sont donnés dans le rapport. Les deux profils du modèle IMAGE sont analysés ci-après.

III.8 Scénario IMAGE 2.6 ou IMAGE 2.9 pour le profil bas

À l'issue de la réunion d'experts, le scénario IMAGE 2.6 (van Vuuren *et al.*, 2006, 2007) a été choisi comme RCP3-PD sous réserve que sa robustesse puisse être établie. Cette propriété sera évaluée de la manière qui est décrite ci-après et analysée plus avant dans la version intégrale du rapport. Si les résultats sont satisfaisants, IMAGE 2.6 servira de profil bas; dans le cas contraire, il sera remplacé par IMAGE 2.9 (van Vuuren *et al.*, 2006, 2007). La vérification de la robustesse garantira la production de l'un des deux profils par une démarche scientifique rigoureuse. On s'est entendu sur la façon de procéder après la réunion d'experts, lors de consultations entre le Comité directeur et le CMEI (voir l'appendice 2 de la version intégrale du rapport).

Le document d'information préparé pour la réunion recommandait de choisir IMAGE 2.9, mais les participants ont manifesté un intérêt pour le scénario de forçage radiatif le plus bas qui existe dans cette classe de modèles,^{7,15} c'est-à-dire IMAGE 2.6.

Dans le scénario IMAGE 2.6, le forçage radiatif atteint rapidement un pic proche de 3 W/m² avant de redescendre à 2,6 W/m² en 2100. Dans IMAGE 2.9, le pic excède 3 W/m² et le forçage radiatif s'établit à 2,9 W/m² en 2100.¹⁶ Les profils des émissions, des concentrations et du forçage radiatif associés aux deux scénarios sont présentés dans les figures III.2 à III.6 de la version intégrale du rapport. Les scénarios devront être prolongés jusqu'en 2300 pour obtenir les données de la forme voulue. Les profils de forçage radiatif qui continuent de décroître intéressent particulièrement le monde scientifique et politique. Les spécialistes des modèles climatiques et des modèles d'évaluation intégrée ont donc entrepris de définir les méthodes d'établissement des données définitives, y compris le prolongement jusqu'en 2300. Des discussions sont en cours et les techniques qui seront élaborées pourront faire l'objet de commentaires par l'entremise du CMEI.

Les participants à la réunion désiraient des scénarios qui présentent un net pic de forçage radiatif et qui analysent les niveaux de stabilisation les plus bas publiés, en raison des indications extrêmement utiles

¹⁵ L'appendice 4 de la version intégrale du rapport renferme certaines communications sur ce point qui ont été distribuées à la réunion.

¹⁶ Dans les deux scénarios de van Vuuren *et al.* (2006, 2007), le forçage radiatif se stabilise au milieu du XXII^e siècle à un niveau inférieur à celui de 2100. Cette précision, qui ne figurait pas dans les textes publiés, a été obtenue auprès de l'équipe de modélisation IMAGE. Les caractéristiques du forçage radiatif et des émissions après 2100 risquent d'être modifiées par le prolongement jusqu'en 2300.

qu'ils procurent sur le plan scientifique et politique. Plusieurs arguments ont été avancés en faveur du scénario IMAGE 2.6 comme RCP3-PD. Tout d'abord, le profil des émissions de CO₂ (7,6 Gt en 2050, comparativement à 12,8 Gt pour IMAGE 2.9) correspondait mieux aux débats sur les politiques visant à atteindre des objectifs particuliers de réduction en 2050 et à limiter l'élévation de la température moyenne du globe en surface à plus long terme. Deuxièmement, conjugué avec le profil RCP8.5, IMAGE 2.6 couvrait une plus large gamme de forçage radiatif et représentait mieux les scénarios existants, indépendamment de la classe de modèles.¹⁷ Enfin, les chercheurs dans leur ensemble trouvaient très intéressants, d'un point de vue scientifique, la forme de pic et déclin du scénario IMAGE 2.6, le profil de forçage radiatif très faible et les émissions négatives de CO₂.

Toutefois, tel qu'il est décrit dans les textes, le scénario IMAGE 2.6 semble de nature exploratoire. Comme d'autres scénarios de très bas niveau, il exige que l'on investisse dans l'atténuation sans tarder et que l'on adopte des techniques à émissions négatives plus tard au cours du présent siècle.¹⁸ La caractérisation de ces techniques dans le scénario IMAGE 2.6 suscitait certaines réserves techniques. Qui plus est, l'accent mis récemment sur les effets d'un large recours à la bioénergie (notamment les émissions d'oxyde nitreux) pourrait avoir de lourdes répercussions, alors qu'il s'agit de l'une des exigences du scénario IMAGE 2.6. Enfin, les spécialistes des modèles d'évaluation intégrée n'ont pas encore déterminé s'il était techniquement possible d'atteindre d'aussi bas niveaux de forçage radiatif. Le scénario de forçage radiatif n'a toujours pas été reproduit par d'autres modèles de cette classe (c'est-à-dire ceux qui simulent le forçage radiatif et ses composantes). Au contraire, IMAGE 2.9 semble robuste puisque d'autres modèles de cette classe ont produit des résultats comparables validés par les milieux scientifiques. Rappelons qu'un scénario est jugé robuste lorsqu'il est solide d'un point de vue technique, c'est-à-dire qu'il utilise des hypothèses, une logique et des calculs fondés et que le niveau de forçage radiatif dans le temps pourrait être reproduit de manière indépendante par des modèles représentant d'autres séries d'hypothèses, avec des scénarios techniquement éprouvés.

Au cours de la réunion d'experts, les spécialistes des modèles d'évaluation intégrée ont fait valoir que IMAGE 2.9 répondait également à de nombreuses attentes. Les deux scénarios sont des scénarios de dépassement comportant un pic et un déclin du forçage radiatif, la courbe étant plus prononcée dans IMAGE 2.6. Ils appartiennent à la catégorie la plus basse des scénarios de stabilisation évalués par le GIEC dans le quatrième Rapport d'évaluation pour ce qui est du forçage radiatif total (cette classe ne renferme que trois scénarios multigaz). Tous deux pourraient limiter à 2 °C la hausse de la température moyenne du globe, objectif fixé. S'appuyant sur différentes fonctions de densité quant à la sensibilité du climat, Meinshausen *et al.* (2006) estiment que la probabilité de ne pas dépasser 2 °C à l'échelle du globe se situe entre 30 et 80 % avec le scénario 2.9 et entre 50 et 90 % avec le scénario 2.6.

Vu l'intérêt porté au scénario IMAGE 2.6, le CMEI a proposé de constituer un groupe qui déterminerait si ce dernier était assez robuste pour servir de RCP3-PD. Les questions scientifiques et techniques soulevées justifiaient la réalisation d'une étude de ce scénario avant que les modélisateurs du climat n'affectent

¹⁷ On a également avancé que le scénario IMAGE 2.6 se prêtait mieux au changement d'échelle des configurations du climat. Il existe des techniques pour augmenter ou réduire l'échelle, comme cela est décrit dans le paragraphe II.4 de la version intégrale du rapport, mais la validité de la procédure n'est pas pleinement établie.

¹⁸ Les techniques à émissions négatives sont la bioénergie combinée avec le piégeage et le stockage du CO₂. Toutes choses étant égales par ailleurs, elles ont un effet négatif net sur les concentrations atmosphériques de GES. Les deux scénarios IMAGE incluent des stratégies d'atténuation reposant sur la bioénergie. C'est la combinaison de la bioénergie avec le piégeage et le stockage du CO₂ qui est originale dans IMAGE 2.6.

de vastes ressources à l'analyse de ses incidences sur le climat et sur la chimie de l'atmosphère.¹⁹ Le but de l'exercice était de s'assurer de la solidité du profil. Si les résultats n'étaient pas concluants, on prendrait plutôt le scénario de dépassement IMAGE 2.9 publié (et reproduit) comme RCP bas. Afin de ne pas retarder la transmission des données aux modélisateurs du climat, l'équipe de modélisation IMAGE préparerait les données d'entrée à partir des scénarios IMAGE 2.6 et 2.9 publiés.

La procédure d'évaluation ci-après a été établie après la réunion d'experts, par l'échange de quatre lettres entre le Comité directeur et le CMEI (voir l'appendice 2 de la version intégrale du rapport). En vue de garantir la crédibilité scientifique et la transparence de l'évaluation, le CMEI constituera un groupe d'experts qui devra indiquer, en se basant sur les résultats de l'évaluation de la robustesse du scénario IMAGE 2.6, s'il est préférable d'utiliser ce scénario ou IMAGE 2.9 comme RCP bas. Les membres du groupe d'experts n'auront pas à s'entendre sur tous les aspects de la robustesse. Ils devront néanmoins présenter un avis unique et consensuel indiquant si le CMEI, en qualité d'organe convocauteur, peut considérer le scénario IMAGE 2.6 comme robuste. La recommandation sera ensuite transmise au Comité directeur pour confirmation. Les conclusions du groupe d'experts seront présentées au GIEC dans un rapport qui décrira en détail le processus d'évaluation et les résultats obtenus.

L'évaluation reposera sur deux critères généraux que devra satisfaire le scénario, à savoir la solidité technique et la reproductibilité. Pour apprécier la première, le CMEI demandera aux équipes de modélisation d'examiner la solidité technique du scénario IMAGE 2.6 publié (hypothèses, logique, calculs connexes) et de se pencher sur toute question technique découlant de cet examen. L'équipe de modélisation IMAGE conduira une évaluation des éléments techniques du scénario, en particulier de ceux qui le différencient du scénario IMAGE 2.9, soit la représentation de la bioénergie combinée avec le piégeage et le stockage du CO₂. Si l'examen met en lumière des problèmes graves qui ne peuvent être résolus par de légères modifications, le scénario IMAGE 2.6 ne servira pas de RCP. Les conclusions de l'évaluation seront soumises à l'examen du groupe d'experts.

S'agissant de la reproductibilité, le CMEI priera toutes les équipes qui travaillent avec cette classe de modèles de participer à la mise au point de scénarios de stabilisation à un bas niveau qui reproduisent les principales caractéristiques de forçage radiatif du scénario IMAGE 2.6 (c'est-à-dire un pic atteint rapidement, proche de 3 W/m², et un déclin aux environs de 2,6 W/m² en 2100). Ces équipes devront employer leurs hypothèses habituelles et inclure la bioénergie et le piégeage et le stockage du CO₂, mais éviter les hypothèses peu courantes telles que le géogénie, le bouleversement des régimes alimentaires ou l'effondrement économique. Ces règles encadreront la modélisation afin qu'elle concorde globalement avec le scénario IMAGE 2.6. La reproductibilité sera établie si les deux résultats suivants sont atteints: a) l'équipe IMAGE, après avoir réglé les quelques problèmes techniques découverts lors de l'évaluation du scénario 2.6, est en mesure de produire le scénario au moyen de la dernière version du modèle IMAGE, et b) deux modèles au moins de la même classe sont capables de générer un scénario techniquement solide qui présente un profil de forçage radiatif similaire.

Le groupe d'experts veillera à ce que l'évaluation soit conduite de façon soignée, scientifique et impartiale. Il élaborera et appliquera un ensemble de critères généraux pour évaluer la solidité technique des répliques du scénario. Il pourra par exemple étudier la solidité technique de la représentation des

¹⁹ Aucun problème technique n'a été relevé quant aux autres RCP potentiels et tous ont été reproduits.

technologies clés, la plausibilité interne et la cohérence de l'éventail des technologies, la manière dont sont pris en compte les GES et le cycle du carbone, les incidences de l'utilisation des terres et les aspects économiques relatifs au profil de 2,9 W/m². Les équipes de modélisation pourront déterminer d'autres critères importants lors de l'analyse des scénarios, lesquels devront être clairement exposés par le groupe d'experts dans son rapport.

III.9 Poursuite des recherches sur les scénarios de très faibles niveaux de forçage radiatif

Étant donné l'intérêt croissant de la communauté internationale pour les scénarios qui présentent un net pic suivi d'un déclin du forçage radiatif et qui analysent des niveaux de stabilisation très bas, il est fortement recommandé que les gouvernements et les organes de financement soutiennent les recherches menées dans ce sens.

IV. Institutions et coordination

La nouvelle démarche décrite dans ces pages innove de bien des façons, en particulier par la méthode qui sera suivie pour élaborer les scénarios et par les liens qui seront établis entre les divers segments de recherche ainsi qu'avec les utilisateurs et les autres parties prenantes. Ce caractère novateur soulève plusieurs questions touchant à la coordination des travaux, la gestion et l'échange des données et le renforcement des institutions. Il faudra faire activement appel aux mécanismes de coordination déjà en place, tels le Partenariat pour l'étude scientifique du système terrestre, le Programme mondial de recherche sur le climat, le Programme international géosphère-biosphère, le Programme international sur les dimensions humaines des changements de l'environnement planétaire et le CMEI. Il sera peut-être aussi nécessaire d'établir d'autres dispositifs, par exemple en vue d'améliorer la coordination et la résolution de problèmes au sein de la communauté des analystes des incidences, de l'adaptation et de la vulnérabilité (voir le paragraphe IV.4 de la version intégrale du rapport).

IV.1 Coordination avec les utilisateurs finals

Les institutions nationales et internationales envisagent souvent l'avenir de leur propre point de vue. Cela exige d'analyser les répercussions que pourraient avoir les changements climatiques sur une grande variété d'activités, par exemple: la planification du développement, la production et la distribution alimentaires, l'approvisionnement en eau, la conservation des espaces protégés et l'étude d'autres questions relatives à l'environnement, qui vont de la réduction de la pollution de l'air au niveau local au ralentissement de la désertification des sols.

Il convient également de déterminer s'il est intéressant que des organisations internationales partageant les mêmes aspirations participent à l'élaboration des scénarios et considèrent l'avenir à partir d'hypothèses communes qui pourront ensuite être affinées par chacune d'elles. Le GIEC pourrait constituer un groupe sur les scénarios d'évolution du climat mondial réunissant entre autres la CCNUCC, l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, la Banque mondiale, le Programme des Nations Unies pour l'environnement, l'Organisation mondiale de la santé, le Programme des Nations Unies pour le développement et les principales organisations non gouvernementales et organisations du secteur privé qui ont besoin des scénarios sur les changements climatiques et sur les conditions socio-économiques associées pour planifier leur action.

On peut aussi envisager d'autres façons de structurer le dialogue entre les utilisateurs finals et les élaborateurs des scénarios. Par exemple, une série de réunions pourrait être organisée avec certains groupes intéressés (plutôt qu'avec des groupes d'utilisateurs bien établis) pendant la phase d'élaboration. Une autre possibilité serait que le Bureau du GIEC s'emploie à faciliter les échanges au cours des assemblées plénières du GIEC et d'autres réunions des parties intéressées. La création d'un site Web interactif et accessible à tous, exposant la démarche entreprise, pourrait inciter les utilisateurs potentiels à faire connaître leur avis. Une dernière solution serait de désigner des experts techniques au sein des groupes d'utilisateurs, qui établiraient des liens directs avec les spécialistes de l'élaboration et de l'application des scénarios, formant une sorte de pont entre la science fondamentale et la science appliquée. Cette méthode s'est révélée efficace dans d'autres contextes scientifiques et politiques touchant à l'environnement. Il est primordial, si l'on veut associer d'autres utilisateurs à la démarche, d'évaluer les ressources qui seront nécessaires pour assurer la coordination voulue. Il est également important d'étudier ces questions en gardant à l'esprit qu'un cinquième Rapport d'évaluation pourrait être publié.

IV.2 Coordination entre les chercheurs

Faciliter la prise de décisions sur les interventions possibles face aux changements climatiques exige une nouvelle infrastructure internationale qui repose sur une collaboration pleine et entière entre les experts des modèles climatiques, les spécialistes de l'évaluation intégrée et les analystes des incidences, de l'adaptation et de la vulnérabilité. Il s'agit donc de rapprocher trois segments de recherche qui n'ont pas souvent travaillé ensemble et qui pourraient ne pas accorder d'emblée beaucoup de leur temps et de leurs ressources à une collaboration aussi étroite. La transformation des modèles climatiques physiques en modèles du système terrestre, incluant de manière dynamique la végétation et la biochimie, constitue un bon exemple de coordination qui a été jugée prioritaire par la communauté scientifique. Il est possible que ces nouveaux modèles couplés biophysique-climat produisent des estimations de la couverture terrestre et des émissions qui sont inconciliables avec les projections issues des scénarios d'évaluation intégrée. Il faudra que ces milieux adoptent une stratégie cohérente en ce qui a trait à la couverture terrestre et aux émissions, dans l'optique d'un cinquième Rapport d'évaluation. La démarche parallèle exposée ici constitue un bon moyen d'associer clairement les différents segments scientifiques. Il est donc primordial d'éliminer les obstacles à la coordination des travaux entre les groupes.

Le monde de la recherche envisage plusieurs mesures visant à concrétiser la nouvelle infrastructure internationale d'élaboration des scénarios. Une communication avec et entre les experts des différents secteurs sera nécessaire pour que les activités suivantes aient lieu d'ici le milieu de l'année 2008:

- 1) Une réunion des spécialistes MEI et des analystes IAV, dans le but d'établir une stratégie commune de définition des canevas, y compris des plans pour la participation des régions et pour une plus large contribution des chercheurs des pays en développement ou à économie en transition (PDET);
- 2) Un atelier des analystes IAV qui proposeront des mesures propres à renforcer la structure et à accroître la cohérence des travaux menés par ce segment, en ce qui concerne notamment l'élaboration de nouveaux scénarios, et à faciliter la participation des chercheurs des PDET;
- 3) Une réunion des spécialistes MEI et des analystes IAV en vue de planifier la constitution de la bibliothèque de scénarios;
- 4) Un dialogue entre les spécialistes MEI, les analystes IAV et les experts MC qui permettra l'échange d'idées sur les hypothèses et les exigences des modèles dans et entre les groupes de modélisation.

D'autres réunions devront avoir lieu dans les deux prochaines années pour mettre au point des scénarios intégrés qui répondent aux attentes des chercheurs, des décideurs et des autres parties intéressées:

- 1) Un atelier d'experts réunissant les trois segments de recherche dans le but d'instituer une collaboration pour la réduction d'échelle et ses liens avec la définition des canevas à l'échelle locale et régionale, en encourageant la participation des chercheurs des PDET. Il faudra également résoudre les problèmes de non-linéarité et de décalage relativement au changement d'échelle des configurations;
- 2) Une réunion des spécialistes MEI et des analystes IAV sur la manière de mieux intégrer l'atténuation dans les analyses des incidences, de l'adaptation et de la vulnérabilité;
- 3) Une réunion des experts des trois segments de recherche avec certains groupes de parties intéressées, afin de garantir la prise en considération des préoccupations et des besoins de ces dernières, en prêtant particulièrement attention aux PDET qui risquent de subir à court terme de violentes répercussions de l'évolution du climat;
- 4) Une réunion des experts des trois segments de recherche permettant d'échanger des informations sur les méthodes et les moyens actuels de gestion des données et de déterminer comment améliorer l'intégration, avec la participation active d'experts des PDET;
- 5) Un atelier d'experts réunissant les trois segments de recherche afin de faire progresser la compréhension d'une question qui intéresse les trois groupes et de faciliter la communication entre eux (par exemple, glaces de mer, élévation du niveau de la mer, répercussions et adaptation dans les zones côtières).

V. Élargissement de la contribution des pays en développement

De nombreux décideurs et intervenants des pays en développement étudient maintenant leurs propres stratégies de parade face aux changements climatiques et évaluent les vulnérabilités et les impacts qui les concernent directement. Le quatrième Rapport d'évaluation ayant indiqué que ces pays risquaient de subir des répercussions disproportionnées, ils estiment urgent de disposer de modèles, de scénarios, de systèmes de suivi de l'utilisation des terres et de la couverture terrestre ainsi que d'autres instruments de planification qui correspondent mieux à leur situation. Il faudra redoubler d'efforts pour associer les scientifiques des pays en développement à la démarche entreprise afin que la représentation de ces régions dans les principaux modèles et scénarios soit suffisamment fine pour établir de bonnes stratégies de parade.

Dans la décision qu'il a adoptée à sa vingt-cinquième session (avril 2006, Maurice) relativement à l'élaboration de nouveaux scénarios d'émissions, le GIEC a demandé que les participants à la réunion d'experts se penchent sur le problème constant que posent la désignation et la contribution d'experts d'Afrique, d'Asie, d'Amérique latine, des États insulaires et des pays à économie en transition, en particulier ceux de l'Europe centrale et de l'ancienne Union soviétique.

Les obstacles qui ont jusqu'ici limité la participation des PDET devront être levés. Il faut étendre les capacités scientifiques dont disposent les institutions et les experts. Les moyens actuels, très variables selon les régions et à l'intérieur de celles-ci, déterminent la possibilité de contribuer à l'élaboration des scénarios et à l'évaluation des changements climatiques au niveau international. Il est également nécessaire d'accroître les ressources disponibles et d'établir de nouveaux mécanismes de financement pour assurer une participation soutenue des membres des PDET à ces activités scientifiques.

Résoudre les problèmes de capacité et de financement exigera des mesures concertées d'ouverture et d'intégration de la part de l'ensemble des chercheurs et des décideurs à l'échelle internationale.

V.1 Mesures recommandées

Les mesures ci-après font partie d'un plan destiné à accélérer le renforcement des capacités dans les PDET et la participation de ces régions à l'élaboration des scénarios et à l'évaluation des changements climatiques. Elles sont regroupées en fonction des difficultés qu'elles visent à résoudre, mais un certain chevauchement des domaines reste inévitable.

Une recommandation essentielle est que le GIEC organise en 2008 un atelier consacré aux multiples défis que comporte l'élargissement des capacités scientifiques et de la participation des PDET à l'élaboration des scénarios et à l'évaluation des changements climatiques au niveau international.

Les principaux membres de la communauté scientifique pourront y examiner les mesures exposées ci-après, établir un ordre de priorité, formuler des recommandations supplémentaires ou différentes et lancer de nouveaux réseaux interrégionaux et intrarégionaux qui aideront à atteindre les deux objectifs visés.

Les autres recommandations, plus précises, sont les suivantes:

1. Modélisation et élaboration des scénarios

- Déterminer et évaluer la représentation actuelle des PDET dans les travaux de modélisation intrarégionale et préciser les données et mécanismes institutionnels nécessaires, les capacités à renforcer et les circonstances favorables ou défavorables à la coordination intrarégionale et à l'établissement de liens entre les équipes chargées des modèles d'évaluation intégrée et des modèles du système terrestre.
- Déterminer et évaluer la représentation actuelle des PDET dans les principaux modèles d'évaluation intégrée et modèles du système terrestre. Les questions à examiner comprennent les variables clés, les sources et la disponibilité des données, la variabilité d'échelle et l'agrégation intrarégionale.
- Encourager la collaboration entre les modélisateurs des PDET afin d'intégrer les modèles d'échelle intrarégionale et de favoriser la collaboration avec les modélisateurs mondiaux pour accroître la représentation de ces pays, élaborer de nouveaux scénarios et canevas régionaux et procéder à la modification de l'échelle des scénarios et des configurations, dans la perspective d'un cinquième Rapport d'évaluation.

2. Renforcement des capacités des experts et des institutions

- Créer et soutenir des groupes scientifiques dans les PDET qui détermineront les principaux domaines dans lesquels il est nécessaire de renforcer les capacités et désigneront des experts susceptibles d'apporter leur concours aux futurs organes de modélisation et d'élaboration de scénarios.
- Promouvoir la mise sur pied d'initiatives de modélisation et d'élaboration de scénarios dans et entre les régions, en s'inspirant des programmes existants, tels ceux gérés par le Système d'analyse, de recherche et de formation et par d'autres institutions de formation et de renforcement des capacités. Le but est d'approfondir et d'étendre les capacités scientifiques dans les PDET et de favoriser l'établissement et la diffusion de données, comme le décrit la proposition-cadre établie

en 2005 par l'Équipe spéciale pour les données et les scénarios servant à l'analyse du climat et de ses incidences. Les efforts devraient surtout viser à accroître les capacités en matière de changement d'échelle des résultats des modèles.

- Établir un réseau ou un forum en ligne d'experts et d'institutions des pays en développement afin de mieux faire connaître les capacités existantes, d'encourager les échanges entre chercheurs et entre groupes de modélisation et d'attirer l'attention sur les régions et les disciplines dans lesquels il convient de renforcer encore les capacités.

3. *Financement de la participation des PDET et du renforcement des capacités*

- Répertorier les donateurs susceptibles de soutenir durablement les activités de renforcement des capacités. Il peut s'agir d'institutions multilatérales (Banque mondiale, banques régionales de développement, etc.), d'organisations internationales comme le Programme des Nations Unies pour le développement, de gouvernements nationaux, et de fondations scientifiques et éducatives privées comme la Fondation Gates.
- Recenser les centres et institutions qui pourraient faire office de chefs de file dans la gestion des fonds destinés aux futures activités de renforcement des capacités et d'élargissement de la participation des PDET et faire fonction d'institutions de subvention et de réseautage.
- Créer un fonds spécial à l'intention des jeunes chercheurs des PDET qui souhaiteraient étudier ou travailler à l'étranger auprès de modélisateurs ou de groupes scientifiques réputés.

4. *Coordination et communication*

- Cerner les domaines à privilégier pour le renforcement des capacités, les recherches et l'élaboration des canevas et scénarios, déterminer les limites et les besoins en matière de données, préciser les capacités à acquérir pour l'évaluation des incidences, de l'adaptation et de la vulnérabilité et explorer les possibilités de financement et de coordination interrégionale des activités visant à résoudre ces problèmes.
- Promouvoir le resserrement de la coordination entre les chercheurs des PDET et les utilisateurs, en accentuant la communication de la part des principales institutions de recherche et de recueil de données. Par exemple, le Programme de comparaison et de diagnostic des modèles climatiques et le CMEI pourraient servir d'organes de diffusion vers les PDET pour, respectivement, les modélisateurs du climat et les spécialistes des modèles d'évaluation intégrée.
- Favoriser les échanges et la collaboration entre les PDET et les groupes de modélisation des pays industrialisés, dans le but de renforcer les capacités dans les régions et les secteurs délaissés et de tisser des liens institutionnels avec les jeunes modélisateurs et les groupes récemment créés dans les PDET.

VI. Principales références visant les RCP

- Clarke, L., J. Edmonds, H. Jacoby, H. Pitcher, J. Reilly et R. Richels, 2007. *Scenarios of Greenhouse Gas Emissions and Atmospheric Concentrations*. Sub-report 2.1A of Synthesis and Assessment Product 2.1 by the U.S. Climate Change Science Program and the Subcommittee on Global Change Research, Department of Energy, Office of Biological & Environmental Research, Washington, DC, 154 p.
- Fujino, J., R. Nair, M. Kainuma, T. Masui et Y. Matsuoka, 2006. Multigas mitigation analysis on stabilization scenarios using AIM global model. *Multigas Mitigation and Climate Policy, The Energy Journal Special Issue*, 343-354.

- Hijioka, Y., Y. Matsuoka, H. Nishimoto, M. Masui et M. Kainuma, 2008. Global GHG emissions scenarios under GHG concentration stabilization targets. *Journal of Global Environmental Engineering*, **13**:97-108.
- Jiang, K., X. Hu et Z. Songli, 2006. Multi-gas mitigation analysis by IPAC. *Multigas Mitigation and Climate Policy, The Energy Journal Special Issue*.
- Kurosawa, A., 2006. Multigas mitigation: an economic analysis using GRAPE model. *Multigas Mitigation and Climate Policy, The Energy Journal Special Issue*.
- Meinshausen, M., B. Hare, T. M. L. Wigley, D. van Vuuren, M. G. J. den Elzen et R. Swart, 2006. Multi-gas Emissions Pathways to Meet Climate Targets. *Climatic Change*, **75**:151.
- Rao, S. et K. Riahi, 2006. The role of non-CO₂ greenhouse gases in climate change mitigation: long-term scenarios for the 21st century. *Multigas Mitigation and Climate Policy, The Energy Journal Special Issue*.
- Reilly, J., M. Sarofim, S. Paltsev et R. Prinn, 2006. The role of non-CO₂ GHGs in climate policy: analysis using the MIT IGSM. *Multigas Mitigation and Climate Policy, The Energy Journal Special Issue*.
- Riahi, K., A. Gruebler et N. Nakicenovic, 2007. Scenarios of long-term socioeconomic and environmental development under climate stabilization. *Greenhouse Gases – Integrated Assessment, Special Issue of Technological Forecasting and Social Change*, **74**(7):887-935, doi:10.1016/j.techfore.2006.05.026.
- Smith, S. J. et T. M. L. Wigley, 2006. Multi-gas forcing stabilization with the MiniCAM. *Multigas Mitigation and Climate Policy, The Energy Journal Special Issue*.
- van Vuuren, D. P., B. Eickhout, P. L. Lucas et M. G. J. den Elzen, 2006. Long-term multi-gas scenarios to stabilise radiative forcing – Exploring costs and benefits within an integrated assessment framework. *Multigas Mitigation and Climate Policy, The Energy Journal Special Issue*.
- van Vuuren, D. P., M. G. J. den Elzen, P. L. Lucas, B. Eickhout, B. J. Strengers, B. van Ruijven, S. Wonink et R. van Houdt, 2007. Stabilizing greenhouse gas concentrations at low levels: an assessment of reduction strategies and costs. *Climatic Change*, **81**:119-159.

Le présent rapport récapitule les conclusions et recommandations de la Réunion d'experts sur les nouveaux scénarios, qui s'est tenue à Noordwijkerhout (Pays-Bas) du 19 au 21 septembre 2007. Ce rapport est l'aboutissement des efforts déployés par le Comité directeur pour les nouveaux scénarios et une équipe d'auteurs composée principalement de membres de la communauté scientifique ainsi que par les nombreux autres participants à la réunion et les examinateurs externes qui ont formulé des observations détaillées lors du processus d'examen par des spécialistes.

La réunion d'experts a donné lieu à la présentation d'un certain nombre d'exposés ayant pour thème les besoins en scénarios du point de vue de l'élaboration des politiques, un examen des précédents scénarios du GIEC, des aperçus de l'évolution des plans au sein de la communauté scientifique, les besoins et possibilités en matière de scénarios à deux échelles de temps différentes («à court terme», c'est-à-dire à l'horizon 2035, et «à long terme», c'est-à-dire à l'horizon 2100, porté jusqu'à 2300 pour certaines applications) et, enfin, un examen des options envisageables pour les scénarios de référence, qualifiés de profils représentatifs d'évolution de concentration (RCP, pour «Representative Concentration Pathways») dans le présent rapport. D'autres exposés ont porté sur des questions d'ordre institutionnel et d'éventuels moyens de favoriser la participation des pays en développement ou à économie en transition. Le reste de la réunion a été consacré à des activités menées au sein de divers groupes de travail et en séance plénière, ce qui a permis aux divers milieux de la recherche de mieux coordonner leurs plans respectifs, d'élaborer la proposition relative aux RCP et d'examiner d'autres questions de caractère transsectoriel.

Le contenu du présent rapport n'a pas fait l'objet d'un examen officiel. La réunion d'experts faisait partie du plan de travail du GIEC, ce qui n'implique pas que le Groupe de travail ou le Groupe d'experts approuve ce rapport, ni quelque conclusion ou recommandation qui y est énoncée. Le document intégral est disponible auprès du Secrétariat du GIEC.